

SEMINARIO SOBRE

INDEXED



DISEÑO DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA



ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

1964

17693

RA
10
.A6
S4
no.95-102

**SEMINARIO SOBRE
DISEÑO DE
ABASTECIMIENTOS DE AGUA**

*Buenos Aires, Argentina
20-29 de septiembre de 1962*



Publicación Científica No. 95

Marzo de 1964

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
1501 New Hampshire Ave., N.W.
Washington, D.C. 20036, E.U.A.

SUMARIO DE MATERIAS

	<i>Página</i>
INTRODUCCIÓN.....	v
INTERVENCIÓN PRELIMINAR—El programa de abastecimiento de agua en las Américas—Harold R. Shipman.....	1

Primera Parte: Informe de los consultores

Estado de las normas para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable en América Latina—Ernest W. Steel, Haroldo Jezler y Miguel A. Lasala.....	9
--	---

Segunda Parte: Temas sometidos a discusión durante el Seminario

I. Preparación y utilización de las normas de diseño de abastecimientos de agua en América Latina—Ernest W. Steel.....	47
II. Información básica e intercambio de informaciones en la formulación de normas—Haroldo Jezler.....	52
III. Aspectos socioeconómicos en la elaboración de normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua—Nicolás Nyerges V.....	60
IV. Materiales y equipos; su efecto sobre las normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua—Charles A. Morse, Jr.....	74
V. Elaboración de anteproyectos y proyectos completos de abastecimiento de agua—Oswaldo Bahamonde.....	83
VI. Normas de calidad del agua—José Capocchi.....	102
VII. Normas de proyectos de sistemas de distribución—Walter A. Castagnino.....	111
VIII. Normas para fuentes de abastecimientos subterráneos—G. F. Briggs.....	119
IX. Consideraciones de diseño en la sedimentación y filtración del agua—Kenneth V. Hill.....	140
X. Otros problemas de diseño en el tratamiento de agua: mecanización y automatización, desinfección por cloración y tratamientos especiales—Victorio L. Inglese.....	158

SUMARIO DE MATERIAS (cont.)

Tercera Parte: Conferencias pronunciadas durante el Seminario

	<i>Página</i>
Objetivos de los diseños de proyectos de abastecimientos de agua—Richard Hazen.....	171
El abastecimiento de agua a Buenos Aires y sus problemas—M. A. Marzinielli..	178
Problemas relativos a la calidad del agua en América Latina—Fausto Guimarães.	180
Diseño funcional en plantas de tratamiento de agua—Charles R. Cox.....	183
Importancia de los objetivos nacionales para las realizaciones en materia de abastecimiento de agua—Charles Pineo.....	192
El problema de obtener servicios adecuados de ingeniería en América Latina—Ernest W. Steel.....	198

Anexos

LISTA DE PARTICIPANTES.....	204
PROGRAMA DEL SEMINARIO.....	209

INTRODUCCION

En la ciudad de Buenos Aires, Argentina, se celebró del 20 al 29 de septiembre de 1962 el Seminario sobre Diseño de Abastecimientos de Agua, auspiciado por la Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, y por la Administración General de Obras Sanitarias de la Nación, de Argentina, con la colaboración del Ministerio de Asistencia Social y Salud Pública de Argentina, y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Asistieron consultores de la Oficina Sanitaria Panamericana, de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos de América y del Banco Interamericano de Desarrollo. Veintidos países de las Américas se hicieron representar por medio de ingenieros gubernamentales que trabajan en el diseño de abastecimientos de agua.

El Seminario continuó la serie de reuniones técnicas auspiciadas por la Oficina Sanitaria Panamericana, orientadas hacia la diseminación e intercambio de conocimientos en el campo del abastecimiento de agua, y fue, posiblemente, la primera reunión internacional dedicada exclusivamente a normas de diseño.

Su propósito fue discutir las normas de abastecimiento de agua que se utilizan en las Américas y estudiar la manera de mejorarlas, revisarlas o ampliarlas, ya que a través de diseños adecuados se cree que sería posible cumplir con el objetivo de dotar de agua potable y en cantidad adecuada, en el menor tiempo posible y al menor costo.

Preparación y desarrollo

Como tarea previa a la celebración del Seminario, en abril y mayo de 1962, Ernest W. Steel, Haroldo Jezler y Miguel A. Lasala, ingenieros consultores de la Oficina Sanitaria Panamericana visitaron 19 países de América Latina con el fin de obtener información sobre las normas y prácticas relativas al diseño de abastecimientos de agua, las obras y diseños realizados en años recientes, el grado de utilización de servicios de ingenieros en ejercicio privado y validez de los datos básicos—tales como población, tasas de consumo de agua, hidrología superficial y subterránea, etc.—así como la investigación sobre la existencia de un programa planeado adecuadamente para el mejoramiento de

los abastecimientos de agua potable. Una vez terminado el estudio, los consultores sometieron un informe sobre el mismo que formó parte de los documentos del Seminario y que aparece en la Primera Parte de esta obra.

Como consecuencia de la labor realizada y de las informaciones recogidas por los consultores, se señalaron 10 temas para ser discutidos en el Seminario, cada uno de los cuales fue preparado por un profesional designado por la Oficina Sanitaria Panamericana. Dichos temas, que abarcan la Segunda Parte de esta publicación, fueron los siguientes: I) Preparación y utilización de las normas de diseño de abastecimientos de agua en América Latina; II) Información básica e intercambio de informaciones en la formulación de normas; III) Aspectos socioeconómicos en la elaboración de normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua; IV) Materiales y equipos; su efecto sobre las normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua; V) Elaboración de anteproyectos y proyectos completos de abastecimiento de agua; VI) Normas de calidad del agua; VII) Normas de proyectos de sistemas de distribución; VIII) Normas para fuentes de abastecimientos subterráneos; IX) Consideraciones de diseño en la sedimentación y filtración del agua, y X) Otros problemas de diseño en el tratamiento de agua: mecanización y automatización, desinfección por cloración y tratamientos especiales.

El Seminario se organizó para alentar los debates y el intercambio de ideas, y teniendo en cuenta la extensión de los temas a tratar, no se hicieron intentos definitivos de llegar a conclusiones y recomendaciones sobre la política a seguir. Su objetivo principal fue ofrecer una buena oportunidad para las discusiones y proporcionar a los participantes ciertos antecedentes que pudieran utilizar en futuras actividades.

Durante cinco días se trataron dos temas diarios, cuya exposición se hacía en la mañana, los que pudieron ser desarrollados libremente por cada expositor. Después de la presentación de los temas en sesión plenaria, los delegados y los consultores se constituían en grupos de trabajo para realizar la discusión. Cada grupo contaba con un Secretario Permanente previamente designado. Para cada tema discutido el grupo eligió su propio Relator y su Director de Debates. Se preparó un cuestionario para que sirviera de guía en el debate de cada tema, al que, sin embargo, no tenían que ceñirse estrictamente. Cada tema fue considerado por dos grupos de trabajo. Por la tarde, en sesión plenaria, se dieron a conocer las conclusiones combinadas de los dos grupos que habían discutido cada tema. Los Relatores de cada grupo revisaron los informes basados en estas discusiones y el último día del Seminario estos informes revisados fueron considerados de nuevo, en una discusión final, por todos los participantes, los que, en general, convinieron con las ideas básicas expuestas por los consultores.

Además de los temas mencionados, se dictaron seis conferencias a cargo de expertos en la materia, las cuales aparecen en la Tercera Parte de este informe. Dichas conferencias se celebraron en horas de la tarde, previamente a las reuniones de las sesiones plenarias destinadas a la discusión de los temas, y fueron las siguientes: 1) Objetivos de los diseños de proyectos de abastecimientos de agua; 2) El abastecimiento de agua a Buenos Aires y sus problemas; 3) Problemas relativos a la calidad del agua en América Latina; 4) Diseño funcional en plantas de tratamiento de agua; 5) Importancia de los objetivos

nacionales para las realizaciones en materia de abastecimiento de agua, y
6) El problema de obtener servicios adecuados de ingeniería en América Latina.

Aun cuando no se resolvieran todas las diferencias existentes, es indudable que el Seminario tuvo la virtud de estimular las ideas, sintetizar las discrepancias y llegar a puntos de vista que representan un acuerdo en determinados aspectos técnicos, lo que ya de por sí cumple con el objetivo que inspiró su celebración.

Por supuesto, no se pretendía que una primera reunión resultara en el establecimiento de una serie de normas escritas, pero se abriga la esperanza de que este informe sea de valor como guía para la preparación, revisión o extensión de las normas. Puede, asimismo, servir como punto de partida para un trabajo más intenso en relación con las normas que puedan prepararse en un futuro. Es de esperar que los participantes en el Seminario y aquellos que examinen este informe lleguen a la conclusión de que todo país necesita el establecimiento de criterios sobre el diseño de abastecimientos de agua que sean técnicamente correctos y que satisfagan las necesidades de la población.

EL PROGRAMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LAS AMERICAS*

HAROLD R. SHIPMAN

*Jefe del Departamento de Saneamiento del Medio
Oficina Sanitaria Panamericana†*

En nombre de la Organización Panamericana de la Salud y de la Organización Mundial de la Salud, deseo aprovechar esta oportunidad para hacer llegar a ustedes los saludos cordiales de los Directores de ambas Organizaciones y nuestro profundo reconocimiento al Gobierno de la República Argentina y a las autoridades de las diferentes instituciones que han colaborado con nosotros para hacer posible la realización de este Seminario.

Algunos de ustedes probablemente asisten por primera vez a un seminario internacional auspiciado por la Oficina Sanitaria Panamericana; para otros, en cambio, este es la continuación de reuniones anteriores y ya están familiarizados con los objetivos que deseamos alcanzar a través de esta clase de actividades.

Creo oportuno hacer una corta revisión de la historia de los programas regional y mundial de abastecimiento de agua, con el objeto de indicar lo que estamos haciendo ahora y a donde tenemos intención de llegar, para justificar la razón de este Seminario sobre Diseño de Abastecimientos de Agua, y poder en esa forma precisar su posición con respecto al programa de agua en las Américas.

* Palabras pronunciadas por el Ing. Shipman en la sesión inaugural del Seminario, el día 20 de septiembre de 1962, en el Aula Magna de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Argentina.

† Actualmente Ingeniero de la División Industrial, Departamento de Operaciones Técnicas del Banco Mundial.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) se transformó en Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1949; al año siguiente se crearon los departamentos encargados de llevar a cabo los programas en el campo del saneamiento ambiental, que incluye principalmente: abastecimiento de agua, eliminación de aguas servidas y residuos industriales, eliminación de basuras y desechos, higiene industrial, control de la contaminación del agua y del aire, control de vectores e higiene de la leche y de los alimentos.

En los 10 años anteriores a 1958, tanto la OPS como la OMS llevaron a la práctica programas en todos estos terrenos sin intentar establecer prioridad alguna y de acuerdo con las solicitudes de los Gobiernos Miembros y del tipo de actividad que fuese más necesaria.

En 1957 se hizo una evaluación de las actividades y realizaciones de la Organización en la década anterior y se llegó a la conclusión de que, vistos los hechos a escala mundial, los progresos logrados eran mucho menores de lo que podría esperarse. Se creyó entonces conveniente seleccionar una o dos de las actividades más importantes desde el punto de vista de la salud pública y colocarlas en situación preeminente. Esto no significa que la Organización decidiera retirarse de las demás actividades sino que continuaban a un nivel considerablemente menor al de los programas de prioridad. Se consideró que el abastecimiento de agua era

la actividad más importante y se concedió el segundo lugar a la eliminación de aguas cloacales.

En 1958, la Organización Panamericana de la Salud convocó un Comité Asesor el cual se integró con las principales figuras de la ingeniería sanitaria de este Hemisferio. Basándose en las recomendaciones de ese Comité, se iniciaron las actividades de abastecimiento de agua en las Américas tomando en cuenta aquellos problemas que aparecían como más importantes y que debían solucionarse si los programas de abastecimiento de agua en cada uno de los Países Miembros siguieran a un ritmo que hiciera posible la dotación de agua potable al mayor número de personas y en el menor tiempo posible.

Algunos de los puntos principales tratados por el Comité y que han servido de base para la política seguida por nuestra Organización en los últimos cuatro años son los siguientes:

1) No es suficiente que el agua sea de buena calidad; debe disponerse además en cantidad adecuada. Esto quiere decir que si la salud pública de un país ha de mejorarse en forma duradera, es necesario proveer agua potable en cantidades adecuadas. La experiencia demuestra que donde la población tiene que transportar el agua desde largas distancias la utiliza únicamente para beber y para cocinar los alimentos, sin que nada quede para la higiene personal o la limpieza.

2) El obstáculo más significativo que ha retardado la construcción de sistemas de abastecimiento de agua es de orden económico. El ritmo de construcción de sistemas de abastecimiento de agua en la pasada década fue más lento que el crecimiento de la población, con el resultado de que más personas se encontraban sin agua en sus hogares en 1960 que en 1950. En muchos países se ha seguido una política basada en la idea de que el agua, como el aire, es un don de Dios, y debe regalarse a la población o, por lo menos, suministrarse a un precio

inferior al costo. El efecto de esta política ha sido que, siempre que se ha construido un nuevo sistema de abastecimiento de agua, no solamente se ha pagado con fondos oficiales sino que ha funcionado y se ha conservado mediante esos mismos fondos. Esto significa que cada año el presupuesto nacional debía aumentarse para cubrir los costos de funcionamiento y conservación, reduciendo así los fondos disponibles para la construcción de nuevos sistemas o ampliación de los existentes. Entendía el Comité que, a menos que esta situación cambiara, pocas esperanzas podían abrigarse de solucionar el problema.

3) Muchos sistemas de abastecimiento cobraban tasas reducidas por el agua; pero, en razón de una dirección deficiente, mala administración e igual funcionamiento y conservación, la recaudación era menor que la requerida para hacer frente a los costos de operación y mantenimiento, y no quedaba dinero disponible para amortización. Tales sistemas necesitaban casi siempre dinero para su ampliación y modernización, pero, a causa de su situación financiera desfavorable, no podían solicitar fondos a ninguna institución de préstamos responsable.

4) En 1958 no se hicieron préstamos internacionales para abastecimientos de agua a ningún país de América Latina. Los bancos consideraron que el abastecimiento de agua representaba un riesgo financiero, carente de interés y, en consecuencia, en la década de 1950-1960 se hicieron muy pocos préstamos de ese tipo. Al considerar la magnitud del problema del agua en América Latina, el Comité llegó a la conclusión que las exigencias de capital necesarias para resolver el problema eran tan grandes que hacía improbable la solución del problema sólo con fondos de origen internacional. Se reconoció que el capital internacional podía ser muy útil para realizar las reformas necesarias en la organización, dirección y la política fiscal, y podía actuar como agente catalizador para estimular las

inversiones locales en sistemas de abastecimientos de agua. Fundamentalmente, sin embargo, se reconoció que el problema del agua en cada país sería resuelto únicamente cuando ese país adoptara los principios de una organización sana, buena administración y una política fiscal que estableciera una tarifa que la población pudiera pagar y que al mismo tiempo fuese suficiente para cubrir los costos de funcionamiento, conservación y amortización.

5) Es necesario que los sistemas de agua sean diseñados con vista a la máxima utilización de los materiales locales; y con la eliminación de equipos complicados y costosos, inadecuados para las condiciones de la mano de obra del país e incompatibles con la economía nacional. Con frecuencia los criterios de diseño empleados en un país no se ajustan siempre a las necesidades de otros países u otras regiones de un mismo país. El diseño que nos enseñan los libros de texto a menudo ha conducido a la instalación de sistemas de abastecimiento de agua costosos e inadecuados a las condiciones locales.

Tomando en cuenta los factores precedentes, la Organización ha establecido su propia política en el campo del abastecimiento urbano de agua y ha dirigido sus esfuerzos a ayudar a los Gobiernos en la solución de sus problemas.

Este Seminario representa uno de los tipos de actividad en los que estamos empeñados. En los últimos cuatro años se ha puesto especial énfasis en los aspectos de organización administrativa y finanzas. Hay una necesidad permanente de destacar estos aspectos porque en muchos países y en muchas ciudades existe aún la necesidad de una reforma de fondo si se desea lograr el objetivo de una buena administración. A causa de la interrelación del diseño y la financiación, creemos que este Seminario es oportuno y puede servir como el primero de una serie de reuniones técnicas para estudiar problemas que conciernen directamente al costo de la construcción y al funcionamiento

de las instalaciones de abastecimiento de agua.

Intencionalmente la OPS/OMS ha encarado los problemas urbanos del agua en primer lugar antes de dedicarse a los programas rurales, porque es posible servir a un mayor número de personas en un período menor con un ahorro máximo de dinero y personal cuando esas personas se congregan en grandes masas urbanas; también porque a causa de la mayor disponibilidad de personal técnico y administrativo es más fácil administrar y financiar obras urbanas. Se cree que si se ayuda a las comunidades urbanas a solucionar sus problemas, esto beneficiaría también a los programas rurales, al establecer una norma que pueden seguir las zonas rurales y al mismo tiempo deja fondos disponibles para programas rurales al producirse ahorros una vez que los sistemas urbanos llegan a ser financieramente autónomos.

Habiendo observado que en muchos países latinoamericanos las actividades primordiales se orientan hacia los programas urbanos de agua; al notar que en la actualidad el Banco Interamericano de Desarrollo, por sí solo, ha hecho préstamos para sistemas de agua y cloacas por un valor total de casi 170 millones de dólares, suma que se completa con casi 100 millones de dólares provenientes de fondos locales; y además que ahora no se está produciendo un aumento similar de actividades en el terreno rural, parece necesario dirigir nuestra atención al desarrollo de políticas y criterios aplicables a la solución de los problemas rurales de agua.

La Carta de Punta del Este establece como meta la provisión de agua y alcantarillado al 50% de las poblaciones rurales como mínimo en los próximos 10 años. En cuanto a las comunidades urbanas, la misma Carta establece que un mínimo del 70% de las poblaciones serán dotadas de agua y alcantarillado en el próximo decenio.

Al considerar el problema rural debemos

definir lo que significa proveer de agua al 50% de la población. ¿Significa una bomba manual y un pozo para comunidades de 300 a 400 habitantes para suministrar agua potable? ¿Significa un sistema completo de abastecimiento de agua a cada casa, o significa un término medio entre estos dos extremos? Hemos dicho que si bien la bomba de mano suministra agua potable, no satisface la necesidad de una cantidad adecuada de agua fácilmente accesible. Al mismo tiempo, cuando uno observa las ingentes sumas que se requerirán para hacer llegar agua a cada hogar rural de América Latina, es evidente que la política rural para el agua debe llegar a un equilibrio entre las necesidades de la comunidad y el dinero disponible.

Me gustaría presentar mis propios puntos de vista acerca del enfoque a este dilema y sugerir lo que creo debe ser el camino a seguir para alcanzar ese objetivo.

Creo que cada comunidad latinoamericana debe establecer su propia definición de lo que significa proveer de agua al 50% de su población. Esta definición tendrá que basarse en la contribución que la comunidad esté dispuesta a hacer para su sistema de abastecimiento. Es dable esperar que se dispondrán algunas cantidades de dinero provenientes del gobierno central para ayudar a la mayoría de las comunidades rurales. Puede suponerse, sin embargo, que el importe de dichos fondos no permitirá en muchos casos más que un pozo con una bomba manual. En el caso de que una localidad cualquiera desee una instalación más complicada, incluyendo quizás un tanque elevado y un sistema limitado de distribución a varios grifos públicos, es de la incumbencia de esa comunidad proveer los fondos necesarios adicionales a los fondos del gobierno central para esas construcciones.

Hace cuatro años tuve oportunidad de visitar muchos países latinoamericanos y en esa ocasión se me informó que no era posible esperar que tuviese éxito un programa

basado en la idea de que la población debe pagar el costo necesario para producir el agua. Esta afirmación se hizo teniendo en cuenta únicamente los centros urbanos: hoy día hay ejemplos suficientes en toda América Latina que demuestran buen manejo y financiación de abastecimientos de agua, y existen tantos países que siguen la política de autofinanciación de los sistemas de agua que creo posible afirmar con certeza que lo que ayer fue considerado casi imposible es hoy una realidad comprobada.

En mi visita a varios países durante este viaje he oído las mismas afirmaciones con respecto al programa rural de abastecimiento de agua que oí hace cuatro años con referencia al programa urbano. Esencialmente, esta afirmación consiste en que la población rural no tiene dinero ni fuentes de recursos y que es imposible esperar ningún apoyo financiero de los grupos rurales. Hay siempre seguridad de contar con mano de obra pero no con provisión de fondos.

Reconozco que existen grandes diferencias entre una comunidad y otra, y aun dentro de un mismo país, y que algunos grupos están en peor situación que otros en cuanto a la posibilidad de encontrar dinero para sus sistemas de agua. No obstante, creo que si se desea alcanzar los objetivos de la Carta de Punta del Este en lo referente a programas rurales de agua y alcantarillado, y si hemos de esperar que la definición de "provisión de agua", signifique algo más que una simple bomba de mano para una comunidad, entonces, creo que debemos hacer todos los esfuerzos para obtener el concurso de las comunidades rurales en un programa destinado a ayudarse a sí mismas.

Estoy convencido de que a menos que los Gobiernos puedan demostrar que sus comunidades rurales realmente desean contar con sistemas de agua y están dispuestas a contribuir las sumas iniciales necesarias y hacer los pagos anuales para cubrir el costo de funcionamiento, conservación y amortización parcial, las instituciones de préstamos

locales e internacionales tendrán poco interés en prestar dinero a dichas comunidades. Parece igualmente obvio que la organización necesaria para supervisar técnica y administrativamente a las comunidades rurales debe ser firme y bien concebida. En mi opinión el enfoque debe ser algo diferente en el caso de las áreas rurales y urbanas y, a este respecto, creo que la situación ideal se produce allí donde los Ministerios de Salud Pública, por medio de sus organismos de salud rural, lleven a cabo las funciones de ingeniería y administración relacionadas con los programas rurales de abastecimiento de agua.

Puede observarse en muchos países del Hemisferio que el cúmulo de trabajos a emprender por las reparticiones nacionales y provinciales del ramo en sistemas *urbanos* excede la capacidad de tales reparticiones para completar el trabajo dentro de un alto nivel de excelencia técnica. Esto lleva a la conclusión de que el sistema de agua rural será olvidado o por lo menos postergado para el final a menos que se comprometa y dé responsabilidad al respectivo Ministerio de Salud Pública con sus ingenieros y su organización local, en los programas rurales.

Antes de terminar, puede que sea de interés para ustedes una reseña de los servicios técnicos prestados a los Gobiernos Miembros por la Organización Panamericana de la Salud, en materia de abastecimiento de agua, en 1961.

Estos servicios se brindan sobre la base de ayudar a los ingenieros nacionales a realizar sus trabajos. No es la política de la OPS hacer los trabajos, sino ayudar a los ingenieros locales a realizarlos por sí mismos.

Los servicios técnicos suministrados a los Gobiernos se efectúan en los campos de la planificación de sistemas de abastecimientos

de agua, organización, administración, contabilidad, procedimientos y métodos comerciales, información y educación pública, diseño, posibilidad, financiación, tarifas de agua y revisión técnica.

Uno de nuestros ingenieros trabaja en constante coordinación con el Banco Interamericano y se ofrecen servicios de oficina a los ingenieros y representantes de los Gobiernos que vienen a Washington y necesitan ayuda en la redacción y elaboración de informes necesarios para acompañar las solicitudes de préstamos a los bancos internacionales. En resumen, la Organización Panamericana de la Salud ha suministrado y continuará suministrando todo tipo de ayuda a los Gobiernos en el campo del abastecimiento de agua.

En razón de que nuestra política está determinada por los delegados de cada uno de sus países, dado que los Gobiernos Miembros son nuestros empleadores, y que sólo prestamos ayuda a los mismos cuando la solicitan, ustedes deben saber que estamos a su disposición y gustosamente colaboraremos siempre que ustedes demuestren interés en que así lo hagamos.

Deseo nuevamente agradecer al Gobierno de la República Argentina, a Obras Sanitarias de la Nación, a la Universidad Nacional, al Ministerio de Asistencia Social y Salud Pública y a la Agencia para el Desarrollo Internacional por la ayuda que ha hecho posible este Seminario y asegurar a cada uno de ustedes y a los Gobiernos que representan que nuestra Organización está siempre dispuesta a brindar toda la ayuda posible para el estímulo y desarrollo de los programas de agua, tanto urbanos como rurales, que serán necesarios para que los objetivos de la Carta de Punta del Este puedan realizarse.



Primera Parte
Informe de los consultores

ESTADO DE LAS NORMAS PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN AMERICA LATINA

ERNEST W. STEEL

*Profesor del Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Texas, Austin, Texas, E. U. A.*

HAROLDO JEZLER y MIGUEL A. LASALA

Consultores de la Oficina Sanitaria Panamericana

En los meses de abril y mayo de 1962 fueron visitados 19 países latinoamericanos por tres ingenieros consultores de la Oficina Sanitaria Panamericana con el fin de obtener información sobre las normas y prácticas de diseño de proyectos de abastecimiento de agua, obras de diseño hechas en años recientes, grado de utilización de servicios de ingenieros privados, y la validez de datos básicos, como población, tasas de consumo de agua, hidrología superficial y subterránea, etc. También se averiguó si había en dichos países un programa adecuadamente planeado para el mejoramiento de los abastecimientos de agua potable.*

Doce de los países visitados cuentan con normas escritas, si bien algunas de ellas sólo se aplican parcialmente, y otras, aunque escritas, aún se hallan bajo estudio o no han sido aprobadas por la autoridad competente. El cuadro No. 1 muestra los países que cuentan con normas escritas, títulos de éstas, fecha, órgano que las definió y si están pendientes de aprobación oficial.

Se observará que la fecha de casi todas las normas escritas es reciente, lo que confirma la creencia general entre los ingenieros, incluso los de países que aún no las tienen, de que debe haber normas escritas. No

* En el apéndice que aparece al final de este trabajo se ofrece la información detallada, por países, en orden alfabético.

obstante, hubo una considerable diferencia de opinión en cuanto al grado de flexibilidad que dichas normas deben tener.

Se observará también en el mismo cuadro que, en ciertos países, hay normas preparadas por más de un organismo, las cuales sólo pueden ser aplicadas en alguna ciudad particular o dentro de alguna otra circunscripción política del país. En los casos en que las normas fueron escritas por una dependencia del Ministerio de Salud Pública o por algún otro organismo nacional, las primeras sólo se aplican en pequeñas poblaciones, y las segundas en ciudades de más de un cierto número de habitantes.

Debe señalarse que la falta de normas escritas en un país dado no supone que el diseño de los proyectos de abastecimiento de agua no esté sujeto a control técnico. En la preparación de diseños, todos los países visitados han seguido prácticas de ingeniería aceptadas, escritas o no. En algunos casos se indicó que las prácticas de diseño eran las vigentes en los Estados Unidos de América, en Gran Bretaña, en Alemania, o una combinación de varias de ellas.

Los cuadros Nos. 2-5 muestran algunos detalles sobre las normas escritas vigentes hoy en distintos países. Hay que mencionar de nuevo que sólo las normas escritas aparecen en los cuadros y se recalca que los detalles de los diseños no se proponen como partes de una norma modelo. Los numerosos espacios

CUADRO No. 1.—Normas o proyectos de normas de diseño de abastecimientos de agua.

País*	Título	Año	Entidad	Inventariones (Páginas)	Ambito de aplicación	Observaciones
Bolivia	Características de los sistemas de abastecimiento de agua potable y su proyección sanitaria	no consta	División de Saneamiento Ambiental, Ministerio de Salud Pública	M-10	Nacional	Fundamentalmente es una guía de control sanitario
Brasil	Normas para elaboración de proyectos de abastecimiento de agua		Fundación Servicio Especial de Salud Pública	M-8	Nacional	
	Proyectos de abastecimiento de agua; especificaciones de los elementos que deben ser presentados (planos y diseños)			M-5		
	Normas para la presentación de proyectos (formato de planos y memorias)			M-4		
	Normas y especificaciones para la elaboración de proyectos de redes de distribución para el área metropolitana de la capital de São Paulo	1960	Departamento de Aguas y Alcantarillado, Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas de São Paulo	I-8	Area metropolitana, Ciudad de São Paulo	
	Normas para la elaboración de proyectos de obras de saneamiento de las ciudades del interior—São Paulo		Departamento de Obras Sanitarias, Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas de São Paulo	M-7	Estado de São Paulo	
	Ley No. 1561-A—Aprobando la codificación de las normas sanitarias para obras y servicios y otras consideraciones	1951	Secretaría de Salud Pública y Asistencia Social	I-40	Estado de São Paulo	
	Condiciones de potabilidad del agua, sin tratar y tratada, para el consumo público. Normalización Brasileña—BP. 19, Brasil	1959	Asociación Brasileña de Normas Técnicas	I-1	Nacional	
	Decreto No. 33.047—Normaliza las condiciones de potabilidad de aguas de alimentación, São Paulo (1958)	1958	Estado de São Paulo	I	Estado de São Paulo	
Colombia	Normas generales sobre estudios y para la construcción de acueductos y alcantarillados	1956	Corporación Nacional de Servicios Públicos, Departamento de Acueductos y Alcantarillados (Parte del Instituto Nacional de Fomento Municipal)	I-79	Nacional	
	Cartilla de acueductos y alcantarillados rurales—Formas AR 4—Sección de acueductos rurales—Recomendaciones generales para la elaboración de proyectos de acueductos y alcantarillados rurales	1961	Instituto Nacional de Fomento Municipal	M-9	Nacional	

Colombia (cont.)	Plan nacional de acueductos y alcantarillados—Anexos Pozos, manantiales y cisternas, normas de construcción y funcionamiento	1960	Instituto Nacional de Fomento Municipal	I-35	Nacional	
	Proyecto de normas para diseño y construcción de redes de acueductos en la ciudad de Medellín	1960	Ministerio de Salud Pública, Servicio Cooperativo Interamericano, Departamento de Ingeniería Sanitaria	M-90	Ciudad de Medellín	
	Normas y especificaciones para ensanches del sistema de distribución de agua potable	1959	Empresas Públicas de Medellín, Departamento de Redes	I-84	Ciudad de Cali	
El Salvador	Requisitos previos a la aprobación de una urbanización residencial en el aspecto de agua potable	...	Ex Dirección General de Obras Hidráulicas	D-10	Nacional	En uso por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
Guatemala	Normas generales para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable	...	Mesas Redondas de AIDIS, Ingenieros de SCISP, Ingenieros Asesores de la OMS	M-45	Nacional	
	Normas a seguir para la introducción de agua potable a lotificaciones nuevas que ya hayan sido autorizadas por la sección de urbanismo	...	Municipio de la Ciudad de Guatemala	M-7	Ciudad de Guatemala	
Haití	Bases técnicas para el diseño de sistemas de agua potable en Haití (tentativa)	1961	Grupo para el estudio del agua potable	D-10	Nacional	No aprobadas aún
Honduras	Normas para el diseño de abastecimientos de agua potable	1962	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados	M-34	Nacional	
	Normas para la construcción de abastecimientos de agua y alcantarillados	1962	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados	M-12	Nacional	
	Normas tentativas para el diseño de plantas de tratamiento de agua potable		Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados	D-8	Nacional	En estudio
	Reglamento sobre suministro y uso de servicio de agua y servicio de alcantarillado		Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados	D-10	Nacional	En estudio
	Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable en localidades rurales con población hasta de 1.000 habitantes	1961	División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	D-2	Uso interno de la división	
México	Reglamento federal sobre obras de provisión de agua potable	1953	Secretaría de Salubridad y Asistencia, Dirección de Ingeniería Sanitaria	I-12	Nacional	

CUADRO No. 1.—Cont.

País*	Título	Año	Entidad	Impresiones (Páginas)†	Ambito de aplicación	Observaciones
Panamá	Primer borrador—Normas de diseño de abastecimiento de agua	...	Sección Local de AIDIS PANAJIDIS	M-98	Nacional	En estudio, provisionalmente están siendo utilizadas
Paraguay	Reglamento sobre servicios de agua potable Especificaciones técnico-sanitarias para construcción de pozos excavados en granjas escolares	1960	Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, Dirección General de Salud Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, División de Saneamiento Ambiental	D-14 M-5	Nacional Nacional	En estudio, sin aprobación
Perú	Normas para la elaboración de proyectos y ejecución de obras de agua potable y desagüe en Lima y balnearios Reglamentos generales para las instalaciones de conexiones domiciliarias de agua potable y desagüe Reglamento de requisitos técnico-sanitarios para la ubicación, construcción y protección de abastos públicos de agua potable Reglamentos de los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables Requisitos previos a la aprobación de una urbanización residencial en el aspecto de agua potable	1954 1945 1947 1962	Sub-Dirección de Obras Sanitarias, Ministerio de Fomento y Obras Públicas Servicio Técnico de Obras Sanitarias, Ministerio de Fomento y Obras Públicas Departamento de Ingeniería Sanitaria, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Departamento de Ingeniería Sanitaria, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Ex Dirección General de Obras Hidráulicas	M-28 I-35 I-25 I-14	Area metropolitana de Lima Nacional Nacional Nacional	Están siendo revisadas
Venezuela	Normas para el diseño de abastecimientos de agua	1948	Instituto Nacional de Obras Sanitarias	I-192	Nacional, para uso del Instituto Nacional de Obras Sanitarias	En uso por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados

Normas de proyectos y especificaciones de materiales para los sistemas de abastecimiento de agua de urbanizaciones	1956	Instituto Nacional de Obras Sanitarias	M-50	Específicamente para la Ciudad de Caracas	Para comunidades menores de 5.000 habitantes
Normas para el estudio, diseño y construcción de acueductos en localidades pequeñas	1960	Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, División de Ingeniería Sanitaria, Sección Acueductos	M-80	Nacional	
Normas generales para la presentación de proyectos	1962	Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, División de Ingeniería Sanitaria, Sección Acueductos	M-7	Nacional	Para uso de la División indicada
Normas sanitarias para proyecto, construcción, reparación y reformas de edificios	1962	Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, División de Ingeniería Sanitaria, Sección Acueductos	I-82		

* En el caso de Argentina, Costa Rica, Chile, Ecuador, Nicaragua, República Dominicana y Uruguay, no se han encontrado normas escritas sobre diseño.

† M = Mimeo-grafiada.
D = Dactilografada.
I = Impresa.

CUADRO NO. 2.—Normas escritas para abastecimientos de agua en países de América Latina, 1962.

	Area (1.000 Km ²)	Población (millones)	División administrativa	Normas existentes (escritas)	Informe de Ingeniería requerido	Planos estándares requeridos	Periodo de diseño (en años)					
							Normas de ca- lidad del agua	Sistema con- pleto	Fuente de abastecimiento	Tubería de conducción	Estaciones de bombeo	Planta de tra- tamiento
Argentina...	2.781	20,0	22 provincias	no	...	...	...	...	...	...	...	...
Bolivia.....	1.099	3,6	9 departamentos	parcial	sí	...	sí	...	...	...	...	...
Brasil.....	8.513	72,0	21 estados	sí	sí	sí	sí	30	20	20	20	...
Colombia....	1.138	15,0	17 departamentos	sí	sí	sí	no	20-30	...	...	15-30	...
Costa Rica...	51	1,3	7 provincias	no	...	...	...	...	...	...	...	...
Chile.....	742	7,6	25 provincias	en prepa- ración	...	...	sí	...	...	...	...	...
Ecuador....	271	4,1	19 "	en prepa- ración	...	...	...	...	...	...	...	...
El Salvador..	34	2,6	14 departamentos	sí	sí	...	...	...	...	...	...	...
Guatemala..	109	3,8	22 "	sí	sí	...	...	30	30	30	10	20
Haití.....	28	4,1	5 "	tentativa	...	...	...	...	...	...	...	...
Honduras....	112	1,9	18 "	sí	sí	sí	...	10	15-30	15-20	5-15	10-20
México.....	1.969	35,0	29 estados	no	...	...	...	...	...	...	...	...
Nicaragua...	148	1,5	16 departamentos	en prepa- ración	...	...	...	...	...	...	...	...
Panamá.....	75	1,1	9 provincias	sí	sí	sí	...	25-30	...	...	...	...
Paraguay....	407	1,8	16 departamentos	en prepa- ración (a)	...	...	...	...	...	...	...	...
Perú.....	1.249	11,0	23 departamentos	parcial	...	sí	...	...	...	...	...	...
Rep. Domini- cana.....	50	3,1	20 provincias	no	...	...	...	...	...	...	...	...
Uruguay....	187	2,4	19 departamentos	no	...	...	...	...	...	...	...	...
Venezuela...	912	7,5	20 estados	sí	sí	sí	sí	40-50	...	40-50	10-15	20-30

a) Se refiere sólo a control sanitario.

... Información no disponible.

en blanco que aparecen en los cuadros indican que las normas no abarcan tales puntos y debe llegarse a la conclusión de que aunque sean escritas no tienen, en muchos casos, alcance completo o por lo menos adecuado.

Las normas escritas de los cuadros Nos. 2-5 muestran ciertos puntos de semejanza y ciertas discrepancias en cuanto a algunas de las cifras fundamentales usadas en los diseños de abastecimientos de agua.

Sólo dos de las normas escritas hacen mención de la razón de la población del diseño a la población total actual. La razón

varía de 1,2 a 2,0, a pesar de que esta última se citó con frecuencia como la utilizada en países carentes de normas escritas.

Las normas escritas de tres países hacen mención del consumo promedio *per capita* donde los grifos públicos son las únicas tomas para los consumidores. Dicho promedio varió de 30 a 60 litros diarios *per capita*. Entre la población rural, el consumo más común es de 150 litros diarios *per capita*, pero en un país varía de 70 a 150 y en otro, de 26 a 94. El consumo de la población urbana acusa en varios países una variación de 130 a 600

CUADRO No. 3.—Normas escritas de diseño de abastecimiento de agua en relación con el consumo, tubería de conducción, almacenamiento y estaciones de bombeo, en ocho países de América Latina, 1962.

	Brasil	Colombia	El Salvador	Guatemala	Haití	Honduras	Panamá	Venezuela
<i>Consumo de Agua</i>								
Relación entre población de diseño y población actual total.....	...	...	...	1,2-1,3	...	≥2,0	...	...
Consumo promedio, <i>per capita</i> , en litros por día								
Canillas públicas.....	...	...	...	60	25	30	...	50
Población rural.....	150	70-150	...	150	25-94	130	...	150
Población urbana.....	200-300	200-300	200-350	...	75-284	130-150	...	200-600
Coefficiente para día de máximo consumo.....	1,25-1,50	1,20-2,00	...	...	...	...	...	1,20
Coefficiente de máximo consumo horario en día de máximo consumo...	1,50	1,50	3,00	1,50-2,50	...	1,50-2,00	...	2,00-2,75
Se da especial consideración a las industrias, comercio y a protección contra incendios.....	sí	...	...	...	...	sí	...	sí
<i>Conducción</i>								
Velocidad máxima por gravedad (m por segundo).....	...	5,0	...	5,0	1,52	...	...	...
Velocidad mínima (m por segundo).....	...	0,60	...	0,45	0,60-0,76	0,60	...	...
Medidas para:								
Protección contra golpes de ariete.....	...	...	...	...	...	...	sí	...
Protección contra corrosión.....	...	...	...	...	...	...	...	...
Instalación de válvulas de compuerta, válvulas de drenaje, válvulas de alivio.....	...	sí	...	sí	sí	sí	sí	sí
<i>Almacenamiento</i>								
Para regulación del consumo, porcentaje del consumo diario.....	...	...	33-88	35-40	25-40	...	...	...
Almacenamiento total (porcentaje del consumo diario).....	33	...	...	35-50	50-100	30	...	...
Emergencias y para incendios.....	...	sí	sí	sí	...	sí	sí	sí
<i>Estaciones de bombeo</i>								
Unidades de reserva requeridas.....	...	...	...	sí	...	...	sí	30%
Fuentes suplementarias de energía.....	...	...	...	sí	...	...	sí	sí

... Información no disponible, no hay normas escritas.

CUADRO No. 4.—Normas escritas de diseño de abastecimientos de agua en relación con el sistema de distribución y conexiones domiciliarias en nueve países de América Latina, 1962.

	Brasil	Colombia	El Salvador	Guatemala	Haití	Honduras	Panamá	Perú	Venezuela
<i>Sistema de distribución</i>									
Diámetro mínimo (mm)									
sistemas pequeños.....	50	50	...	25	75	38	50	...	50-75
sistemas grandes.....	75	100-150	50-60	50	75	50	50	100	80
Presión mínima (m)									
sistemas pequeños.....	15	10	...	...	15	3-7	14	...	5-7
sistemas grandes.....	15	15-20	15-20	...	15	7	14	...	15-50
Presión máxima (m)									
sistemas pequeños.....	45	40	...	...	...	45	...	...	45-70
sistemas grandes.....	50	50	70	...	...	45	...	...	70
Separación entre válvulas.....	sí	sí	...	sí	sí	sí	...	sí	sí
Protección contra incendios									
flujo requerido (l/seg)	10-100	5-24	8-12	...	...	22	...	...	*
presión mínima.....	15	20	...	...	...	...	...	...	...
separación entre tomas de incendio (m).....	300-400	200	200-300	...	200	100	180	...	100-200
diámetro mínimo para las tomas (mm).....	150	75	...	...	...	...	...	...	150
<i>Conexiones domiciliarias</i>									
Diámetro mínimo (mm)									
sistemas pequeños.....	19	12	...	...	13	13	...	...	19
sistemas grandes.....	19	12	...	...	13	13	...	...	19
Se exigen medidores									
sistemas pequeños.....	no	no	...	...	...	no	...	...	...
sistemas grandes.....	no	sí	...	...	...	no	...	...	...
Tanques domiciliarios.....	sí	sí	...	...	...	...	...	...	sí

... Información no disponible.

$$* Q = 15\sqrt{P}$$

litros diarios *per capita*, con excepción de un país, donde oscila entre 75 y 284.

Los coeficientes usados para obtener el consumo máximo fueron del 120 % al 200 % del promedio para dar el máximo diario, y del 150 % al 275 % del máximo diario para dar el máximo consumo por hora.

En ciertos casos no se hace mención de los requisitos de almacenamiento, y el almacenamiento total requerido, que aparece en cuatro normas, varió de 30 % a 100 % del consumo diario promedio.

Las cifras de diseño relativas al tratamiento del agua acusan escasa variación significativa de las cifras usadas.

Las contestaciones "sí" y "no" que aparecen en los cuadros Nos. 2-5 deben interpre-

tarse de acuerdo con el renglón correspondiente. En algunos casos indican permiso; en otros, indican que las normas no son definitivas, si bien están descritas hasta cierto punto.

Las entrevistas con los ingenieros encargados del diseño en los distintos países, produjeron las siguientes impresiones:

1) Las normas de diseño escritas son convenientes.

2) Las grandes discrepancias entre los países latinoamericanos hacen difícil hoy, si no imposible, aplicar normas uniformes en todos ellos.

3) Las normas de cada país deben tener suficiente flexibilidad.

CUADRO NO. 5.—Normas escritas de diseño de plantas de tratamiento de agua y medidas sanitarias en siete países de América Latina, 1962.

	Bolivia	Colombia	Guatemala	Honduras	Panamá	Paraguay	Venezuela
<i>Planta de Tratamiento</i>							
Remoción de arena							
Período de retención (min)	20	En estudio	...	...	...
Tasa de rebose (m ³ /m ² ·día)	360-1000
Mezcla química							
Período de retención promedio (min)	0,5-1,5	≥1	>0,5	...	1-2
Floculación							
Período de retención promedio (min)	10-20	10-60	30	...	15-45
Sedimentación convencional							
Período de retención promedio (hr)	3-4	...	4	...	2-4
Tasa de rebose (m ³ /m ² ·día)	25	...	...	...	...
Tasa de rebose en vertedero (m ³ /m·día)	173-605	...	630	...	...
Unidades de contacto permitidas	no	...	sí	...	...
Período de retención (hr)	2	...	...
Tasa de rebose (m ³ /m ² ·día)	58	...	130
Filtros lentos							
Velocidad de filtración (m ³ /m ² ·día)	2,8-5,0	2,8-5,6	1,9-5,7	...	1,9-5,6
Profundidad del agua sobre la arena (m)	1,0	...	0,9-1,5	...	0,9-1,5
Especificaciones de la arena							
Tamaño efectivo (mm)	0,35	0,35-0,55	0,2-0,4	...	0,25-0,35
Coeficiente de uniformidad	1,7-2,0	1,5-1,7	≤2,5	...	2-3
Espesor de la capa de arena (m)	0,60-1,20	0,60-1,00	0,60	...	0,6-1,2
Espesor de la grava o piedras (m)	0,30	0,30-0,45	0,25	...	0,3
Filtros rápidos							
Velocidad de filtración (m ³ /m ² ·día)	106-125	120-180	120	...	116-235
Profundidad del agua sobre la arena (m)	≥0,90	...	1,2-1,5
Especificaciones de la arena							
Tamaño efectivo (mm)	0,45-0,55	0,35-0,55	0,35-0,80	...	0,4-0,5
Coeficiente de uniformidad	1,65	1,5-1,7	1,5-1,7	...	1,65
Espesor mínimo de la capa de arena (m)	0,60-0,75	0,60	0,60-0,75	...	0,60-0,75
Espesor de la grava o piedras (m)	0,30-0,60	0,30	0,40-0,60	...	0,45-0,60

CUADRO No. 5.—Cont.

	Bolivia	Colombia	Guatemala	Honduras	Panamá	Paraguay	Venezuela
Tipo especificado de fondo	...	...	...	tubería perforada	sí	...	varios
Tasa del agua de lavado (m ³ /m ² ·día)	...	...	...	...	910-1280	...	864-1440
Tasa de agua de lavado superficial (m ³ /m ² ·día)	...	...	...	...	sí	...	230-470
Se permiten filtros a presión	sí	...	sí	...	sí	...	sí
Se permiten filtros de diatomita	...	...	...	...	sí	...	...
Se permiten "micro-strainers"	...	...	...	...	...	...	...
Plantas de ablandamiento	...	...	...	...	...	...	...
Remoción de hierro y manganeso	...	...	...	...	sí	...	sí
Control de olores y sabores	...	...	...	...	sí	...	sí
Desinfección							
Cloración	...	...	sí	sí	sí	sí	sí
Cloraminación	...	...	sí	sí	sí	requeridas	sí
Hipocloración	...	...	...	sí	sí	puede ser autorizada	sí
Otros	...	...	...	sí	sí	" "	sí
Fluoración	...	...	...	sí	...	" "	sí
Estabilización	...	...	...	...	sí	recomendada	...
Almacenamiento de productos químicos	...	...	...	...	sí	...	sí
Equipo de dosificación	...	...	...	...	sí	requerida para clor.	sí
Laboratorio en la planta	...	...	...	...	sí	...	...
Edificios de control	...	...	...	...	...	aprobado por la autoridad	...
Medidas sanitarias							
Corrientes de agua y cuencas colectoras	sí	...	...	sí	sí	...	...
Pozos	sí	sí	...	sí	sí	sí	...
Manantiales	sí	sí	...	sí	sí	...	...
Sistemas de distribución	sí	...	...	sí	sí	sí	...
Tanques de almacenamiento	sí	...	...	sí	sí	...	sí

... Información no disponible.

4) Una reunión de los ingenieros encargados del diseño de proyectos de abastecimiento de agua en los distintos países, permitiría un intercambio de ideas y ello facilitaría el establecimiento de normas de diseño. De hecho, sería una gran ayuda para

los países donde las normas se encuentran bajo estudio y se reconoce que las actuales o son inadecuadas, o necesitan revisión.

5) Hay que mencionar otros dos asuntos, a pesar de estar sólo indirectamente relacionados con los problemas de diseño:

a) Parece muy plausible un programa objetivo de mejoras de los abastecimientos de agua. Dicho programa debiera ser práctico por completo con referencia a la cantidad de trabajo a realizar, que es considerable, en todos los países visitados, y a la suma de dinero que pueda obtenerse.

b) La gran cantidad de trabajo requerirá el servicio de más ingenieros de los que hay actualmente, y una utilización más eficiente del personal habido mediante la eliminación del trabajo a tiempo parcial, y el mejoramiento de sueldos.

Apéndice al informe de los consultores

ARGENTINA

En Argentina, aproximadamente el 95% de los abastecimientos de agua se encuentra bajo el control de un organismo llamado Obras Sanitarias de la Nación, que forma parte del Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Las excepciones no son numerosas, las ciudades de la Provincia de Buenos Aires, incluyendo su capital, La Plata, y algunas ciudades de otras provincias. Obras Sanitarias y Servicios Públicos está descentralizado en cuanto al Ministerio se refiere. Su presupuesto es aprobado por el Ministerio, pero sus operaciones están controladas por una Junta de Directores separada.

Las ciudades que no se encuentran bajo el control de Obras Sanitarias pueden construir o extender un sistema de abastecimiento de agua utilizando sus propios ingenieros o ingenieros profesionales privados. Sus diseños no tienen que ser sometidos a Obras Sanitarias ni a ningún otro organismo nacional para aprobación. Si los diseños para los abastecimientos de agua son preparados bajo el control de Obras Sanitarias por ingenieros privados, los diseños deben ser aprobados por este organismo y ninguna otra institución gubernamental tiene autoridad para revisarlos.

En la actualidad ninguna organización internacional está asociada a proyectos para abastecimiento de agua en Argentina. Se espera que en el futuro podrán negociarse préstamos para realizar mejoras.

No existen normas escritas para diseños de abastecimientos de agua. Las prácticas seguidas se asemejan a las de los Estados Unidos de América y a las de los países europeos. Son algo flexibles a pesar de que se indica que no debe haber desviación de las prácticas reconocidas si ello afectara adversamente la pureza, el color, o la turbiedad del agua. Se permiten pequeños cambios en los planos previamente preparados por ingenieros privados, pero tales cambios deben ser aprobados por Obras Sanitarias.

Existen en el país pocos ingenieros privados capacitados para diseñar abastecimientos de agua. En la actualidad se está estudiando la capacidad de firmas privadas. Una o dos firmas extranjeras han realizado algunas obras en Buenos Aires, Comodoro Rivadavia y Rosario. Como se ha indicado anteriormente, los diseños hechos por firmas privadas para Obras Sanitarias de la Nación deben ser aprobados por ese organismo. Menos del 25% de los proyectos diseñados en los últimos cinco años fue realizado por ingenieros privados.

Los archivos muestran que de 1957 a 1961, inclusive, Obras Sanitarias diseñó, o autorizó el diseño, de los siguientes proyectos nuevos o mejoras importantes de abastecimientos existentes: obras para 58 ciudades, o sea 12% del número total de ciudades; los habitantes servidos por estos proyectos fueron 2.500.000, esto es 15,5% del total en el país. Veinticinco de esos proyectos, o sea el 43%, incluyeron plantas para el tratamiento del agua; 33, esto es el 57%, contaron con pozos como fuente del abastecimiento.

Los proyectos importantes recientemente concluidos o en proceso en la actualidad son:

Buenos Aires (ciudad), sirviendo a 4.000.000 de habitantes, actualmente en construcción;

Rosario, sirviendo a 600.000 habitantes, concluido en 1958, y

Córdoba, sirviendo a 600.000 habitantes, concluido en 1950.

Los últimos tres censos se realizaron en 1914, 1947 y 1960. Obras Sanitarias utiliza sus propios datos de población para los pueblos pequeños. Otros datos básicos respecto a la lluvia, flujos de corrientes y aguas subterráneas, se consideran buenos. Las cifras sobre el consumo de agua no son tan completas.

Hay pocos ingenieros sanitarios. Debido a los bajos sueldos gubernamentales, los ingenieros jóvenes dejan la ingeniería sanitaria para dedicarse a empleos privados. Se informa que el progreso de los ingenieros en empleos gubernamentales es muy lento. Son empleados a tiempo completo.

No hay programa definitivo para realizar mejoras en los abastecimientos de agua en el país, aunque se admite que hay mucho trabajo por hacer.

BOLIVIA

Se ha creado recientemente la Administración Boliviana de Obras Sanitarias (ABOS) con jurisdicción nacional, la que tendrá a su cargo todo lo referente a los abastecimientos de agua potable. Los servicios existentes están, o han estado hasta hace muy poco, a cargo de los respectivos municipios. En el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones funciona un Departamento de Hidráulica que hasta la creación de ABOS se ocupaba también de los abastecimientos de agua.

Además, el Ministerio de Salud Pública cuenta con la División de Saneamiento Ambiental, que interviene en todos los proyectos para pequeñas comunidades y en el saneamiento rural. Cuenta con la colaboración de un ingeniero asesor de la Oficina Sanitaria Panamericana.

Por otra parte, el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP), organismo de la Agencia para el Desarrollo Internacional (E.U.A.), colabora activamente en el campo del agua potable.

No existen normas de diseño, nacionales o locales. El Ministerio de Salud Pública ha preparado una reglamentación titulada "Características de los sistemas de abastecimiento de agua potable y su protección sanitaria", que es fundamentalmente una guía de control sanitario. No se utiliza ninguna norma extranjera. Los diseños se encaran con tolerancia en el aspecto normativo.

Hay la intención de estudiar la aplicación de normas, pues lo consideran muy necesario dadas las características topográficas, climatéricas y socioeconómicas del país.

Bolivia tiene en la actualidad 3.550.000 habitantes y 497 comunidades, distribuidos aproximadamente de esta manera:

De 50 a	500 habitantes.....	270	comunidades
De 500 a 2.000	"	179	"
De 2.000 a 5.000	"	30	"
De 5.000 a 10.000	"	10	"
Más de 10.000	"	8	"

En los últimos cinco años se han preparado diseños para abastecer de agua a 70.000 habitantes (población actual), lo que representa un 25% de la población del país. El abastecimiento de agua de La Paz fue diseñado en 1930, el de Santa Cruz (80.000 habitantes) en 1958, y el de Cochabamba (180.000 habitantes) en 1961. Se han preparado diseños para ampliaciones y mejoras importantes, pero no están aún aprobados. Asimismo, se han hecho estudios preliminares para la ampliación de los servicios de las ciudades de La Paz, Oruro y Sucre.

Se han realizado tres censos, en 1882, 1900 y 1950, respectivamente. Las medidas del consumo de agua son deficientes, la pluviometría puede valorarse como regular. En cuanto a las mediciones de descargas de corrientes de agua y estudios sobre las capas subterráneas pueden considerarse también deficientes.

La creación de ABOS es considerada como el paso fundamental para la realización de un programa de mejoramiento de los abastecimientos de agua.

BRASIL

El país tiene un área de 8,5 millones de kilómetros cuadrados aproximadamente, y existen grandes diferencias geográficas, económicas y sociales entre sus distintas regiones. Política y administrativamente se divide en 21 estados, cuatro territorios y un distrito federal. Su población es de más de 70 millones de habitantes, distribuida en una forma bastante irregular. Hay estados con una densidad demográfica promedio de menos de 1,0 habitantes por kilómetro cuadrado, y otros en los que la densidad se eleva hasta cerca de 50 habitantes por kilómetro cuadrado, existiendo el caso especial de un estado que está constituido por una sola ciudad en la que viven cerca de 3,5 millones de habitantes.

En la mayoría de los casos, los servicios de agua son propiedad municipal y gozan de una autonomía casi total. Sin embargo, la situación puede variar bastante de estado a estado, ya que éstos gozan de gran autonomía ante el gobierno federal, y tienen su propia legislación. Frecuentemente, los municipios, principalmente por falta de recursos económicos o por falta de habilidad técnica, solicitan, voluntariamente, la cooperación o intervención de organismos federales o estatales para poder solucionar sus problemas. Esa cooperación puede obtenerse por medio de préstamos o ayuda, para el diseño, construcción u operación de los sistemas de abastecimientos de agua.

Los siguientes organismos directamente relacionados con el gobierno federal han estado trabajando en el campo del abastecimiento de agua:

1. Fundación Servicio Especial de Salud Pública (FSESP).
2. Departamento Nacional de Endemias Rurales.
3. Banco Nacional de Desarrollo Económico (BNDE).

En el nivel estatal, los organismos que en alguna forma están relacionados con los servicios de agua generalmente se encuentran en los Departamentos de Obras Públicas o de Salud.

La mayor parte de los servicios son atendidos directamente por las municipalidades; no obstante, hay convenios o acuerdos para su operación por los organismos federales. Estos se han mostrado interesados en crear servicios autónomos en las respectivas localidades, independientes de la administración municipal, donde puede ejercerse una influencia más decisiva.

Generalmente, la preparación de normas para los proyectos de abastecimiento de agua está a cargo de organizaciones más directamente relacionadas con el problema en cada caso específico. En general, las normas existentes son de carácter estatal, pero también hay normas utilizadas por servicios especiales de carácter nacional, las cuales, no obstante, apenas se aplican en algunas zonas, y varían de región a región. Los departamentos de agua de las grandes ciudades también tienen sus propias normas.

Como ejemplo, se citan las siguientes normas:

1. Fundación Servicio Especial de Salud Pública.

Normas para elaboración de proyectos de abastecimiento de agua. Proyectos de abastecimiento de agua; especificaciones de los elementos que deben ser presentados (planos y diseños).

Normas para la presentación de proyectos (formato de planos y memorias).

2. Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas de São Paulo, Departamento de Aguas y Alcantarillado.

Normas y especificaciones para la elaboración de proyectos de redes de distribución para el área metropolitana de la capital de São Paulo. São Paulo (1960).

3. Secretaría de Comunicaciones y Obras Pública de São Paulo, Departamento de Obras Sanitarias.

Normas para la elaboración de proyectos de obras de saneamiento de las ciudades del interior—São Paulo.

4. Secretaría de Salud Pública y Asistencia Social.

Ley No. 1561-A—Aprobando la codificación de las normas sanitarias para obras y servicios y otras consideraciones. São Paulo (1951).

5. Asociación Brasileña de Normas Técnicas.

Condiciones de potabilidad del agua, sin tratar y tratada, para el consumo público. Normalización Brasileña—BP.19. Brasil (1959).

6. Estado de São Paulo.

Decreto No. 33.047—Normaliza las condiciones de potabilidad de aguas de alimentación. São Paulo (1958).

La Asociación Brasileña de Normas Técnicas ha hecho un esfuerzo considerable. Sus publicaciones comprenden: instrucciones, especificaciones, normas y métodos de ensayo. Las publicaciones existentes, aplicables a los proyectos de abastecimiento de agua, se refieren principalmente a materiales diversos, tales como tuberías de hierro fundido, de cemento-asbesto, de hormigón simple o armado, y conexiones respectivas, piezas y accesorios especiales. También existen normas publicadas sobre instalaciones hidráulicas prediales y normalización para la calidad de agua.

El uso de servicios profesionales privados en la elaboración de los proyectos ha sido amplio en todos los tipos de organismos, tanto federales, como estatales y municipales. En muchos casos, la actividad de los organismos gubernamentales ha sido de carácter normativo o fiscal, en el sentido de examinar y aprobar los proyectos. No obstante, en otros casos, la situación ha sido la opuesta, o sea, la colaboración privada ha sido mínima, encargándose el organismo gubernamental de la elaboración de los proyectos. La participación de firmas privadas extranjeras en la elaboración de proyectos ha sido bastante limitada, así como la colaboración técnica de organismos internacionales.

En general, la totalidad de los proyectos ejecutados en el país se distribuye a medias entre organismos gubernamentales y profesionales o firmas privadas.

Debido a las altas tasas de crecimiento en las poblaciones urbanas, los proyectos existentes necesitan, y han recibido, revisiones y ampliaciones constantes.

Entre los mayores servicios existentes se destacan los siguientes:

São Paulo, São Paulo.....	3.700.000	habitantes actualmente
Río de Janeiro, Guanabara.....	3.200.000	“ “
Recife, Pernambuco.....	800.000	“ “
Belo Horizonte, Minas Gerais.....	600.000	“ “
Salvador, Bahía.....	600.000	“ “
Pôrto Alegre, Río Grande do Sul ...	600.000	“ “

Todos ellos distribuyen agua tratada.

Los estudios demográficos necesarios se han basado en los resultados obtenidos en los censos nacionales efectuados en 1940, 1950 y 1960.

Los servicios para obtener información básica sobre índices de consumo y de aguas subterráneas, en general, pueden considerarse inadecuados. Los referentes a pluvio-metría y los de medidas de descargas de corrientes de agua se consideran buenos.

Comúnmente, el personal técnico de los organismos gubernamentales trabaja a tiempo parcial, con raras excepciones, siendo la más notable la Fundación SESP. En general, los sueldos pueden clasificarse como inadecuados, y en consecuencia, es difícil asegurar la participación continua de personal más competente. En muchos lugares se observa una predominancia de elementos recién formados y una renovación muy constante del personal técnico. También se observa una pérdida constante de personal experto que se va en busca de otras actividades mejor remuneradas.

La colaboración entre universidades y organismos gubernamentales ha sido más bien de carácter indirecto, y es común encontrar profesionales que dividen su tiempo entre servicios al gobierno y actividades docentes o privadas. Se ha notado poca colaboración directa entre las universidades y los organismos gubernamentales.

La necesidad de realizar proyectos y obras de abastecimiento de agua durante los próximos años es inmensa, y en la actualidad hay planes estatales o regionales bajo consideración.

COLOMBIA

Este país tiene una extensión de 1.138.000 kilómetros cuadrados y 15 millones de habitantes. Se divide en 17 departamentos, cuatro intendencias y tres comisaratos.

Por ley, todos los fondos nacionales destinados a servicios de agua o alcantarillado se aplican por medio del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INSFOPAL), “entidad autónoma de servicio público descentralizado, con personería jurídica, patrimonio propio y domicilio en la ciudad de Bogotá, D.E.”. La función del Instituto es “resolver los problemas sanitarios de acueductos y alcantarillados de todas las poblaciones y zonas rurales del país”, correspondiéndole también “el control y fiscalización de la aplicación del Código Sanitario Nacional en cuanto se relaciona con acueductos y alcantarillados, pudiéndose asesorar para estos fines del Ministerio de Salud Pública, cuando lo considere necesario. Igualmente establecerá las tarifas para la presentación de los servicios de acueductos y alcantarillados en las obras que ejecute el Instituto, también con la asesoría del mismo Ministerio de Salud Pública”.

La función del Ministerio de Salud Pública (MINSALUD) es esencialmente de carácter normativo y se ejerce a través de una División de Saneamiento Ambiental. No obstante, existe un acuerdo entre INSFOPAL y el Ministerio por el cual este último se encargaría de diseñar y construir abastecimientos de agua para comunidades de menos de 1.000 habitantes, como parte integrante de los programas de saneamiento ambiental.

En lo que se refiere a abastecimientos de agua, las comunidades con poblaciones que varían, aproximadamente, de 1.000 a 5.000 habitantes y con un presupuesto anual bajo, son atendidas por el Instituto, por medio de una Sección de Acueductos Rurales.

Toda inversión de los recursos del Instituto en sus obras deberá ser reembolsable al Instituto. El reembolso se hará bien en forma de préstamos de amortización gradual hasta de 20 años de plazo, con 6% de interés anual, o por medio de aportes de sociedades o empresas municipales, que se constituyen para la realización y explotación de las obras.

La operación de los nuevos abastecimientos construidos por el Instituto generalmente se entrega a sociedades anónimas de carácter departamental, de las cuales el Instituto es el principal accionista. Las municipalidades con servicios ya existentes pueden solicitar participación en dichas sociedades, mediante la "venta" de sus servicios a esas sociedades a cambio de acciones en las mismas.

No obstante, un gran número de comunidades mayores, comenzando con la capital, tiene abastecimiento completamente independiente.

El Instituto ha preparado y publicado extensas normas de carácter administrativo, pero éstas llevan poco tiempo en existencia.

La Asociación Colombiana de Acueductos y Alcantarillados (ACODAL), que cuenta con un gran número de especialistas profesionales, ha expresado la necesidad "del estudio de normas sobre construcción de acueductos y alcantarillados y recopilación y unificación de las que actualmente se aplican en forma un tanto desordenada". Varias empresas privadas han presentado a la Asociación sus normas para el diseño y la construcción de abastecimientos, las cuales se han discutido en las respectivas reuniones, y han merecido publicación en la revista ACODAL, órgano oficial de la Asociación.

A continuación se citan varias de las normas existentes:

1. Corporación Nacional de Servicios Públicos. Departamento de Acueductos y Alcantarillados (dicha Corporación pasó a ser parte del Instituto cuando éste fue reorganizado).

Normas generales sobre estudios y construcción de acueductos y alcantarillados. Bogotá (1956).

2. Instituto Nacional de Fomento Municipal.

Cartilla de acueductos y alcantarillados rurales—Formas A.R.4—Sección de acueductos rurales—Recomendaciones generales para la elaboración de proyectos de acueductos y alcantarillados rurales. Bogotá (1961).

Plan nacional de acueductos y alcantarillados—Anexos. Bogotá (1960).

3. Ministerio de Salud Pública, Servicio Cooperativo Interamericano, Departamento de Ingeniería Sanitaria.

Pozos, manantiales y cisternas, normas de construcción y funcionamiento. Bogotá (1960).

4. Empresas Públicas de Medellín, Departamento de Redes.

Proyecto de normas para diseño y construcción de redes de acueductos en la ciudad de Medellín. Medellín (1960).

5. Empresas Municipales de Cali.

Normas y especificaciones para ensanches del sistema de distribución de agua potable. Cali (1959).

En los últimos cinco años, los proyectos realizados incluyeron cerca de 200 nuevos abastecimientos, la mayoría de los cuales fueron hechos por firmas privadas nacionales, y algunos con la colaboración de firmas extranjeras u organismos internacionales. La tendencia actual es la de limitar la contratación de servicios profesionales independientes

para los proyectos, ya que el Instituto ha ampliado su personal técnico para la elaboración de nuevas obras.

Entre los mayores sistemas existentes se encuentran los siguientes:

Bogotá—Agua tratada para la población actual de 1.100.000 habitantes. (La última revisión se hizo en 1959.)

Cali—Agua tratada para 500.000 habitantes.

Medellín—Agua tratada para 500.000 habitantes.

Los datos demográficos disponibles se basan en los últimos tres censos oficiales realizados en 1918, 1938 y 1951. En 1928 se hizo un censo que no fue aprobado oficialmente.

La información sobre el consumo de agua en la ciudad de Bogotá, y en cerca del 60% de las ciudades servidas, fue clasificada como buena. En varias de esas ciudades se realizaron estudios pitométricos en distintas épocas.

La información sobre aguas pluviales se clasificó como regular, y los datos sobre aguas superficiales y subterráneas se consideran deficientes.

Los servicios que se ofrecerán durante los próximos 10 años se establecieron en un Plan Nacional de Acueductos y Alcantarillados. De acuerdo con ese plan, y con base en los posibles ingresos actuales y los que podrán incrementarse en el futuro, se proyecta un programa de inversiones por 10 años con un valor total de 795.960.000 pesos colombianos.*

COSTA RICA

Hace poco más de un año, se creó el Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillado (SNAA), como organismo descentralizado con jurisdicción nacional, cuyo Directorio está presidido por el Ministro de Salubridad Pública. Antes de la creación del citado organismo, los asuntos relacionados con el abastecimiento de agua a las poblaciones eran manejados por:

- a) El Ministerio de Salubridad Pública, a través del Departamento de Ingeniería Sanitaria, con funciones de *diseño* y *control* de servicios en todo el país.
- b) El Ministerio de Obras Públicas, a través del Departamento de Obras Hidráulicas. Efectuaba proyectos, se encargaba de su *construcción* y de los proyectados por del Departamento anteriormente citado y también del mantenimiento de tales servicios.
- c) El Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP).
- d) La Sección de Cañerías de la Ciudad de San José, dependencia municipal que se ocupa del abastecimiento de la capital.
- e) Organismos análogos de otros municipios.

Al crearse el SNAA, las funciones del Ministerio de Obras Públicas y las de preparación de diseños para comunidades mayores del Ministerio de Salubridad, así como las de operación y mantenimiento, pasaron a aquél (incluso gran parte del cuerpo técnico profesional). Los actuales servicios de agua de San José y de otras ciudades también irán pasando al SNAA a medida que su organización lo permita. Asimismo, el Departamento de Ingeniería Sanitaria del Ministerio de Salubridad seguirá con funciones de control y el SCISP con el programa de recolección de datos básicos sobre saneamiento, sobre todo en lo referente a aguas subterráneas.

* EUA \$1,00 = 7,00 pesos colombianos.

No existen normas de diseño, nacionales o locales. El SNAA las está proyectando basándose principalmente en las de Venezuela (INOS) y en las disposiciones del Brasil. También se consultan las normas de los Estados Unidos de América. Todas las normas son aplicadas con flexibilidad, de acuerdo con las exigencias de cada caso.

Hasta la creación del SNAA, todos los nuevos diseños debían ser supervisados y aprobados por el Ministerio de Salubridad, incluso los correspondientes al servicio de la ciudad de San José. No se ha podido determinar claramente si esa exigencia se mantendrá con el nuevo organismo.

Costa Rica tiene en la actualidad 1.300.000 habitantes, de los cuales 170.000 habitan en la capital. La población urbana es de unos 400.000 habitantes y la rural de unos 900.000. Los servicios de agua alcanzan a 350.000 habitantes urbanos y a 300.000 rurales, aproximadamente. Existen 65 servicios urbanos, 6 con planta de tratamiento, 39 de vertiente, 9 de pozos profundos y 11 de fuente superficial sin tratamiento. Existen 287 servicios rurales de agua. Sólo uno de estos cuenta con planta de tratamiento, 191 con agua de vertiente, 12 con pozos profundos y 83 con tomas superficiales en ríos.

En el período 1957-1961 se efectuaron proyectos para 70.000 habitantes, o sea algo más del 5% de la población del país.

La última ampliación realizada para el sistema de abastecimiento de agua de San José, data de 1945. El proyecto fue efectuado con la colaboración del SCISP. En 1956 se proyectó el abastecimiento para la ciudad de Guadalupe (20.000 habitantes actualmente). Es la única planta con filtración rápida de Costa Rica.

Sólo se cuenta con dos censos, el de 1925 (incompleto) y el de 1950. Principalmente para la ciudad de San José, la Dirección General de Estadísticas y Censos actualiza anualmente los datos.

Las medidas de consumo pueden evaluarse como buenas sólo en los abastecimientos con planta de tratamiento. Corresponde señalar, sin embargo, que el SCISP ha realizado estudios de consumo, con mediciones pitométricas, en comunidades típicas de distintas regiones del país, según el clima, la posición geográfica, las condiciones locales, etc. Dicho estudio se ha compilado en un folleto.

Las medidas pluviométricas pueden considerarse buenas. Los aforos de cursos de agua son buenos para la ciudad de San José y en general deficientes para el resto del país.

No se ha efectuado ningún estudio de aguas subterráneas, pero el SCISP lo tiene programado.

La creación del SNAA es el paso inicial hacia tal programa. La ley constitutiva exige que lo primero que debe hacerse es el saneamiento del área metropolitana de San José. Se está efectuando un proyecto integral de ampliaciones (nueva toma, 16 Km de acueducto, nueva planta de tratamiento, cañerías maestras y distribuidoras), con un presupuesto estimado en 8.500.000 dólares.

La obra será financiada por el Banco de Exportación e Importación y el Fondo de Préstamos para el Desarrollo, que exigen el asesoramiento de ingenieros especialistas consultores de los Estados Unidos de América, que deben evaluarla.

CHILE

Los proyectos para abastecimientos de agua potable son diseñados por la Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Obras Públicas, la cual no es un organismo autónomo. Su relación con el abastecimiento de agua está limitada a servicios de ingeniería, ofrecidos en parte desde su oficina central y mediante ingenieros de zona. El abastecimiento de agua de Santiago es independiente de Obras Sanitarias. Todos los diseños

para abastecimientos de agua se someten al Ministerio de Salud Pública para que éste los revise y apruebe según su conformidad con las buenas prácticas sanitarias y la pureza del agua. Ningún otro organismo gubernamental aprueba o revisa los diseños. En la actualidad ningún organismo internacional está asociado con estos proyectos.

El Ministerio de Salud Pública está comenzando el diseño y construcción de abastecimientos rurales. Sus esfuerzos están limitados a comunidades de hasta 1.000 personas. Se espera que el Banco Interamericano de Desarrollo ayude a este programa con un préstamo para el cual aún hay que presentar la solicitud. Sin embargo, ya se han realizado algunas mejoras con la ayuda del UNICEF.

No hay normas de diseño escritas para Obras Sanitarias ni para el Ministerio de Salud Pública. Actualmente, Obras Sanitarias está en vías de prepararlas. Dichas normas seguirán las prácticas de los Estados Unidos de América, Alemania y Gran Bretaña, y se espera que tendrán suficiente flexibilidad para poder adaptarse a las condiciones locales, que varían bastante en cuanto a la cantidad y calidad del agua disponible en distintas partes del país. El Ministerio de Salud Pública también está en vías de establecer sus normas, las cuales variarán de acuerdo con el tamaño de la comunidad.

Chile tiene cerca de 25 firmas de ingenieros consultores competentes, disponibles para diseñar abastecimientos de agua. En 1961, aproximadamente el 75% de los proyectos concluidos fue diseñado por ingenieros privados. Tales planos deben ser aprobados por Obras Sanitarias y por el Ministerio de Salud Pública.

Las siguientes obras fueron realizadas en 1961 (un año solamente): 280 proyectos, grandes y pequeños; solamente algunos incluyeron plantas de tratamiento y casi todas las fuentes fueron subterráneas. No se dieron cifras en cuanto a población.

En años recientes, los mayores proyectos han sido:

Santiago—Población, 1.200.000 habitantes. Diseño para la extensión de la planta de tratamiento, en construcción actualmente, por firmas privadas de ingenieros.

Antofagasta—Población, 150.000 habitantes. No tiene planta de tratamiento. Diseñado por Obras Sanitarias en 1958.

Valparaíso—Población, 400.000 habitantes. Diseñado por Obras Sanitarias; no tiene planta de tratamiento. Primera etapa, 1958; segunda etapa, en estudio en la actualidad.

Las obras para pequeñas comunidades se encuentran en la etapa de planificación por el Ministerio de Salud Pública. El trabajo realizado hasta ahora ha sido la construcción de 800 pozos poco profundos, equipados con bombas manuales.

Los últimos tres censos fueron efectuados en 1940, 1952 y 1962. Los estudios sobre consumo de agua, precipitación y aguas subterráneas se consideran buenos. Los estudios sobre flujos de corrientes son bastante buenos.

Hay escasez de ingenieros sanitarios. Los jóvenes no están interesados en entrar en la profesión debido a los bajos salarios. En la mayoría de los casos, los ingenieros de Obras Sanitarias, de la Empresa de Agua Potable de Santiago y del Ministerio de Salud Pública son empleados a tiempo completo. Sin embargo, los bajos salarios estimulan a los ingenieros a dedicarse también a trabajos particulares.

Hay mucho trabajo que hacer y, tomando en consideración el número relativamente alto de ingenieros privados competentes, podría hacerse mucho bien si hubieran fondos disponibles. No se ha establecido ningún programa definitivo con objetivos específicos.

ECUADOR

Para una mejor comprensión de la organización administrativa de los abastecimientos de agua en Ecuador, es conveniente aclarar que las provincias que integran la Nación se hallan divididas en cantones, y éstos en parroquias urbanas y parroquias rurales. Las parroquias urbanas prácticamente constituyen las ciudades. Por lo tanto, la entidad que tenga a su cargo el abastecimiento de agua con jurisdicción cantonal se ocupa también de los problemas de saneamiento rural.

Los organismos que actúan a nivel nacional son los dos siguientes:

a) El Departamento Nacional de Ingeniería Sanitaria, con sede en Guayaquil, con funciones de promoción, control y planificación de abastecimientos, entre otras.

b) El Departamento de Ingeniería Sanitaria del Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP), que efectúa estudios, proyectos, construcciones y asistencia técnica de operación y mantenimiento.

En Quito, la capital, y en todo el cantón de Quito, el abastecimiento de agua está a cargo de la Empresa Municipal de Agua Potable, la cual presta servicios de agua potable exclusivamente, ya que el alcantarillado es atendido por el Departamento de Obras y Plan Regulador de Quito.

Las autoridades de la Empresa Municipal tienen la intención de convenir con el SCISP para que se ocupe de la provisión de agua de las comunidades rurales del cantón.

La ciudad de Guayaquil y el cantón de Guayaquil (parroquias rurales) cuentan con un organismo recientemente creado, la Junta Cantonal de Agua Potable de Guayaquil, que es autónoma y está gobernada por un directorio representativo de las autoridades políticas, técnicas, de la industria y el comercio, de la propiedad, sanitarias y bienestar común, bajo la presidencia del alcalde municipal. Antes de la creación de la Junta, las tareas estaban encomendadas al Departamento Municipal de Agua Potable.

En las otras ciudades, los abastecimientos tienen organismos municipales centralizados.

Hasta la fecha no existen normas nacionales o locales definitivamente aprobadas, pero el Departamento Nacional de Ingeniería Sanitaria ha preparado el primer proyecto titulado: *Normas de abastecimientos de agua en diseño, construcción y mantenimiento*, que ha sido sometido a la revisión y crítica de ingenieros sanitarios, tanto gubernamentales como particulares.

Por otra parte, el Departamento de Ingeniería Sanitaria del SCISP ha efectuado una primera tentativa de normas para ciudades pequeñas, que no han sido aún aprobadas. A título experimental las utilizan en los diseños actualmente en ejecución.

Los abastecimientos de las ciudades mayores se han ejecutado con patrones norteamericanos. Para las comunidades menores, ha habido completa flexibilidad, pero cumpliendo, en todo lo posible, las exigencias del Código Sanitario. En cuanto al grado de potabilidad, en muchas ocasiones ha sido necesario apartarse de las prescripciones internacionales.

Los técnicos locales opinan que deben estudiarse normas adecuadas al ambiente técnico económico de la Nación, y así lo están haciendo. Se espera que para fin de año puedan tener aprobadas las principales normas básicas.

Los sistemas fundamentales de las provisiones de Quito y Guayaquil, han sido diseñados por firmas de los Estados Unidos de América, con la colaboración técnica de organismos gubernamentales. Las ampliaciones de Guayaquil han sido adjudicadas a una firma francesa.

En el período señalado, se han efectuado proyectos, ya sea por empresas privadas, con la fiscalización de organismos técnicos gubernamentales, o por organismos gubernamentales con la colaboración internacional, para 330.000 habitantes (población actual), lo que representa un 8% de la población. En este momento se está estudiando la ampliación del sistema de Guayaquil, para abastecer a unos 200.000 habitantes más. Los datos obtenidos son aproximados.

Durante los últimos 15 años se han proyectado, y en gran parte ejecutado, los mayores abastecimientos, a saber:

Guayaquil.....	440.000 habitantes; el proyecto data de 1945.
Quito.....	330.000 " " " " " 1945 y 1948.
Cuenca.....	65.000 " " " " " 1954.
Ambato.....	46.000 " " " " " 1952.
Esmeraldas.....	26.000 " " " " " 1960.

Ecuador cuenta en la actualidad con unos 4.100.000 habitantes. La Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica calcula que la población total en 1970 será de 5.540.000 habitantes. Es decir, habrá un incremento de 1.440.000 en 10 años, aproximadamente, lo que representa una tasa media de crecimiento anual de un 3,6 por ciento. Los porcentajes de población urbana y rural en el cálculo mencionado son aproximadamente del 33% y del 67%, respectivamente. Se observa que el porcentaje de población influenciado por los proyectos en los últimos cinco años, es en cuanto al crecimiento urbano, y si se considera el crecimiento rural, aún en parte, es mucho menor.

Sólo se cuenta con un censo completo, realizado en 1950. En 1947 se efectuó uno exclusivamente para la ciudad de Quito. Cabe agregar que en 1960 y 1961 el SCISP realizó una Encuesta Sanitaria Nacional de todas las poblaciones hasta el nivel parroquial, habiéndose censado 655 centros poblados.

En la capital y en Guayaquil las medidas de consumo y pluviometría pueden evaluarse como buenas y en el resto del país como deficientes. Los aforos de aguas superficiales y subterráneas pueden considerarse regulares (35% de la provisión es de pozo profundo) en Quito, deficientes en Guayaquil, y prácticamente no existen en el resto del territorio.

El Departamento de Ingeniería Sanitaria del SCISP está poniendo especial énfasis en el saneamiento de comunidades menores. En 10 años ha efectuado 54 diseños y 26 construcciones y cuenta con planes mayores para los venideros. El 60% de las inversiones está a cargo del Ecuador y el 40% de los Estados Unidos de América. En cuanto al cantón de Quito, el radio servido actualmente es sumamente amplio, llegando los beneficios del agua potable controlada a lugares muy humildes y en forma muy económica—4 sucres al mes (aproximadamente EUA\$0,20).

La Junta Cantonal de Guayaquil está preparando los diseños de ampliaciones de su sistema necesarias para servir 200.000 habitantes más.

EL SALVADOR

El país tiene un área de 20.000 kilómetros cuadrados, aproximadamente, y una población de cerca de 2,6 millones de habitantes. La densidad demográfica es de 130 habitantes por kilómetro cuadrado, lo que representa una de las más altas en Latinoamérica.

Actualmente, los servicios de agua se encuentran bajo el control de una institución autónoma creada por ley de octubre de 1961, habiendo iniciado sus actividades durante 1962.

Esa ley estableció la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), con el fin de proveer y ayudar a proveer a los habitantes de la República de acueductos y alcantarillados, mediante la planificación, financiación, ejecución, operación, mantenimiento, administración, y explotación de las obras necesarias o convenientes. Anteriormente, los servicios se encontraban bajo la Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas. El personal ha sido aprovechado en la organización del nuevo organismo.

No obstante, la misma ley que creó la ANDA estipula que "las disposiciones de esta ley nunca estarán en contravención con las normas sanitarias dictadas por la Dirección General de Sanidad, en cuanto a la calidad higiénica de las aguas de consumo y en cuanto al grado de depuración a que deberán someter las aguas residuales para la debida protección de los cauces naturales y de los cuerpos de agua superficiales". La Dirección pertenece al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, y los asuntos sobre abastecimientos de agua son tratados en la División de Ingeniería y Saneamiento.

La política seguida antes de crear la ANDA consistía en que la Dirección de Obras Hidráulicas proyectara o construyera los servicios, entregándolos luego a las municipalidades para su operación. Debido al poco tiempo que el nuevo organismo lleva funcionando, la situación actual es aún de transición y de organización.

Como caso especial, existe el abastecimiento del puerto de Acajutla, independiente de la ANDA, habiéndose creado un comité especial para la construcción de las facilidades del puerto, con autoridad sobre todos los servicios necesarios, inclusive el de agua.

La preparación y la publicación de normas para proyectos de abastecimientos de agua han sido bastante limitadas, pudiéndose citar solamente las siguientes: *Requisitos previos a la aprobación de una urbanización residencial con respecto al agua potable*, exigidos por la extinta Dirección General de Obras Hidráulicas y que en esta fase de transición continúan siendo aplicadas por la ANDA.

Todos los proyectos de abastecimiento son elaborados por entidades gubernamentales, con excepción de dos casos en que se contratan proyectos de plantas de tratamiento con firmas privadas. En los últimos cinco años se realizaron cerca de 80 proyectos, representando un 30%, aproximadamente, del total de ciudades del país.

Entre los mayores proyectos se encuentran los siguientes (todos abastecidos por aguas subterráneas):

San Salvador.....	260.000 habitantes actualmente.
Santa Ana.....	80.000 " "
Santa Tecla.....	28.000 " "

Los tres últimos censos demográficos fueron realizados en 1930, 1950 y 1960, respectivamente. Los datos sobre mortalidad y natalidad se consideran muy buenos.

En general, la información sobre consumo de agua y aforos de cursos de agua se considera deficiente; los datos sobre aguas subterráneas regulares, y los datos sobre pluviometría buenos.

Se espera que con la creación de la nueva organización—ANDA—habrá un incremento en las actividades referentes a diseños y construcción de abastecimientos de agua.

GUATEMALA

El país tiene una población aproximada de 4 millones de habitantes, distribuidos en un área de 108.900 kilómetros cuadrados, y divididos en 27 departamentos que abarcan un total de más de 300 municipios.

Los servicios de abastecimiento de agua han sido diseñados y construidos por la Dirección de Obras Públicas del Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas a través del Departamento de Aguas y Drenaje. De acuerdo con la ley, el control de la calidad del agua es responsabilidad de la Dirección General de Sanidad del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

El Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP) trabaja con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, y por su intermedio se han diseñado y construido numerosos abastecimientos de agua. No obstante, el Servicio está en vías de terminar, debiendo finalizar sus actividades este año.

Generalmente, la operación de los servicios es de carácter municipal; sin embargo, hay casos en que existen convenios entre las municipalidades y el SCISP respecto a operación y mantenimiento.

El servicio de agua de la capital pertenece al municipio y se encuentra bajo el control de una Dirección de Aguas encargada de todos los aspectos del mismo. En la capital también opera una compañía particular de abastecimiento de agua.

La sección guatemalteca de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria (AIDIS) patrocinó una serie de reuniones de mesa redonda, integradas por todos sus asociados que trabajan en los distintos sectores, con el propósito de discutir un "Proyecto de Normas Generales para Diseño de Abastecimientos de Agua Potable", el cual fue inicialmente preparado por ingenieros del SCISP e ingenieros asesores de la Oficina Sanitaria Panamericana. Después de aprobado el proyecto, con unas pocas modificaciones, las normas fueron publicadas y adoptadas tanto por el SCISP como por el Departamento de Aguas y Drenaje.

El municipio capitalino ha exigido que las nuevas lotizaciones, en relación al abastecimiento de agua, sigan determinadas instrucciones designadas como *Normas a seguir para la introducción de agua potable a nuevas lotizaciones que hayan sido autorizadas por la Sección de Urbanismo*.

En los últimos cinco años, el SCISP diseñó cerca de 300 abastecimientos de agua, lo que representa aproximadamente un 20% de la población del país. La participación de profesionales o firmas privadas en la elaboración de proyectos ha sido prácticamente nula.

Entre los mayores servicios de agua se encuentran los siguientes: Guatemala (400.000 habitantes actualmente), Mazatenango y Antigua.

Los últimos tres censos demográficos se hicieron en 1921, 1940 y 1950.

Los datos sobre el consumo de agua en la capital y la información sobre aflores de corrientes de agua y aguas subterráneas se consideran buenos. Los referentes al consumo de agua en otras localidades se consideran deficientes, y las medidas pluviométricas regulares.

Desde 1960 existe una Comisión Nacional de Introducción de Agua Potable, que ha venido orientando la política general sobre los abastecimientos de agua. Ya se ha elaborado un plan para el próximo bienio, y se están negociando préstamos internacionales. Se espera que durante los próximos años habrá un gran incremento en las actividades referentes a abastecimientos públicos de agua.

HAITI

Los abastecimientos de agua potable de Haití se encuentran bajo el control de los Servicios Hidráulicos de la República. Este organismo está planeando hacer mejoras en las poblaciones haitianas con la ayuda de préstamos internacionales. Parece no tener relación con otros organismos nacionales. Servicios Hidráulicos limita sus actividades a servicios de ingeniería en los sistemas de agua existentes.

Actualmente no hay en vigor normas de diseño oficiales para abastecimientos de agua potable. En 1961, un Comité llamado Grupo de Abastecimiento de Agua Potable preparó una guía técnica titulada *Manual de normas mínimas para el diseño de abastecimientos de agua potable de aldeas y comunidades rurales*. Dicho Comité estuvo compuesto de representantes de Servicios Hidráulicos, Ministerio de Salud Pública, Departamento de Agricultura (Servicio de Irrigación, Divisiones de Recursos Nacionales y Desarrollo Rural), Obras Públicas, Oficina Sanitaria Panamericana y la Misión de Operaciones de los Estados Unidos de América. Las normas propuestas no han sido aún aprobadas oficialmente, pero se espera que lo serán. Dichas normas son suficientemente flexibles para poder ser aplicadas a comunidades de distintos tamaños, desde comunidades estrictamente rurales hasta ciudades de más de 25.000 habitantes. Un proyecto para el mejoramiento del sistema de agua de Port-au-Prince incluye normas más aplicables a ciudades mayores.

No hay ingenieros privados ejerciendo en el campo del abastecimiento del agua potable en Haití.

Es difícil obtener información sobre las obras realizadas en el país, debido a la falta de archivos. En la actualidad hay un gran proyecto en preparación para Port-au-Prince. Este servirá a una población de 220.000 habitantes, o sea, el 5% de la población total de la República.

El tratamiento de agua no es problema aún. La mayor parte de los abastecimientos se deriva de manantiales. De desarrollarse un programa adecuado, el trabajo se concentraría en abastecimientos obtenidos fácilmente, como los de manantiales.

El único censo oficial se tomó en 1950. Se estima que cualquier otra información básica respecto a índices de consumo de agua, pluviometría, aforo de corrientes, aguas subterráneas, etc., es deficiente.

La capacidad de los ingenieros diseñadores de abastecimientos de agua potable es muy variable, pero algunos son muy competentes. Los salarios gubernamentales son tan bajos que es necesario tener un empleo adicional para poderle hacer frente al costo de vida. Si se iniciara un programa de mejoras, el número actual de ingenieros competentes resultaría muy bajo.

HONDURAS

Por ley del 16 de mayo de 1961 se constituyó el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) con jurisdicción en todo el territorio del país, incluyendo el Distrito Central (ciudades de Tegucigalpa y Comayagüela).

Le corresponde la promoción, estudio, construcción, operación, mantenimiento y administración de todo proyecto u obra de provisión de agua o desagües.

También a nivel nacional actúa la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, que se encarga de los diseños para comunidades

hasta de 1.000 habitantes, y del saneamiento rural. En dicha División actúa como ingeniero asesor un funcionario de la Oficina Sanitaria Panamericana.

Los servicios del Distrito Central, o sea, la capital de la nación, Tegucigalpa, D. C., estuvieron a cargo de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica hasta la creación del SANAA, y a la fecha han sido transferidos.

Desde 1942, ha venido funcionando el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP) que diseñó y construyó 103 abastecimientos que fueron entregados a los municipios y que ahora pasan al SANAA.

Existen las siguientes normas nacionales:

1. *Normas para el diseño de abastecimientos de agua potable* (sobre levantamientos topográficos, dibujo, fuentes de abastecimiento, población de diseño, dotaciones, períodos, captaciones, pozos, conducción, almacenamiento, distribución y memoria descriptiva).

2. *Normas para la construcción de abastecimientos de agua y alcantarillados sanitarios* (sobre transportes, excavaciones, instalación de tuberías, accesorios, pruebas contra fugas, desinfección, rellenos, materiales para juntas, estaciones de bombeo, obras de concreto).

3. En estudio: *Normas para el diseño de plantas de tratamiento de agua potable*.

4. En estudio: *Reglamento sobre suministro y uso de servicios de agua y servicios de alcantarillado*.

5. *Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable en comunidades rurales con población hasta de 1.000 habitantes*. Estas normas están en uso en la División de Saneamiento Ambiental. No se recomienda ninguna norma extranjera, sin embargo, se consultan en cada caso.

El inciso d) del Artículo 2° de la Ley Constitutiva del SANAA, establece que a éste le compete la aprobación o desaprobación de diseños y planos y la vigilancia de las construcciones de las obras de saneamiento que se construyen con carácter particular.

La población actual de Honduras es de 1.880.000 habitantes. Aproximadamente el 67% se encuentra en el área rural y el 33% en el área urbana. El Distrito Central (Tegucigalpa, D.C.) cuenta con 140.000 habitantes. Existen 227 municipios, siendo el más importante el de San Pedro Sula, con 41.000 habitantes. Le siguen cuatro con más de 10.000 y menos de 20.000; nueve entre 5.000 y 10.000, y unos 60 entre 1.000 y 5.000. Además de los municipios existen 9.814 aldeas y caseríos.*

Se estima que para 1990 habrá una población total en el país de 4.500.000 habitantes.

En 1945, la población del Distrito Central de Tegucigalpa era de 56.000 habitantes, es decir, que ha crecido más del doble en 16 años.

En un período de cinco años, se han proyectado abastecimientos para unos 82.000 habitantes, es decir, algo más del 4% de la población del país y un 18% de su población urbana actual.

Los principales proyectos realizados en el país desde 1945 son:

San Pedro Sula	41.000	habitantes	actualmente;	construido	en	1945.
La Ceiba	18.000	"	"	"	"	1961.
Choluteca	10.000	"	"	"	"	1962.
Comayagua	8.000	"	"	"	"	1962.

* Datos aproximados.

Las medidas de consumo pueden considerarse que son deficientes. La pluviometría es escasa, pero las determinaciones que se efectúan pueden evaluarse como buenas. Las descargas de corrientes de agua se estiman deficientes. Hasta 1957, la nación contó con un servicio organizado de aforo de cursos de agua, el cual publicaba los resultados obtenidos. En cuanto a las determinaciones sobre aguas subterráneas, prácticamente no se han hecho.

La nueva institución creada (SANAA) contemplará con todo énfasis el problema del abastecimiento de agua del país, con el apoyo de las organizaciones internacionales citadas.

Antes de la creación del SANAA, el SCISP contrató un especialista para el estudio general de la solución del problema del abastecimiento de agua del Distrito Central de Tegucigalpa (ciudades de Tegucigalpa y Comayagüela). El estudio se realizó en 1961 para una población total de 300.000. Sin embargo, el problema ha pasado a manos del Servicio Autónomo, y se piensa realizar un estudio final y detallado.

En el programa para poblaciones menores se prevé que en el futuro los abastos serán principalmente de agua subterránea. Sólo por excepción se usarán fuentes superficiales. En la actualidad, prácticamente la mayoría de la población está servida con aguas superficiales sin tratamiento, y en alto porcentaje sin cloración.

MEXICO

México tiene una población de 35 millones de habitantes, y ocupa un área de 1.969.300 kilómetros cuadrados. Se divide en 29 estados, dos territorios y un Distrito Federal, en el cual se encuentra la capital, con cinco millones de habitantes, aproximadamente.

Los servicios de abastecimiento de agua están a cargo del Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la cual, además de los problemas sobre aguas y alcantarillados, tiene a su cargo los estudios y obras de irrigación y control de cursos de agua. La Secretaría se divide en dos Jefaturas, la de Agua Potable y Alcantarillado, y la de Irrigación y Control de Ríos.

La Jefatura de Agua Potable y Alcantarillado comprende las Direcciones de Estudios y Proyectos, Construcción y Operación y Conservación.

Los proyectos para los nuevos abastecimientos son elaborados por la Dirección de Estudios y Proyectos. La Dirección de Operación y Conservación, además de las obligaciones específicas indicadas en su título, se encarga del diseño de ampliaciones o modificaciones de los sistemas existentes.

La Secretaría de Salubridad y Asistencia es otra entidad federal que tiene a su cargo los abastecimientos de agua para pequeñas comunidades rurales, cuando éstas forman parte del programa general de saneamiento ambiental. La misma Secretaría tiene la obligación de actuar como organismo técnico, normativo y a cargo del control de la calidad del agua.

Existen numerosos abastecimientos municipales siendo el más importante el de la capital. Dentro de la organización de la municipalidad existen la Dirección de Recursos Hidráulicos, con sus oficinas de Planificación, Estudios y Proyectos, Construcción y Administración, con las atribuciones indicadas, y la Dirección de Aguas y Saneamiento, dedicada a la operación y conservación de sistemas de agua. Anteriormente, los proyectos de abastecimiento de agua de nuevas urbanizaciones estaban a cargo de los mismos urbanizadores, pero en la actualidad se prohíben nuevas lotificaciones.

Prácticamente, la totalidad de los estudios y proyectos es elaborada por las secciones

técnicas de la Secretaría de Recursos Hidráulicos sin la participación de profesionales o firmas privadas. Los proyectos han seguido los criterios internos de las respectivas secciones, no existiendo normas publicadas de carácter general sobre la elaboración de los mismos.

No obstante, existen normas y especificaciones bastante extensas y completas sobre contratos y métodos para construcciones diversas; tipos, calidad y recibo de materiales; perforación de pozos, etc. La Secretaría piensa publicar durante el año en curso una colección completa, en tres volúmenes, de todas las normas y especificaciones existentes.

Varios departamentos desean preparar normas escritas para proyectos de abastecimiento de agua, tomando en consideración aguas subterráneas, plantas de tratamiento, sistemas de distribución, etc.

Las obras realizadas en los últimos cinco años incluyen cerca de 500 nuevos abastecimientos para comunidades de diferentes tamaños. Entre los mayores se encuentran los siguientes:

Puebla—Aguas subterráneas, para la población actual de 285.000 habitantes y futura de 500.000; construida en 1960.

Mérida—Agua tratada, inclusive ablandamiento, para la población actual de 175.000 habitantes y futura de 250.000; construida en 1961.

Tijuana—Agua tratada, conducción cerca de 200 kilómetros, para la población actual de 150.000 habitantes y futura de 300.000. (En estudio).

Los últimos tres censos demográficos se hicieron en 1940, 1950 y 1960.

La información sobre el consumo de agua y las aguas subterráneas es considerada deficiente. Los datos sobre aguas pluviales y fluviales se consideran buenos.

NICARAGUA

El Departamento Nacional de Servicios Municipales, se ocupa de los abastecimientos de agua y depende directamente del Ministerio de Fomento y Obras Públicas. Su acción se extiende a toda la nación, con excepción de Managua, que tiene un organismo propio autónomo.

El Departamento diseña, construye y opera los servicios. Estos pueden ser rescatados por los respectivos municipios, cuando la obra se halla amortizada.

Además, se encuentra el Departamento de Ingeniería Sanitaria del Ministerio de Salubridad Pública, que tiene principalmente funciones de saneamiento del medio rural y de estudio de las aguas subterráneas.

La Agencia para el Desarrollo Internacional y el Gobierno Nicaragüense, han formado la Organización Nicaragüense Americana de Cooperación Técnica (ONACT), para colaborar técnica y financieramente en el plan del Departamento mencionado del Ministerio de Salubridad Pública.

En el área de la capital, actúa la Empresa Aguadora de Managua, estatal y autónoma, con presupuesto de gastos y recursos propios e independientes.

Algunos municipios atienden sus propios servicios. Debe mencionarse el correspondiente a la ciudad de Matagalpa, por ser el único con planta de tratamiento. Fue diseñado por una empresa extranjera por encargo del Municipio, sin intervención de los ingenieros de los departamentos citados anteriormente.

No existen normas de diseño nacionales o locales. La Empresa Aguadora de Ma-

nagua formuló, en 1957, algunas recomendaciones que se tuvieron en cuenta para llevar a cabo el proyecto de ampliaciones de los servicios.

No se recomienda ninguna norma extranjera, pero al preparar los proyectos son consultadas y aplicadas con flexibilidad. El Departamento de Servicios Municipales está preparando normas para diseño con carácter de recomendaciones, es decir, los proyectistas podrán apartarse de ellas, pero mediante adecuada justificación.

Nicaragua tiene en la actualidad 1.500.000 habitantes, de los cuales unos 180.000 aproximadamente habitan en la capital. La población urbana suma unos 600.000 habitantes (40%) y la rural 900.000 habitantes (60%).

En el período 1957-1961 se han efectuado proyectos para 310.000 habitantes (población actual) lo que representa algo más del 20% de la población total del país y del 50% de su población urbana.

Los proyectos de mayor importancia realizados son:

1. La ampliación del sistema de provisión a la ciudad de Managua, cuya solución general fue estudiada por una empresa extranjera. Actualmente, la ciudad cuenta con 14.000 conexiones que sirven a 120.000 habitantes. El proyecto es para 220.000 habitantes más.

2. Ciudad de León (52.000 habitantes), diseñado en 1960, con fuente de agua subterránea.

3. Ciudad de Granada (34.000 habitantes), diseñado en 1961, con fuente de agua subterránea.

4. Ciudad de Matagalpa (15.000 habitantes), diseñado en 1961, con fuente de agua superficial y planta de tratamiento.

5. Ciudad de Diriamba (13.000 habitantes), diseñado en 1956, con fuente de agua subterránea.

Se cuenta con dos censos, el de 1940 y el de 1950. Las medidas de consumo de agua pueden considerarse buenas. En Managua y Matagalpa, los servicios son medidos, aunque hay también tarifa por cuota fija. En el interior, los abastecimientos de agua subterránea (sin clorar), son todos medidos. Las provisiones con agua superficial, sin tratamiento ni desinfección, son gratuitas y no son medidas.

La pluviometría es buena en el área de la capital y deficiente en el resto del país.

Los aforos de aguas superficiales son escasos y los de aguas subterráneas deficientes. El estudio de los mantos acuíferos será programado y efectuado por la ONACT.

Los ingenieros del Departamento de Servicios Municipales manifestaron que se está estudiando la creación de una entidad autónoma, de jurisdicción nacional, para el proyecto, construcción, operación, mantenimiento y administración de los servicios de agua y alcantarillado. Se intensificarán en el mayor grado posible las obras de abastecimientos. Las correspondientes a las comunidades mayores de 500 habitantes estarán a cargo del Departamento de Servicios Municipales, y las menores, con saneamiento rural integral, estarán a cargo del Departamento de Ingeniería Sanitaria del Ministerio de Salubridad Pública y de la ONACT.

En dichas obras se tratarán de evitar las plantas de tratamiento, en vista de los costos de los agregados químicos. En lo posible, se les abastecerá con agua de pozos profundos.

PANAMA

Los servicios de abastecimiento de agua fueron centralizados recientemente en una entidad autónoma del estado, con personería jurídica, patrimonio propio y au-

tonomía en su régimen interior, denominada "Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales" (IDAAN).

Como objetivo, el Instituto "tendrá todas las funciones relacionadas con la planificación, investigación, diseño, dirección, construcción, inspección, operación, mantenimiento y explotación de los sistemas de acueductos y alcantarillados de la República".

La nueva entidad inició sus actividades a principios de 1962 encontrándose, por consiguiente, en una etapa de transición y organización. Anteriormente, los abastecimientos de agua estaban a cargo de la División de Ingeniería Sanitaria del Ministerio de Trabajo, Previsión Social y Salud Pública, a través de la Comisión de Acueductos y Alcantarillados.

El país se encuentra prácticamente dividido en dos partes debido a la Zona del Canal, que está bajo jurisdicción extranjera. Las ciudades de Panamá y Colón compran agua tratada de instalaciones de la Zona del Canal.

Como parte de su programa de saneamiento ambiental, el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP) ha realizado obras de abastecimiento de agua para pequeñas poblaciones rurales.

Recientemente la sección local de la AIDIS (PAN Aidis) revisó un trabajo del Comité de Normas de dicha Asociación, que fue publicado como borrador, titulado "Normas de Diseño de Abastecimientos de Agua". Esas normas están siendo utilizadas provisionalmente por el IDAAN.

En general, los proyectos para ciudades pequeñas han sido realizados por organismos gubernamentales, mientras que el diseño general para el abastecimiento de agua de la capital fue preparado por una firma privada extranjera. La participación de firmas profesionales nacionales independientes en la realización de proyectos ha sido mínima.

Durante los últimos cinco años, cerca de 35 nuevos proyectos de abastecimiento de agua fueron realizados en el país. Entre los mayores, todos con distribución de agua tratada, se encuentran los siguientes:

Panamá.....	275.000 habitantes actualmente.
David.....	30.000 " "
La Chorrera.....	20.000 " "

Los últimos tres censos demográficos se hicieron en 1940, 1950 y 1960. Los datos sobre el consumo de agua en las ciudades de Panamá y Colón han sido clasificados como buenos, al igual que la información sobre aguas pluviales. Los informes sobre mediciones en cursos de agua pueden clasificarse como regulares, pero datan de poco tiempo. Las observaciones sobre aguas subterráneas fueron clasificadas como deficientes.

Con la creación de la nueva organización—IDAAN—y la negociación de créditos internacionales, se espera que habrá un aumento en las actividades de proyectos y construcción de abastecimientos de agua.

PARAGUAY

Hasta la fecha, prácticamente sólo la ciudad capital, Asunción, tiene servicio público de abastecimiento de agua, cuya inauguración data del 15 de agosto de 1959.

Se está estudiando la creación de una entidad autónoma destinada al saneamiento en todo el territorio nacional, salvo la ciudad de Asunción, que se llamará: Servicio Autárquico Nacional de Obras Sanitarias (SANOS), como Repartición Nacional

rectora, que será el único organismo responsable de todo lo referente a abastecimientos de agua y a obras de alcantarillado. Existe el proyecto de ley respectiva. En la ciudad de Asunción, exclusivamente, la provisión de agua potable está en manos de la Corporación de Obras Sanitarias de Asunción (CORPOSANA), entidad autárquica. Hay otras dependencias nacionales que se han ocupado de problemas de saneamiento, ya sea urbano o rural, y son:

a) El Departamento de Saneamiento Hidrotécnico y Puertos del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

b) La División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. En esta División colabora como ingeniero asesor un funcionario de la Oficina Sanitaria Panamericana. En Paraguay actúa, además, el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP).

No existen normas de diseño, nacionales o locales. El Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social tiene en preparación el reglamento para el Control Sanitario de Servicios de Agua Potable y, además, ha aprobado las "Especificaciones Técnico Sanitarias para la construcción de pozos excavados en granjas escolares", y las "Especificaciones Técnico Sanitarias y Administrativas para pozos excavados en locales escolares".

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua de Asunción se siguieron las normas de los Estados Unidos de América.

Algunos proyectos realizados para ciudades del interior se han basado en normas europeas, con suficiente flexibilidad para adecuarlas al medio local.

Hay intención de estudiar normas, con la intervención de funcionarios de los Ministerios de Obras Públicas y Comunicaciones, de Salud Pública y Bienestar Social, del Interior, de la CORPOSANA, del Centro Paraguayo de Ingenieros y de la AIDIS.

La actividad de los ingenieros particulares en el ejercicio de la ingeniería sanitaria, es aún muy limitada. El diseño para la ciudad de Asunción fue efectuado por una firma de los Estados Unidos de América.

Se proyecta que todo nuevo diseño deberá contar con la aprobación, ya sea del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social o del organismo nacional autárquico a crearse.

Paraguay tiene en la actualidad alrededor de 1.800.000 habitantes, de los cuales más de 280.000 pertenecen a Asunción. Luego siguen unas 10 ciudades con más de 10.000 y menos de 20.000 habitantes y 30 entre 2.000 y 5.000 habitantes. Por lo tanto, aproximadamente el 65% de la población habita en comunidades menores de 2.000 habitantes, o en el medio rural.

En el período de cinco años de 1957-1961, se han efectuado proyectos para abastecer de agua a 320.000 habitantes (población actual), lo que representa un 17% de la población actual total del país (datos estimados). El proyecto más grande realizado corresponde a Asunción. Le sigue el efectuado para las ciudades de Concepción (20.000 habitantes) y San Lorenzo (15.000 habitantes).

Sólo se cuenta con un censo completo realizado en 1950. En la ciudad capital, las medidas del consumo de agua pueden valorarse como buenas, pero no existen en el resto del país. La pluviometría puede evaluarse como regular. La medida de descargas de corriente de agua es deficiente, salvo la correspondiente al Río Paraguay, frente a Asunción, y al Paraná, frente a Encarnación, y prácticamente no existen datos sobre aguas subterráneas.

La creación de SANOS es el paso inicial para un programa de mejoramiento de los abastecimientos de agua.

PERU

Los diseños de obras de abastecimiento de agua potable para las ciudades del Perú son responsabilidad de la Subdirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Fomento y Obras Públicas, la cual no es un organismo autónomo. Un decreto presidencial de 1947 requiere que todo plan para la construcción, reparación o modificación de obras de tratamiento y abastecimiento de agua debe ser aprobado por la Dirección General de Salud Pública pero, aparentemente, no se sigue esa práctica.

Se ha concluido un arreglo tentativo entre Obras Sanitarias y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, mediante el cual el Ministerio suministrará agua a poblaciones de menos de 2.000 habitantes. Los planes para estas poblaciones se harán con la cooperación del Servicio Especial de Salud Pública (SESP). Se confía obtener un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo para el financiamiento de este plan.

También hay organismos locales, creados por autoridades de la localidad, para construir abastecimientos de agua potable, generalmente para poblaciones pequeñas. Estos son financiados por asignaciones de dinero hechas por el gobierno central. Teóricamente, esos organismos locales siguen las normas de diseño de Obras Sanitarias y sus proyectos deben ser sometidos a dicha autoridad central; sin embargo, frecuentemente no lo son.

Hay varias normas escritas, supuestamente para orientación de Obras Sanitarias. Estas cubren conexiones domiciliarias preparadas hace algún tiempo (1945). Existen también algunas reglamentaciones sobre requisitos sanitarios, preparadas por la Dirección General de Salud Pública en 1947. Se informa que estas reglamentaciones están siendo revisadas. Hay asimismo algunas normas escritas, preparadas por Obras Sanitarias, que regulan la distribución de agua en áreas en desarrollo en Lima, las cuales se utilizan extensamente para otras ciudades.

Generalmente, las prácticas de diseño siguen las de los Estados Unidos de América, ya que muchos ingenieros han estudiado en ese país. Algunos de los requisitos son flexibles, otros no. Existen diferencias para ciudades grandes y pequeñas.

Hay varios ingenieros privados competentes disponibles para diseñar abastecimientos de agua potable. Se informa que del 15% al 20% del trabajo realizado bajo la supervisión de Obras Sanitarias en los últimos cinco años fue hecho por ingenieros privados. Los diseños deben ser aprobados por Obras Sanitarias, así como cualquier modificación posterior de planos o especificaciones.

Se calcula en 300 el número de proyectos diseñados por Obras Sanitarias durante los años 1957-1961, sin incluir los grandes proyectos. Las ciudades servidas constituyen el 21% del número total de ciudades, con una población total de 1.200.000 habitantes, o sea, 11% de la población del país. Treinta de los proyectos, o sea el 10%, incluyeron plantas de tratamiento. Las fuentes de abastecimiento fueron: pozos, 30%, manantiales, 40% y superficiales, 30%.

Los mayores proyectos diseñados recientemente incluyen los siguientes:

Lima—Diseño para la expansión de la planta de tratamiento, para servir a 1.700.000 personas, en proceso actualmente.

Arequipa—Expansión de la planta de tratamiento y sistema de distribución, sirviendo a 140.000 personas, completado en 1959.

Chiclayo—Nueva planta de tratamiento, sirviendo a 70.000 personas, completada en 1957.

Los últimos tres censos se tomaron en 1876, 1950 y 1961. Los estudios de índices de consumo de agua, aguas pluviales y subterráneas son deficientes. Se informa que los estudios sobre flujos de corrientes superficiales son adecuados.

No hay escasez grave de ingenieros. Solamente los jefes de departamento son empleados a tiempo completo. Otra circunstancia desfavorable es que el Gobierno no hace suficiente uso del servicio de sus ingenieros, y por consiguiente, el progreso de éstos en el Gobierno es lento. Como resultado, los jóvenes ingenieros se muestran reacios a entrar a empleos gubernamentales, y se hace difícil que el Gobierno retenga los servicios de los ingenieros más competentes.

Muchos de los problemas de ingeniería se podrían eliminar si el Gobierno desarrollara un programa adecuado para el mejoramiento de los abastecimientos de agua potable, servicio que, por supuesto, es imprescindible para todas las ciudades del país.

El programa de abastecimiento de agua para zonas rurales se encuentra en la etapa de planificación. Su objetivo inmediato es servir a 210.000 personas y ya se han hecho planes para servir a 99 poblaciones de menos de 2.000 habitantes cada una. Los costos de construcción serían cubiertos con fondos recibidos en parte de un préstamo que se gestiona ante el Banco Interamericano de Desarrollo. Se espera que el 50% de la población rural del país será servida en 10 años.

REPUBLICA DOMINICANA

Las obras de abastecimiento de agua potable de la República Dominicana son responsabilidad de la División de Recursos Hidráulicos del Ministerio de Agricultura. Su función no está sujeta a revisión o aprobación por parte de ningún otro organismo gubernamental. Es responsabilidad del Ministerio de Salud y Previsión Social examinar la potabilidad del agua una vez que el sistema haya sido construido.

No hay normas escritas para el diseño de los abastecimientos de agua. Las prácticas seguidas hasta hoy se asemejan a las de los Estados Unidos de América. No obstante, se han usado con cierta flexibilidad, según las condiciones locales. Los ingenieros de Recursos Hidráulicos opinan que las normas escritas son sumamente deseables.

Hay varias firmas privadas competentes disponibles para realizar obras de diseño sanitario.

El país está saliendo de un período de estancamiento en cuanto al mejoramiento de abastecimientos de agua potable se refiere. Por consiguiente, la información disponible es inadecuada. Se calcula que las siguientes obras se ejecutaron durante el período de 1957 a 1961: 15 proyectos para servir al mismo número de ciudades, o sea 20% del número total de ciudades, sirviendo a 30.000 habitantes, ó 1% del total de la población. De estos proyectos, ocho incluyeron tratamiento de agua y, en cada caso, filtros de arena lentos. Dos de ellos fueron provistos de galerías filtrantes.

Los tres proyectos mayores fueron realizados para servir a un mismo número de ciudades, cada una de 4.000 personas. Todos estos incluyeron plantas para tratamiento de agua.

Actualmente una firma local privada de ingeniería está haciendo un estudio para la expansión del sistema de agua que abastece a la ciudad de Santo Domingo. Se espera obtener un préstamo para cubrir parte del costo.

En 1935, 1950, 1955 (parcial) y 1960, se realizaron censos. Los censos de 1950 y 1960 son considerados confiables. La información referente a índices de consumo de agua e investigación de aguas subterráneas es considerada inadecuada. La información sobre aguas pluviales es escasamente adecuada. Durante seis años se han hecho informes sobre flujos de corrientes.

No hay empleados a tiempo parcial, y los funcionarios actuales esperan que los salarios puedan mantenerse suficientemente altos para evitar la práctica no satisfac-

toria del trabajo a tiempo parcial. Sin embargo, hay una grave escasez de personal profesional técnicamente preparado para diseñar abastecimientos de agua potable y otras obras sanitarias. Los funcionarios creen que se necesita un programa estimulante para ayudar a reclutar todos los tipos de profesionales y personal auxiliar necesarios para los abastecimientos de agua.

Los ingenieros de Recursos Hidráulicos esperan poder iniciar y completar un programa que verdaderamente mejore la situación del abastecimiento de agua potable de la República. En la actualidad, poco más del 40% de la población urbana está siendo servida. El plan tentativo es aumentar ese porcentaje a un mínimo de 80% a ser servido en 10 años.

URUGUAY

El organismo responsable de diseñar y construir abastecimientos de agua potable es Obras Sanitarias del Estado, que forma parte del Ministerio de Obras Públicas. No es un organismo autónomo, y su relación con las obras de agua potable municipales es solamente la de asistencia de ingeniería. Ningún otro organismo aprueba o revisa sus diseños. En la fecha en que se hizo la visita no existía la cooperación de organismos internacionales.

No hay normas de diseño escritas, pero se siguen prácticas no escritas, las cuales, en algún sentido, siguen las normas de los Estados Unidos de América. Tales prácticas son bastante flexibles, siendo únicas las que se aplican a Montevideo, y en algunos casos, las cifras de diseños sobre consumo de agua varían. Actualmente se están considerando ciertos cambios en las prácticas de diseño.

No hay firmas de ingeniería privadas locales disponibles para diseñar abastecimientos de agua potable. Los planos para la nueva planta de tratamiento de agua de Montevideo fueron preparados por una firma extranjera privada, de acuerdo con las especificaciones de Obras Sanitarias del Estado, habiéndose efectuado un arreglo con la misma firma para una planta en Punta del Este. En años recientes no se ha realizado ningún otro trabajo privado de ingeniería de abastecimiento de agua. Los diseños hechos por ingenieros privados estarían sujetos a la aprobación de Obras Sanitarias del Estado.

El trabajo realizado durante 1957-1961 incluyó lo siguiente: dos proyectos (sin incluir pequeñas extensiones en 10 ciudades) que sirven un total de 40.000 personas, o sea, 1,68% de la población del país. Ambos proyectos incluyeron plantas de tratamiento.

Deben mencionarse dos grandes proyectos, a pesar de que los diseños no se han concluido aún: la planta de tratamiento de Montevideo, que servirá a 1.000.000 de personas y la planta de tratamiento de Punta del Este, que servirá a 300.000 personas.

El último censo se realizó en 1908. Se habla de hacer otro pronto. Obras Sanitarias conduce investigaciones en los edificios de las distintas ciudades antes de preparar los diseños, y calcula de cinco a seis personas por casa.

Los informes básicos sobre consumo de agua *per capita*, sobre aguas subterráneas y flujos de corrientes se consideran adecuados, y los informes sobre aguas pluviales son buenos.

De comenzarse un programa de mejoras de agua, se necesitarían más ingenieros competentes. Todos los ingenieros empleados actualmente en la oficina de Obras Sanitarias lo son a tiempo parcial, los sueldos son considerados como bajos, y la escala de sueldos es inferior a las de otras divisiones del Ministerio de Obras Públicas.

Hay mucho trabajo que hacer, pero la falta de fondos ha impedido la formulación de un programa para realizar mejoras extensas.

VENEZUELA

Los servicios de abastecimiento de agua de Venezuela están a cargo del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), organización dependiente de la Administración Federal, adscrita al Ministerio de Obras Públicas, con personería jurídica autónoma y patrimonio propio e independiente del Fisco Nacional. Tiene la función de diseñar y construir los nuevos sistemas y operar y controlar la mayoría de los existentes. Sin embargo, hay un acuerdo entre el Instituto y el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (SAS), referente a los abastecimientos de agua llamados rurales, que se entiende son los destinados a servir poblaciones hasta de 5.000 habitantes. Bajo la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental se encuentra la División de Acueductos Rurales que, por medio de secciones competentes, se encarga de los proyectos, construcción, control y asistencia técnica.

Tanto INOS como SAS han mostrado bastante actividad en la preparación y publicación de normas para proyectos de abastecimientos de agua, entre los cuales se destacan los siguientes:

1. Instituto Nacional de Obras Sanitarias.

a) *Normas para el diseño de los abastecimientos de agua.* Caracas, 1948. Preparadas con el propósito de "uniformar el diseño de todos los abastecimientos de agua que proyecte el Instituto Nacional de Obras Sanitarias de Venezuela".

b) *Normas de proyectos y especificaciones de materiales para los sistemas de abastecimientos de agua de urbanizaciones.* Caracas, febrero de 1956. Bajo cuya orientación "el urbanizador está obligado a elaborar y entregar al INOS los planos de construcción de las obras del sistema de abastecimiento", destinadas específicamente a la ciudad de Caracas.

2. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. División de Ingeniería Sanitaria, Sección de Acueductos.

a) *Normas para el estudio, diseño y construcción de acueductos en localidades pequeñas.* Caracas, 1960. Destinadas a orientar los proyectos elaborados por la División de Acueductos Rurales para comunidades con menos de 5.000 habitantes.

b) *Normas generales para la presentación de proyectos.* Caracas, marzo de 1962. También para uso de la misma División, y que sirven de complemento a las anteriores.

c) *Normas sanitarias para proyecto, construcción, reparación y reformas de edificios.* Caracas, febrero de 1962. Publicadas en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela el día 26 de febrero de 1962, Número 752 (extraordinario), Bs. 5,00; las cuales incluyen extensos capítulos sobre instalaciones hidráulicas prediales.

Todos los proyectos bajo la responsabilidad de INOS o de SAS son ejecutados por sus propios departamentos técnicos. La colaboración de profesionales o firmas privadas está limitada a ascensoramientos eventuales.

El trabajo realizado en los últimos años ha sido intenso. Los siguientes datos son significativos:

1. INOS—En sus 18 años de actividad, el Instituto ha diseñado y construido, o ha contribuido a construir, obras de abastecimiento de agua para 89 ciudades de más de 5.000 habitantes. En diciembre de 1960 el número de ciudades dentro de esa categoría fue de 157, residiendo en ellas un 62% de la población total del país. En el mismo período, el número de plantas de tratamiento de agua construidas fue de 27.

El Instituto piensa servir, dentro de los próximos 15 años, a un 80% de la población que reside en ciudades de más de 5.000 habitantes, lo que representa un aumento de cerca de 3,5 millones de habitantes en la población a ser servida.

2. SAS—En los últimos cinco años realizó cerca de 200 proyectos de abastecimiento de agua para comunidades hasta de 5.000 habitantes. La producción de la sección de proyectos ha aumentado continuamente, pues del total indicado apenas 40 proyectos fueron realizados en los primeros dos años. En el último año (1961) se ejecutaron 83 proyectos. La sección piensa ejecutar de 100 a 150 en el año en curso.

Entre los mayores proyectos ejecutados por INOS en el país se destacan los de las siguientes ciudades:

1. Caracas—Sirviendo una población total de cerca de 1.300.000 habitantes, con tratamientos, estando en proceso grandes obras para ampliar la capacidad de conducción del sistema.

2. Maracaibo—Sirviendo una población actual de cerca de 5.000.000 de habitantes, habiendo colaborado en el proyecto de la estación de tratamiento una firma privada nacional.

3. Barquisimeto—Sirviendo una población actual de 200.000 habitantes con agua tratada.

Los estudios demográficos necesarios se han basado en los resultados de los censos nacionales efectuados en 1940, 1950 y 1961.

En general, a pesar de que existen servicios para obtener y registrar datos básicos sobre consumo de agua, descargas de cursos de agua y sobre aguas subterráneas, éstos no fueron clasificados como satisfactorios. Sin embargo, los datos pluviométricos se han considerado satisfactorios.

Generalmente, el personal técnico trabaja a tiempo completo, siendo los salarios iniciales de \$600,00 mensuales. Ese sistema ha permitido una especialización considerable de parte de los ingenieros y un nivel de producción bastante elevado.

La colaboración que existe entre la Universidad e INOS y SAS merece mención especial. Esta se refleja en convenios y comisiones con el propósito de incrementar los estudios experimentales y mejorar el medio técnico. Es digno de mencionar el esfuerzo hecho por la Universidad al ampliar sus cursos en el Departamento de Ingeniería Sanitaria y en los trabajos de investigación que han realizado en esa materia.

En los planes para los próximos años se prevé un gran aumento en las actividades. Se está negociando la obtención de financiamientos a través de organismos internacionales. El Gobierno nacional está dispuesto a invertir sumas considerables en los programas de abastecimiento de agua.

Segunda Parte

Temas sometidos a discusión durante el Seminario

Tema I

PREPARACION Y UTILIZACION DE LAS NORMAS DE DISEÑO DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA EN AMERICA LATINA*

ERNEST W. STEEL

*Profesor del Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Texas, Austin, Texas, E.U.A.*

Es opinión del autor que cada país o cada subdivisión política o administrativa del mismo, que ejerce autoridad en el diseño de los abastecimientos de agua, debe poner estas normas por escrito y hacerlas de fácil acceso a cuantas personas estén interesadas en ellas.

La Oficina Sanitaria Panamericana, deseosa de informarse sobre la práctica de diseños en uso en América Latina, comisionó, en abril de 1962, a un grupo de tres ingenieros consultores para que visitasen los países y obtuviesen dicha información. Los consultores visitaron 19 países y formularon en cada uno numerosas preguntas relacionadas, directa o indirectamente, con el diseño de abastecimientos de agua. El Seminario sobre Diseño de Abastecimientos de Agua se ha planeado con los datos así obtenidos. †

Sólo 8 de los 19 países visitados puede decirse que tienen normas de diseño escritas, y de sólo uno de éstos, que sus normas son casi completas. Otros 3 las tienen completas hasta cierto punto, mientras en los restantes los datos esenciales de diseño son incompletos.

Las normas escritas se pueden clasificar de otra manera. Algunas cuentan con la aprobación oficial y han estado en vigor por algún tiempo; tres de ellas, están aún en estado de prueba, bajo estudio con aprobación pro-

visional de las autoridades superiores o en espera de dicha aprobación.

Debe hacerse constar que la falta de normas escritas o parcialmente escritas en muchos países, no significa que ha habido negligencia en la aplicación de normas satisfactorias de diseño para los proyectos de abastecimiento de agua. Se comprobó que los ingenieros a cargo del diseño siguieron prácticas establecidas por cada organismo regulador y que estas normas prácticas no sólo se cumplieron por parte de los ingenieros del gobierno, sino también por ingenieros o firmas privadas contratadas al efecto. También está establecido que los planos preparados por estos últimos se sometían a un organismo oficial para su aprobación antes de dar comienzo a las obras. Otras veces se declaró que se siguieron prácticas de diseño seguidas en Estados Unidos, Inglaterra, Alemania o una combinación de ellas. La información recabada sobre detalles de diseño corrobora que, por lo general, éstos están de acuerdo con prácticas de ingeniería bien acreditadas.

Se encontró que la preparación de diseños se hace por varias agencias del gobierno. Por lo general, dicha preparación y aprobación incumbe al Ministerio de Obras Públicas o a algún organismo similar. Los proyectos de esta índole a cargo de este Ministerio no están sujetos a la aprobación del Ministerio de Salud Pública. Algunas veces se establece que las autoridades de salubridad asuman la responsabilidad de que

* Publicado en el *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, Vol. LV, No. 3 (1963), págs. 277-281.

† Véase págs. 9-44.

el agua suministrada cumpla los requisitos sanitarios.

El Ministerio de Obras Públicas de algunos países, o su equivalente, traza los planos para las ciudades grandes, mientras que al Ministerio de Salud Pública competen los proyectos y normas de diseño para pueblos pequeños y aldeas. Hay divergencias en lo que atañe a la clasificación de ciudades en grandes y pequeñas. En ciertos países la cifra de 5.000 habitantes es la marca divisoria entre ambas clases, mientras en otros, el número límite es menor. En otros países, bien tengan o no normas escritas, la capital no está sujeta a las mismas normas que las demás ciudades, y algunas de éstas, por diversas razones, no están sujetas a la autoridad central. Algunos Estados del Brasil tienen sus propias normas escritas, y los que no las tienen, se atienen muchas veces a las normas de otros Estados; en otras palabras, no hay intención de aplicar un solo sistema a todo el país. En una nación de la extensión del Brasil, con sus grandes variaciones de condiciones locales, este proceder es lógico.

La fecha de adopción de normas escritas, totales o parciales, es reciente en la mayoría de los casos. Algunos de los documentos llevan fecha de 1945, de 1947 o de 1948. Otros países publicaron parte de sus normas en 1953, 1954, 1956 ó 1959. Todos los restantes, que son la mayoría, han puesto por escrito parte de sus normas en 1960, 1961 ó 1962.

La cercanía de estas fechas es muy significativa. Es una indicación del aumento de interés y del convencimiento de los ingenieros de América Latina de que las normas escritas, no son sólo convenientes, sino también una necesidad práctica, para satisfacer la necesidad de abastecimientos de agua de los países. En consecuencia, no es de extrañar que en muchos de los países visitados donde en este momento se carece de normas escritas, los ingenieros responsa-

bles sientan una necesidad imperiosa de ellas.

Este Seminario tiene dos fines. El primero es reunir a un grupo de ingenieros expertos en diseño de abastecimientos de agua para que cambien ideas sobre las normas vigentes al respecto en sus países. El segundo, es fomentar el buen uso de normas escritas en toda América Latina, con ventajas bien definidas. Estas se mencionarán a continuación.

Es cosa por todos admitida que el mejoramiento del abastecimiento de agua en todas las naciones de América Latina supone esfuerzos cuantiosos.

No viene al caso entrar en las razones de la distancia que media entre el agua que se necesita y la que ahora se provee; tampoco procede discutir aquí el significado negativo de esta distancia en salud pública y en la evolución económica de los países de América Latina. Lo que hay que considerar aquí es su impacto sobre la ingeniería, y éste es muy importante.

Evidentemente se necesitarán muchos ingenieros calificados para proyectar los servicios de agua, muchos más que los que ahora prestan servicio en los organismos oficiales. Esto quiere decir que hay que formar más ingenieros y tal vez se requieran más también en las empresas privadas. Es parecer del autor que pueden surgir grandes dificultades, a menos que se cuente con nuevos ingenieros, y en particular, que se informe por escrito a los ingenieros privados de lo que se espera de ellos en este empeño.

Otra ventaja puede ser que las normas escritas se recopilen con mucho esmero, y sólo después de un cuidadoso estudio de todos los asuntos pertinentes. También es de esperar que tales requerimientos o normas sean el resultado de consultas con varios ingenieros bien informados y con organismos oficiales. Los asuntos que tal vez deban discutir y considerar se indicarán más adelante en esta reunión. Las normas

que se obtengan después de este procedimiento serán más completas y estarán mejor concebidas que las hechas al acaso por un proceso evolutivo y sin mucha investigación en ninguna de sus etapas.

El asunto de las normas escritas cobra más importancia si se considera que los fondos procedentes de organizaciones internacionales de préstamo, no sólo suponen una inversión de capital extranjero en América Latina, sino también un poderoso estímulo de la inversión de capital local, y, por consiguiente, los ingenieros deben estar preparados para encauzar todas estas inversiones con acierto y a la mayor brevedad posible. Las normas escritas de diseño serán una gran ayuda. También la aptitud de adjuntar normas escritas de diseño a las solicitudes de préstamos destinados a mejoras de abastecimientos de agua, serán indicio de competencia profesional y probará que no hay el menor recelo de someter los proyectos al examen estricto de las organizaciones de préstamo.

¿Hay desventaja alguna de las normas escritas con respecto a las que no lo están? No acierto a ver alguna importante. De todas maneras, cabe hacer algunas preguntas que mencionaré brevemente.

Se podría objetar que las normas coartan la libertad profesional del ingeniero diseñador. Esta objeción carece de validez. El ingeniero seguirá teniendo que decidir muchas cosas de índole profesional, tales como el escoger la fuente del agua, disposición de las cañerías, tipo y trazado de la planta de tratamiento, por nombrar sólo unas cuantas.

Otra objeción de más importancia es que las normas escritas establecidas carecen de la flexibilidad necesaria para amoldarse al estado de cosas en que se encuentra el abastecimiento de agua en varios de los países. En relación con esto, es justo mencionar que muchos de los ingenieros entrevistados y que están en favor de las

normas escritas, también aconsejaron que debe permitirse cierto grado de flexibilidad de las mismas. Sobre este particular hablaremos después.

Ahora proponemos que en las discusiones de grupo, se trate más por extenso de los métodos de preparación, de ampliación o revisión de las normas. La primera pregunta sobre esto es obvia: ¿A quién compete tomar la iniciativa de establecer las normas, de escribirlas y, finalmente, adaptarlas? Igualmente, es obvia la respuesta: debe ser la institución a que compete velar por el cumplimiento de las mismas. Pueden surgir ciertas complicaciones en los países donde, bien el Ministerio de Obras Públicas o un organismo autónomo sea el encargado de las obras de abastecimiento de agua en las ciudades mayores, y al Ministerio de Salud Pública compete dicha función respecto de los pueblos pequeños y de las zonas rurales.

En pocos países podrán, tanto los estados como ciertas ciudades, actuar independientemente de ambos ministerios. Donde se necesiten varios tipos de normas para afrontar problemas de diversa índole, debe procurarse la más estrecha coordinación posible entre los diversos organismos por medio de conferencias y reuniones.

Son muchos los organismos oficiales que están, directa o indirectamente, interesados en obtener buenos servicios de agua y que pueden o deben estar interesados en establecer buenas normas de diseño. Por supuesto, el Ministerio de Obras Públicas de un país, o su equivalente, y el Ministerio de Salud Pública son los más directamente interesados. El poder ejecutivo deberá interesarse, dado que las normas contribuirán a la expansión de los programas de abastecimientos de agua, lo cual, a su vez, redundará en beneficio de la reputación de la labor gubernativa. También las autoridades financieras deben interesarse, ya que las normas pueden conducir a la consecución de préstamos y tal vez a reducir los gastos. En todo caso,

estarán estos dos ministerios bien penetrados en la materia y en la aprobación de los que se esté proyectando.

Se debe consultar a las escuelas de ingeniería que son parte de las universidades, o invitar a representantes de las mismas, a las reuniones en que las normas se discutan. Es imposible exagerar la importancia de las relaciones del desarrollo de los servicios de agua con las escuelas en donde se forman los futuros ingenieros.

Debe, asimismo, ser consultada la profesión de ingeniería, mediante la sociedad o comité local de ingenieros. Si hay ingenieros de amplia experiencia práctica en diseños de agua, hay que obtener su opinión. De todos modos, tales opiniones serán objeto de cuidadoso examen para ver si se basan en meras impresiones o en hechos prácticos.

¿Cuál ha de ser la fuerza legal de las normas? Si son escritas, este asunto es importante. Se comprende que al opinar sobre materias legales un ingeniero pisa terreno débil. Sin embargo, los abogados no rehusan su opinión sobre cualquier tema; del mismo modo debe permitirse a los ingenieros hablar de materias legales concernientes a su profesión.

Las normas escritas no debieran ser leyes. Es decir, leyes que tenga que aprobar, modificar, o cambiar, el poder legislativo de la nación, cuando sea necesario. La inflexibilidad de tal método de controlar los trabajos de diseños de agua es clara para cualquier ingeniero. Lo que conviene es la alternativa de una serie de regulaciones que tengan la fuerza de ley, que puedan aplicarse y modificarse cuando el avance técnico lo justifique o las condiciones en un país progresen en tal forma que sea necesario mejorarlas.

Es seguro que en cualquier país puede encontrarse algún método que permita que las regulaciones sean escritas por un organismo responsable y que se apliquen previa la aprobación del ministro de cuya dirección

dependa tal organismo. En forma similar, pueden efectuarse las modificaciones o cambios de las regulaciones con la simple aprobación del ministro. Dado que a los ministros los nombra el jefe del poder ejecutivo, quien, a su vez, es electo, estos trámites se ajustan a las normas democráticas.

Las normas o regulaciones, su forma exacta y los detalles que deben abarcar, serán expuestos por otras personas en este Seminario. Se debe mencionar aquí otro asunto general. En países donde no hay normas escritas, se nos informó que, en ciertos casos, se aplican las de Estados Unidos, de Inglaterra o de algún otro país. Una investigación más a fondo nos permitió saber que tales prácticas no se seguían con exactitud y que los países se desvían de ellas en grado considerable para poder atemperarlas a sus condiciones locales. Desde luego, todos los ingenieros saben que hay mucho por aprender de las prácticas y métodos seguidos con éxito en otros países. Pero antes, debemos saber si tales prácticas son por entero satisfactorias y aplicables a condiciones locales. Sería lamentable que las normas operasen de tal manera que acrecentaran el costo o que atrasaran o interrumpiesen el mejoramiento de los servicios de agua. Las normas deben también atemperarse a la destreza del personal encargado de operar los servicios de agua.

¿Cuán flexibles deben ser las normas? Desde luego, es necesario cierto grado de flexibilidad. No es posible que las normas escritas satisfagan en medida suficiente cualquier condición que pueda surgir. Por esto debe haber una disposición que autorice al jefe o al organismo encargado del cumplimiento de las normas a permitir su exención en ciertos casos muy especiales. Debe ser misión del ingeniero que pide la exención de la norma el probar la necesidad de tal medida.

Es de creer que al mencionar los ingenieros la necesidad de normas flexibles, les preocupa

la amplia diferencia de necesidades de abastecimiento de agua entre las grandes ciudades, los pueblos y aldeas. Este es un punto muy importante, y un problema que existe en los países latinoamericanos. Pero creemos que se puede resolver estableciendo diversas categorías de ciudades y pueblos de acuerdo con su número de habitantes y determinando el consumo de agua por persona en estas categorías. Se puede averiguar por separado el consumo industrial, el comercial, el de protección contra incendios donde sea justificado, y todo ello se suma al consumo doméstico. A partir de esto se pueden determinar cifras de las demás partes del sistema de abastecimiento de agua, como la red de distribución, la capacidad de almacenamiento y de la planta de tratamiento, etc.

Sin embargo, hay que indicar que el consumo de agua debe basarse en datos válidos y seguros. El valor de las normas no podrá superar el de los datos en que éstas se fundan. La adopción de normas, a menos que tengan carácter de ensayo y

estén sujetas a futuros cambios, debe ir precedida de una investigación cuidadosa de los datos básicos. Las normas nunca deben basarse en supuestos o en cifras cuya única autoridad sea el haber sido aplicadas por largo tiempo.

Finalmente hay que dejar constancia de no haber dicho en este trabajo nada que implique la creencia de que es posible establecer un grupo uniforme de normas aplicables en toda América Latina. Es muy posible, y esto se discutirá luego, que se pueda adoptar una nomenclatura profesional y una terminología de ingeniería sanitaria uniformes y utilizables con normas individuales. Se espera también que este Seminario refuerce el interés y la actividad en el análisis y mejora de las normas vigentes, y que el intercambio de ideas no cese al tocar a su fin esta reunión. Como visitante y observador de América Latina, el autor cree que serán muy estimulantes y provechosas relaciones más estrechas entre los múltiples países, tanto en lo que atañe a materias de ingeniería, como a otros asuntos.

Tema II

INFORMACION BASICA E INTERCAMBIO DE INFORMACIONES EN LA FORMULACION DE NORMAS

HAROLDO JEZLER

Consultor de la Oficina Sanitaria Panamericana

CARACTERISTICAS DE LA NORMALIZACION

En una reunión destinada a discutir normas para diseño y, especialmente, teniendo en cuenta su carácter internacional, nos parece apropiado suscitar la cuestión de la definición de los términos.

Es una observación de carácter elemental que, en numerosas circunstancias, la falta de entendimiento resulta solamente de la falta de términos para señalar ideas comunes a los interlocutores o por el empleo de un mismo término que tiene distintos significados para los que lo utilizan. Frecuentemente subestimamos la enorme importancia del lenguaje en nuestra vida diaria; frecuentemente discutimos términos y no ideas; frecuentemente vivimos en un mundo de palabras y no de actos. Paradójicamente, el lenguaje es el arma más poderosa desarrollada por la evolución como un medio para transmitir experiencia y por tanto acumularla. A menudo, el mismo lenguaje se convierte en un obstáculo para la propagación de ideas, haciendo necesario por consiguiente destacar siempre el carácter convencional del mismo. Si tales dificultades ocurren entre interlocutores de un mismo país o de un mismo nivel o de una misma familia, éstas aumentan enormemente en reuniones internacionales. En estos casos, hasta cuando los diversos países utilizan el mismo idioma o idiomas semejantes, es necesario procurar siempre identificar los

actos y las ideas en sí mismas, independientemente de los términos utilizados para definirlos. Es menester reconocer que muchas veces divergencias aparentes de opinión resultan solamente de la impropiedad o insuficiencia del lenguaje.

Por eso nos parece que la primera etapa de cualquier intento de normalización debe iniciarse con una definición clara y precisa de la terminología a utilizar.

Intentaremos definir el ámbito de trabajo de la normalización diciendo que el propósito de las normas es codificar las relaciones técnicas entre abastecedores y consumidores, ambos términos entendidos en el sentido más amplio posible, comprendiendo las relaciones entre vendedores y compradores o entre profesionales y clientes. Las normas tienden a contener todos los aspectos técnicos involucrados en tales relaciones, estableciendo los requisitos que los materiales deberán satisfacer, los métodos para verificar si se han cumplido efectivamente tales requisitos, la manera de aplicar tales materiales, las formas de definir responsabilidades, de establecer condiciones por las cuales los materiales puedan ser intercambiados, de prestar servicios, de registrar datos para que sean comparables, de contratar, juzgar y remunerar, etc., ampliándose cada vez más el ámbito de la normalización para satisfacer las necesidades de esta era industrial y para colocar en bases seguras todas las transacciones en que intervengan cuestiones técnicas.

Una norma que tienda a establecer relaciones técnicas en un determinado sector de actividades raramente podrá ser completa en sí misma. Aseméjense así a las industrias que en nuestra forma de vida pocas veces son completas en sí mismas, por ser además de abastecedoras también consumidoras. Tal como la industria, a fin de establecer o satisfacer las normas para sus productos, dependerá de un sinnúmero de otras normas, también una norma cualquiera dependerá de numerosas otras y a su vez condicionará otras tantas. El proceso de normalización, una vez iniciado, no se detendrá; a cada paso será necesario abordar nuevas actividades y con frecuencia revisar y actualizar las normas existentes.

Intentar abordar el problema de la normalización técnica en una forma absolutamente sistemática es una tarea casi imposible o que exigiría un plazo larguísimo. En cambio, el esfuerzo de normalización es urgente y, lejos de ser una actividad académica, lo que se está tratando de hacer es atender las necesidades inmediatas impuestas por la práctica diaria. De este modo las normas procuran abordar siempre los problemas a solucionar de acuerdo con la necesidad más urgente.

Las normas evolucionan de la misma manera que evoluciona la vida, produciendo siempre nuevas formas que se adapten mejor a las circunstancias del momento; así, formas o normas obsoletas o inadaptables serán abolidas o substituidas con el tiempo. El esfuerzo de normalización intenta regularizar, incrementar, facilitar y asegurar relaciones activas de la más alta importancia práctica. Por lo tanto, las normas deben reflejar esta naturaleza activa, flexible, adaptable, susceptibles a ser substituidas cuando son anticuadas. Esa es otra de sus características prominentes.

En la evolución de las normas no será de extrañar que, por ejemplo, una patronización de las dimensiones de conexiones de hierro fundido se establezca antes de una

especificación de la calidad de ese mismo hierro, o que una norma para establecer honorarios profesionales pueda anteceder la norma para la elaboración de los mismos servicios a cuya regularización se destina. A primera vista podrá parecer extraño que el esfuerzo de normalización deba producirse así, pero en realidad la tentativa de desarrollar un conjunto de normas en forma absolutamente sistemática por lo general ha fracasado. Ha de reconocerse que una norma cualquiera no es un eslabón de una cadena formada por todas las otras normas o un objeto en una sucesión simple, con otras normas que la antecedan y otras tantas que la sucedan. La relación de una norma con las otras, en vez de un eslabón de una cadena se asemeja más a un nudo en una red que se extiende en todas direcciones.

El esfuerzo de normalización puede así iniciarse prácticamente en cualquier punto, en respuesta a un reclamo urgente cualquiera. De una norma tentativa resultarán otras normas necesarias, y el esfuerzo se extenderá en todas direcciones y por fin la norma original subsecuentemente podrá ser en esencia modificada, substituida o desaparecerá, distribuyéndose su contenido entre otras normas. En donde haya un gran esfuerzo de normalización, el nacimiento, crecimiento y muerte de las normas serán actos normales. Otra característica de este esfuerzo es que podrá iniciarse en cualquier punto donde exista una necesidad urgente que debe ser satisfecha, y de este punto proseguirá en todas direcciones.

La idea opuesta sería un desenvolvimiento sistemático del esfuerzo de normalización, partiendo quizás de la normalización de los elementos más simples hasta llegar gradualmente a los aspectos más complejos. Pero esto llevaría a indagaciones infinitas sobre el orden más apropiado a ser seguido. ¿Habrá realmente un orden ideal, o corremos el riesgo de que el esfuerzo no será iniciado nunca, siempre en busca de un punto de partida apropiado? El esfuerzo de nor-

malización para atender demandas prácticas de la mayor urgencia debe efectuarse en forma oportuna. Así, en el ejemplo anterior, la patronización de las dimensiones de conexiones de hierro fundido puede ser establecida perfectamente en un mercado donde dos o tres abastecedores presentan sus materiales de características por lo general satisfactorias, y donde el verdadero problema de los compradores radica en la dificultad de intercambiar esas piezas por presentar dimensiones variadas. Una vez establecida esa patronización de dimensiones, la entrada en el mercado de otros abastecedores con materiales de características no satisfactorias, podrá suscitar la necesidad de contar con especificaciones para la calidad del material; esas especificaciones suscitarán a su vez la necesidad de métodos de ensayo para su determinación. Estos métodos de ensayo comprenderán el empleo de materiales y técnicas que a su vez deberán ser normalizados, y así sucesivamente. Nos parece posible y apropiado que este esfuerzo se desarrolle a medida que se producen las necesidades y de acuerdo con su urgencia, pero nos parece imposible y ajeno a las necesidades técnicas que se intente un esfuerzo para desenvolver sistemáticamente, en un orden estricto, un conjunto de normas.

Las normas difieren de la ley en el sentido jurídico. Se aproximan a ésta cuando imponen determinadas dimensiones, características o métodos de ensayo, y comprenden tanto estos últimos como especificaciones. En cambio, se aproximan más a la ley, en el sentido científico, cuando resumen en un código elaborado dentro de ciertas características técnicas, lo que se constata como usual o de consenso común, en fin, el procedimiento normal en las relaciones técnicas que procuran regular. Donde no existe la práctica no puede haber normas, siendo éstas nada más que la sistematización de aquélla. Es principalmente en este sentido que se ha de considerar y que

consideraremos las normas para la elaboración de diseños.

Esencialmente, la norma debe ser escrita y describir exactamente de qué se trata y cómo se procede. Hasta cierto punto, una norma describe la situación real de algo que es normal, del consenso técnico sobre una determinada cuestión. Este consenso podrá ser errado y eso se verificará por las consecuencias de la aplicación de la norma, llevando a ulteriores modificaciones, nuevas formulaciones o al abandono de la norma. Un cuerpo de normas difiere de una tesis o de un texto didáctico; debe reflejar apenas una forma de proceder o de sentir de un determinado grupo en una determinada época en un determinado lugar. El gran valor de una norma radica en la medida en que se aplica fielmente, y en que refleje la realidad de lo que está pasando, pues así será posible la evolución. Verificadas las consecuencias de esa manera de proceder se podrán aconsejar modificaciones, las que deben ser identificadas y registradas en las normas, permitiendo entonces, en cualquier momento, el análisis crítico del desenvolvimiento verificado y consecuentemente el perfeccionamiento de la técnica.

La normalización necesita ser normalizada. Cada norma representa un nudo en una vasta red, extendiéndose en todas direcciones y cada una sirviendo de apoyo y a su vez apoyándose en todas las otras. Es necesario que su propia elaboración, expedición, aplicación y revisión sigan también procesos normalizados. Es sumamente conveniente la existencia de instituciones encargadas de la preparación, divulgación y revisión de las normas. Reconociendo esa necesidad, el esfuerzo de normalización ha evolucionado cada vez más, desde el carácter de normas más o menos estrictas en entidades públicas o privadas hacia el carácter de normas nacionales o internacionales. Muchas normas son prácticamente universales y esta tendencia se acentúa cada vez más. Donde las carac-

terísticas locales hacen inconveniente la aplicación de determinadas técnicas o normas se puede recurrir al establecimiento de diversas categorías de calidad, pero las normas deberán ser siempre lo más objetivas posible en su aplicación.

DATOS BASICOS Y NORMALIZACION

Las normas deben reflejar la forma real de proceder o de sentir de los grupos interesados en un determinado aspecto técnico. Deben describir esa realidad en la forma más completa y precisa posible. La verificación de las consecuencias de la aplicación de la norma deberá llevar a modificaciones sucesivas de la misma a fin de que pueda evolucionar continuamente. Son éstas las características esenciales de una norma adecuada, según ya hemos visto.

Por datos básicos entendemos los valores de parámetros representativos de todos los fenómenos en estudio o sobre los cuales se desea ejercer influencia o modificar. Por ejemplo, entendemos como datos básicos en el campo del abastecimiento de agua, los valores representativos de las cantidades de agua necesarias o disponibles, de la calidad de las aguas naturales y tratadas, de los efectos de la cantidad y la calidad de las aguas sobre la salud, la economía, etc.

Las interrelaciones entre las normas y los datos básicos son evidentes. La recopilación y el registro de los datos básicos permiten encontrar el apoyo deseable y necesario de las normas, expresado objetivamente a través de tales datos. Permiten, además, medir de manera clara y objetiva los efectos de la aplicación de una norma a la solución de una determinada cuestión técnica. No hay posibilidad de establecer normas sin la recopilación y el registro de datos básicos. A su vez, para que esa propia recopilación y registro puedan ser utilizadas, deben estar sujetos a normas adecuadas.

La selección de los datos básicos que van a registrarse, su descripción exacta y el establecimiento de una terminología adecuada que los defina, los métodos apropiados para su recopilación, la mejor forma para su registro, resumen, divulgación, revisión e intercambio sería un punto de partida óptimo para un esfuerzo de normalización panamericana en el campo del abastecimiento de agua.

Parámetros, aparentemente los más simples, tales como el consumo diario por habitante, necesitan de cuidados infinitos para ser definidos. Las cifras del consumo podrán ser totales, incluyendo utilidades y pérdidas diversas en el sistema, o apenas el registrado en los medidores de cada conexión domiciliaria. El índice podrá resultar de análisis estadísticos de mediciones en conexiones aisladas por intermedio de muestreo adecuado, o podrá resultar de los totales del agua suministrada, distribuida en el total de la población. Esta, a su vez, podrá ser la población total de la comunidad o la población registrada como contribuyente o la estimada como consumidora. El índice podrá referirse a tipos diferentes de consumidores o a características especiales del sistema, tales como presión, continuidad de servicio, diámetro de conexiones, etc.; podrá representar promedios en intervalos de tiempo relativamente extensos, por ejemplo anuales, o cifras estacionales, máximas y mínimas, promedios mensuales, diarios o por hora y así sucesivamente. No se trata aquí de determinar la mejor manera de medir el parámetro, sino solamente de señalar que debe ser bien definido. Posiblemente diversos métodos serán necesarios para medir bien el fenómeno, y todos ellos tendrán su utilidad en uno u otro aspecto. Lo importante es que se establezcan uno, dos o cuantos parámetros sean necesarios para medir el consumo de agua, que todos sean perfectamente definidos y los métodos para su medición claramente establecidos. De otra forma continuaremos con la triste

equivocación de que, con la estadística, todo se puede probar.

Como otros ejemplos de datos básicos, mencionaremos los siguientes:

a) Patronización de los sistemas de unidades, notaciones y nomenclatura.

b) Patronización de dibujos e informes respecto a la fijación de tamaños y calidad de papeles, métodos para plegarlos, presentación, títulos, etc.

c) Servicios topográficos: errores admisibles, escalas, detalles y signos convencionales para dibujos, referencias sobre elevación, curvas de nivel, catastros, etc.

d) Hidrología: datos sobre evaporación, escurrimiento superficial, infiltración, descargas de corrientes de agua, contribución específica de cuencas, movimiento de aguas subterráneas, geología, etc., con patronización de equipo, técnicas, registro y divulgación de datos.

e) Demografía: censos nacionales y locales, densidades demográficas, leyes de crecimiento.

f) Catastro de servicios: acuerdos, métodos de actualización continua.

g) Calidad de las aguas naturales y tratadas: parámetros representativos.

h) Tratamiento de las aguas: parámetros representativos de condiciones de funcionamiento, tales como tiempos de retención, velocidades, tasas de aplicación, descargas por unidades, etc., y parámetros indicadores de la eficiencia.

i) Determinaciones de costos de construcción, manutención y operación, sistemas de financiación y tasación.

j) Ejercicio profesional, contratación de diseños, revisión, códigos de ética, honorarios profesionales.

Conforme a lo explicado anteriormente, la enumeración precedente no pretende ser completa, y ciertamente esta reunión sería la más indicada para preparar una lista apropiada de los datos básicos que más

urgentemente requieren ser medidos, registrados, intercambiados y normalizados.

IMPORTANCIA DE LOS DATOS

Frecuentemente, los datos y valores de los parámetros se distribuyen a intervalos de variación relativamente largos. Cuando hay interés específico en conocer esa distribución, la estadística provee los recursos necesarios, tales como el análisis de las curvas de frecuencia y parámetros como medidas de tendencia principal, variabilidad, confianza, etc. En otros casos, por razones de conveniencia o por falta de interés, un grupo de observaciones se expresa simplemente por un promedio, es decir, todo un intervalo de variación, donde cada punto está asociado con una determinada frecuencia, y es simple y sencillamente representado por un punto.

En el campo del abastecimiento de agua, numerosos datos son representados comúnmente por promedios o estimativas aproximadas de acuerdo con la propia naturaleza del problema. Así, es siempre aproximada la estimativa de la población "futura" a ser abastecida, o lo que es lo mismo, el período de utilidad del proyecto; los promedios de las densidades de población en cada zona de la comunidad; los consumos *per capita*; los coeficientes de variación estacionales, diarios y por hora, y los de operaciones simultáneas; las rugosidades de las tuberías; los niveles del agua en los tanques; aforos, etc. Raramente se presentan o se utilizan tales valores asociados con frecuencias de ocurrencia o delimitados por intervalos de confianza o con consideración expresa de su variabilidad. En verdad podemos decir también que raramente tales refinamientos son necesarios o justificados. Frecuentemente, en cambio, hemos observado en el ejercicio profesional que tales valores, simples estimativas o promedios,

cuando son utilizados por los proyectistas o cuando son revisados o evaluados, pasan a asumir características de valores sumamente precisos, característica esa en completo desacuerdo con su origen. Por ejemplo, el caudal previsto en un determinado tramo de un sistema de distribución que ha resultado de estimativas y promedios esencialmente aproximados—por la naturaleza misma del problema—es a la vez utilizado para calcular una pérdida de carga, y la propia fórmula utilizada representa un promedio de observaciones diversas, con alto grado de variabilidad. Esas pérdidas de carga son enseguida utilizadas para el cálculo de errores de cierre en circuitos, sirviendo esos errores para el cálculo de correcciones de caudales, para el cálculo de nuevas pérdidas de carga y así sucesivamente, hasta el cálculo “final” de las presiones “disponibles” en los nudos del sistema, generalmente con “precisión” de centímetros o milímetros.

No es nuestra intención menospreciar la profesión a la cual pertenecemos orgullosamente, pero tenemos grandes dudas de que la estemos honrando cuando procedemos en forma puramente mecánica, sin que un alto sentido de auto-crítica nos acompañe en todas las fases del trabajo. El ingeniero profesional no deberá nunca ser receloso, reduciendo a la expresión más simple cualquier verificación o demostración necesaria, o absteniéndose de dar detalles o justificaciones que a su conciencia le parezcan superfluas. Frecuentemente, en cambio, hemos observado un considerable e innecesario desperdicio en las horas de trabajo de profesionales cuya preparación es sumamente onerosa, meramente para entrar en detalles y cálculos sin ningún valor intrínseco. La verificación cuidadosa de todas las pérdidas de carga que ocurren en los tramos de tres circuitos abastecedores de grifos públicos en una comunidad de apenas 300 habitantes, podrá representar un excelente ejercicio didáctico para la enseñanza

de hidráulica aplicada, pero, en una institución encargada de abastecer de agua a algunos centenares o millares de habitantes de esas comunidades, es simplemente inconcebible que un ingeniero especializado dedique más de 5 ó 10 minutos de su tiempo a tal problema.

Un peligro frecuentemente señalado como resultante de las normas técnicas es precisamente que las mismas desalientan el esfuerzo creativo, que el ingeniero tiende a caer en la rutina y sólo aplica lo que está escrito y que las normas son la tabla de salvación de los ociosos. No compartimos esta idea. Ciertamente, siempre han existido ingenieros ineficientes y probablemente continuarán existiendo en todas las épocas y en todos los lugares, con o sin normas; ellos harán mal uso de las normas, y corresponderá a los competentes llamarles la atención. Los profesionales capaces encontrarán en las normas un excelente punto de apoyo para su trabajo.

No se pretende que las normas substituyan a los buenos profesionales, siendo de la esencia del propio ejercicio de la profesión la constante reinterpretación y la crítica de las mismas. Reiteramos que las normas no producen ingenieros profesionales; por el contrario, éstas simplemente reflejan el consenso de la profesión sobre determinados problemas técnicos. En estas condiciones, es indispensable, y es del espíritu de las normas, que el profesional pueda apartarse de las mismas siempre que lo juzgue conveniente, dando, naturalmente, sus razones para hacerlo.

Las “exigencias” de una norma deben por lo tanto ser muy flexibles, y el ingeniero juzgará la mejor forma de utilizarlas. Ciertas disposiciones que normalmente pueden demandar aplicación rígida en otras circunstancias podrán ser hasta completamente abolidas. Por ejemplo, las encuestas topográficas para las cuales normalmente se imponen condiciones específicas de errores permisibles; la presentación de catastros

completos; las relaciones entre bases y niveles de referencia, etc., podrán, en muchos casos, ser reducidos a simples croquis rápidos sin ningún perjuicio. Será necesario tener siempre presente que la aplicación rígida de ciertas disposiciones deberá llegar sólo hasta el punto en que no encarezcan demasiado o innecesariamente los servicios profesionales sin ningún provecho para el cliente, o que por demandar mayores plazos retrasen los programas con graves consecuencias para las comunidades.

INTERCAMBIO DE DATOS

Ya vimos detenidamente que cada elemento normalizado forma parte de un extenso mosaico en el que todas las piezas guardan relación entre sí. De esta manera, es lícito y deseable que el esfuerzo de normalización dirigido hacia un área o una cuestión que aún no ha sido bastante analizada, se inicie con la encuesta y el estudio de todas las normas ya existentes que puedan tener alguna aplicación a este respecto.

En América Latina existen, indudablemente, numerosas entidades dedicadas al estudio, ejecución y operación de sistemas de abastecimiento de agua y muchas otras que se dedican a actividades directa o indirectamente vinculadas a ese campo. Asociaciones de profesionales o de fabricantes, organismos gubernamentales, universidades, instituciones científicas, etc., que abarcan un amplio radio de acción, continuamente recopilan y registran datos del más grande interés para el estudio y la solución de problemas de abastecimiento de agua.

La enumeración de esas entidades, su dirección, su clase, sus publicaciones, y demás informaciones que las caractericen, constituiría una de las más valiosas tareas que se podría llevar a cabo por medio de un esfuerzo conjunto como el que se inicia en este Seminario.

Se podría establecer una entidad inter-

americana con el fin de clasificar y publicar normas y que al mismo tiempo se encargara de hacer recomendaciones a los organismos locales sobre patronización y normalización de esfuerzos.

Puesto que las normas son el mero reflejo de las prácticas, el objetivo esencial a alcanzar es en realidad el mejoramiento técnico. Ese objetivo ha encontrado diversas dificultades en América Latina, no siendo la menos importante el desarrollo insuficiente de nuestros países. En nuestra vida profesional hemos notado la falta o la insuficiencia de organismos o entidades dedicados exclusivamente al mejoramiento del campo técnico. La gran mayoría o quizás la totalidad de las entidades o de los profesionales que trabajan en actividades relacionadas con el abastecimiento de agua, a pesar de su gran capacidad y dedicación, se ocupan casi siempre de los aspectos inmediatos de ejecución y operación. Muy poco o casi ningún análisis crítico hemos encontrado en los resultados obtenidos, en la evaluación de las prácticas corrientes, o en el control efectivo de los experimentos con nuevas ideas o métodos. A nuestro ver, tal insuficiencia no resulta de la falta de personal capacitado sino de la falta de ambiente adecuado de trabajo.

Muchos de nuestros países están atravesando períodos críticos de su historia. El progreso material del mundo ha alcanzado límites inconcebibles, y casi no hay distinción entre la ficción y la realidad. En estas circunstancias, el concepto de lo que debe ser un patrón de vida que coincida con la condición humana, ha sufrido una profunda modificación en estos últimos decenios; mucho de lo que en el pasado era lujo reservado para la realeza tiene hoy que reconocerse como exigencia mínima de los más humildes. Sufren las naciones que por desarrollo insuficiente no consiguen satisfacer esos anhelos mínimos de sus poblaciones; crece la insatisfacción, se acrecienta la lucha por la vida y la inflación brota y se

acentúa. En este perturbado ambiente prevalece lo material sobre lo espiritual, la acción inmediata sobre la decisión ponderada. Las funciones y actividades que requieren meditación y concentración son despreciadas o no encuentran el debido apoyo. Simple y sencillamente no hay ambiente para ellas.

En cambio, esas mismas funciones son capaces de orientar y servir de base al progreso real y duradero. Complétase el círculo vicioso. Cuanto mayor es la presión para conseguir el progreso, tanto mayor es la urgencia y tanto menor la deliberación; cuanto menor sea ésta tanto menor la seguridad del progreso y tanto mayor la presión para conseguirlo. En estos casos es necesario que las élites políticas y técnicas sientan profundamente el problema, que

se dispongan a hacer sacrificios extremos, que no abandonen sus puestos, que acepten o busquen, dondequiera que esté, la ayuda necesaria, que rompan al fin el terrible círculo generador de insatisfacciones cada vez mayores.

Este es el momento de crear una condición de trabajo para unos cuantos hombres de buena voluntad, confiándoles exclusivamente la tarea del mejoramiento técnico, de experimentar y encontrar técnicas apropiadas para atacar nuestros problemas, de registrar, analizar y meditar sobre las experiencias pasadas, de resumir, concluir, divulgar, revisar y normalizar lo que parezca apropiado y oportuno.

¡Este es el momento de unir nuestros esfuerzos!

Tema III

ASPECTOS SOCIOECONOMICOS EN LA ELABORACION DE NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA*

NICOLAS NYERGES V.

*Ingeniero Jefe de Proyectos de la
División de Acueductos Rurales
Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Caracas, Venezuela*

INTRODUCCION

Si se quiere establecer un orden de importancia de los beneficios que un acueducto presta al hombre, indudablemente debemos mencionar, en primer lugar, el aspecto sanitario. El acueducto es un conjunto de obras sanitarias, cuya función principal es la de reducir los índices de morbilidad y mortalidad de origen hídrico. De un lado se tiene un suministro de agua potable libre de organismos patógenos y sustancias químicas objetables, y del otro, facilidades para la higiene y aseo personales.

En segundo lugar viene el aspecto socio-económico del acueducto. Por una parte, éste ejerce una influencia notable sobre el nivel social de un individuo o de una agrupación humana: eleva el nivel de vida; contribuye al bienestar del hombre; dignifica su existencia y representa uno de los escalones principales en la evolución social, desde lo que hoy en día llamamos primitivo, hacia lo moderno y civilizado. Por otra parte, el acueducto contribuye al progreso económico de una sociedad. Los servicios de agua, como empresas, aumentan el producto nacional; incrementan la edad productiva del individuo, al reducir las tasas de mortalidad y morbilidad; liberan energías para efectuar actividades de rendimiento productivo; y, apartando por completo el aspecto sanitario, el agua potable

transportada por los sistemas de abastecimiento, es materia prima o elemento indispensable para un sinnúmero de procesos industriales.

Por último, el acueducto representa para las comunidades desarrolladas un servicio y utilidad común, sin los cuales el vivir significaría un retroceso hacia aquellas condiciones bajo las cuales el alumbrado se hacía con lámparas de aceite, velas o antorchas y el transporte a pie o en animales.

Esta secuencia de los diferentes aspectos del acueducto se verifica no sólo en orden de importancia, sino también en orden cronológico, durante la evolución histórica de países o regiones, desde lo primitivo, a través de la etapa del "subdesarrollo", hasta alcanzar las alturas de las naciones llamadas "desarrolladas".

En la primera etapa de esta evolución, el saneamiento del agua y el acueducto se manifiestan principalmente por la elevación del hombre por encima de las inclemencias de un medio ambiente hostil, haciéndole vencedor en su lucha contra ciertas enfermedades que causaron y siguen causando estragos en forma directa o indirecta. Con lo que hoy en día se sabe y con la técnica moderna, la primera etapa es relativamente corta, sobre todo si se habla en términos de evolución histórica.

* Publicado en el *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, Vol. LV, No. 3 (1963), págs. 282-294.

En la segunda etapa, el aspecto socioeconómico del acueducto juega el papel principal. Liberada parte de las energías latentes de un conglomerado humano, reducidas las tasas de mortalidad y morbilidad de origen hídrico, el individuo puede dedicarse con mayor esfuerzo a actividades creadoras y el acueducto puede y debe contribuir a la formación de condiciones socioeconómicas favorables. Esta es la etapa más prolongada, ya que es largo y casi interminable el camino del hombre en su evolución socioeconómica y el acueducto tiene que acompañarle, ajustándose a las condiciones y necesidades variables a lo largo de ese camino.

Por último, llega una época en la cual el acueducto se convierte principalmente en un servicio común, como la luz eléctrica, el teléfono, el gas, el transporte mecánico, etc., cuando la presencia del agua abundante y de buena calidad, dentro de cada vivienda, se transforma simplemente en una de las muchas manifestaciones de la civilización.

Si bien el acueducto imprime su sello sobre el medio ambiente, sobre las diferentes manifestaciones de la vida humana y sobre la evolución socioeconómica e histórica de una comunidad, el efecto es recíproco. Las condiciones sanitarias, sociales y económicas de la comunidad, forzosamente tienen que reflejarse en las características de un sistema de abastecimiento de agua. Es objeto del presente trabajo, estudiar los factores sociales y económicos de América Latina que pueden afectar el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, y la repercusión de los mismos sobre las normas de diseño de carácter continental.

ASPECTO SOCIAL

1. *La sociedad y el acueducto*

Es un hecho aceptado por la gran mayoría de los sociólogos, que el interés de una

sociedad en la salud, sólo llega hasta donde ésta ayude y contribuya a alcanzar los objetivos fundamentales de la sociedad. Si bien la mente evolucionada se resiste a aceptarlo, por lo primitivo que parece a primera vista, los objetivos realmente básicos del hombre son el alimento, el techo y la propagación, o sea la función sexual. Una vez alcanzados estos tres en una forma satisfactoria, aparecen muchas necesidades y objetivos adicionales, que tienen por finalidad el logro de una vida satisfactoria en todos sus aspectos. Entre éstos figura por cierto, el mejoramiento de la salud en general, como uno de los medios indispensables del bienestar y del desarrollo ulterior de la sociedad. Por consiguiente, los programas de salud pública recibirán el apoyo de una sociedad, hasta el grado que la misma los considere un paso hacia adelante en su lucha para alcanzar una vida mejor. Es por eso que, por ejemplo, los programas de nutrición o de vivienda son invariablemente "populares", siempre y cuando se ajusten a las necesidades de la sociedad a que sirven. En cambio, otros programas, como por ejemplo el control de enfermedades venéreas, tropiezan casi siempre con dificultades, y hasta con la oposición manifiesta de los mismos interesados. Proscribiendo la prostitución y castigando con severidad el contacto sexual extramatrimonial, podría acabarse con el problema en unas cuantas décadas, pero medidas de esta índole no prosperarían debido a que restringen la función sexual, que es uno de los objetivos fundamentales de la sociedad.

El acueducto, como uno de los programas de salud pública y de utilidad común, sin duda satisface una necesidad básica de la sociedad, en el sentido de suministrarle el agua potable indispensable para la alimentación. Sin embargo, con toda la objetividad del caso, hay que reconocer que este aspecto del acueducto, tiene mucho menos importancia para una sociedad de lo

que parece a primera vista. Ninguna sociedad ha perecido por la ausencia del acueducto, ya que es relativamente muy pequeña la cantidad de agua que puede considerarse como indispensable, y existen muchas maneras de conseguirla.

Puede afirmarse que una sociedad primitiva que lucha por alcanzar apenas los tres objetivos fundamentales definidos anteriormente, no está interesada en el acueducto. Pero también es cierto que una sociedad que ha superado la etapa primitiva, necesita el acueducto, como medio indispensable para alcanzar una vida mejor. Por consiguiente, en países en desarrollo, el acueducto representa una necesidad básica para la evolución social.

2. Problemas sociales en la América Latina

Los países de América Latina, representan un grupo etnológico homogéneo, en comparación con los habitantes de otras regiones del mundo. Sin embargo, los problemas sociales varían de país a país, debido a la evolución histórica y cultural de sus habitantes, así como también a la considerable diferencia de sus condiciones económicas. Aun dentro del mismo país existen entre una sociedad y otra, diferencias considerablemente mayores que las variaciones internas de los países más desarrollados.

No es nuestro objeto, ni permite la extensión del presente trabajo, entrar en la discusión detallada de los problemas sociales de cada país latinoamericano. Sin embargo, en todos estos países existen linderos marcados entre los diferentes grupos de sociedades, que facilitan, a la vez que obligan, el establecimiento de varias categorías, en las normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua.

Empleando términos relativos, aplicables a nuestra región, se tiene en primer lugar las sociedades primitivas, o casi primitivas, que apenas ahora empiezan su camino hacia la civilización. El problema principal de

estas sociedades es la satisfacción de sus necesidades fundamentales, y transcurrirá cierto tiempo antes de que el acueducto pueda servir de escalón indispensable para su evolución. De muy poca utilidad social es el acueducto para una tribu de aborígenes en la región del Amazonas, en comparación con otros aspectos que en el plano social deben atenderse de preferencia.

En segundo lugar, se tiene el grupo de sociedades rurales, llamadas por algunos autores sociedades tradicionales. A este grupo pertenecen las sociedades que, de acuerdo con su evolución histórica, cultural y económica, ya han recorrido cierto camino desde lo primitivo hacia lo civilizado, y el acueducto representa una de las necesidades básicas para su evolución ulterior.

En tercer lugar, existen las llamadas sociedades urbanas que se encuentran en el período de surgimiento económico. Estas sociedades tienen un nivel de vida, real o aparente, por lo general más elevado, o en todo caso distinto que las anteriores. Aparte de la función económica, que se discutirá más adelante, el acueducto debe crear las condiciones necesarias para una evolución social rápida y sana, conforme a las necesidades y exigencias de este sector.

Por último, en la parte más avanzada de las sociedades urbanas hay un grupo de gran potencialidad económica, nivel de vida alto, necesidades bien definidas y relativa madurez social. Este es el grupo más exigente en relación con el acueducto, no tanto por el valor intrínseco del mismo en el desarrollo social ulterior del grupo, sino para conservar y complementar un nivel de vida ya logrado. El acueducto para estas sociedades tiene que cumplir los requisitos más ambiciosos de los países desarrollados.

3. Factores sociales en el diseño del acueducto

La influencia de los factores sociales en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua es muy amplia. Empezando por la

calidad de agua a ser suministrada, es evidente que los límites de potabilidad que se establezcan deben ser estrictos para los grupos de categoría superior, pero pueden serlo menos—cumpliendo los requisitos sanitarios mínimos—para los acueductos que sirven a sociedades de tipo rural.

La dotación *per capita* es uno de los aspectos en los cuales las condiciones sociales tienen mayor influencia. Dichas condiciones representan una de las causas principales del fenómeno conocido, de que mientras mayor sea la cantidad de agua suministrada, mayor será la demanda. Son muchos los acueductos cuya dotación *per capita* originalmente supuesta como amplia, resulta insuficiente al cabo de algunos años, debido al aumento del nivel social de sus beneficiarios, siendo el propio acueducto una de las causas de dicho aumento.

Por consiguiente, por una parte, deben establecerse en las normas de diseño dotaciones mínimas, conforme a las condiciones sociales actuales de cada categoría. Por otra parte, deben hacerse provisiones para atender el aumento de la demanda, durante la vida útil del acueducto. Igualmente será necesario tomar en cuenta este factor en la selección de la fuente, en lo referente a su producción o caudal mínimo disponible.

La estimación de la población de diseño es otro de los aspectos de importancia desde el punto de vista social. Si bien hay una serie de factores primarios que determinan el crecimiento de una comunidad, el acueducto tiene un efecto notable en este campo, sobre todo en zonas rurales, mediante el estímulo de la agrupación de poblaciones dispersas. La experiencia habida en Venezuela en el programa de acueductos rurales, ha demostrado que el acueducto atrae a la gente que vive dispersa en los alrededores de la comunidad, y el aumento de las poblaciones es a veces muy superior a lo estimado mediante la evaluación de los otros factores.

Debido a que el acueducto impulsa el desarrollo social de una comunidad, y en vista de que las exigencias y necesidades de la sociedad respecto del acueducto varían según la fase de dicho desarrollo, es evidente que los factores sociales tendrán un efecto sobre los períodos de diseño de los diferentes componentes de un sistema de abastecimiento de agua. En sociedades dinámicas, cuyo desarrollo es impulsado y estimulado artificialmente por una serie de programas oficiales o de iniciativa privada, hay que aceptar como un hecho que la actitud de la sociedad hacia el acueducto puede cambiar radicalmente en cuestión de una década. Esto es especialmente válido para la América Latina, sobre todo en sus zonas rurales en transición hacia sociedades más avanzadas, o en regiones de gran potencialidad industrial. Muchos de los cambios futuros de la sociedad en lo que respecta al acueducto pueden predecirse y preverse en el diseño. Habrá, sin embargo, otros que necesariamente convertirán ciertos componentes del sistema, o la totalidad del mismo, en transitorios o provisionales, para los cuales la fijación de períodos largos de diseño es inútil, o por lo menos antieconómico.

En el aspecto técnico de las instalaciones de un servicio de agua, la separación de los factores sociales de los culturales o económicos, es más difícil. Los materiales que se utilicen, diámetros mínimos, velocidades máximas en tuberías, presiones residuales en las redes, gastos de diseño, número de llaves de paso, protección contra incendio, capacidad de almacenamiento, utilización de equipos, dispositivos automáticos de seguridad, facilidad de operación y mantenimiento, etc., son los aspectos en que las condiciones sociales, en combinación con los factores económicos y culturales, tienen mayor o menor grado de influencia. Más adelante se discutirán estos aspectos, enfocando el problema desde distintos puntos de vista.

ASPECTO CULTURAL

1. *La cultura y el acueducto*

No es posible discutir los aspectos socio-económicos de un acueducto, sin analizar separadamente el aspecto cultural del problema.

Toda persona pertenece a una sociedad y toda sociedad tiene su propia cultura. Esta debe ser funcional, y servir, en una forma u otra, a la supervivencia de la sociedad misma, ajustándose a las necesidades de los individuos que la integran. De lo contrario, la cultura desaparece tarde o temprano, dejando el campo a otra nueva.

Si bien la cultura puede definirse como el conjunto de valores de que dispone el hombre, los objetivos que persigue y los medios que utiliza para la consecución de sus fines, su manifestación exterior es una serie de costumbres, formadas a través de décadas o siglos, como el resultado de una larga lucha de la sociedad por una vida mejor.

Todo programa de salud pública introduce necesariamente ciertos cambios en las costumbres de la sociedad. Teniendo éstos una estructuración propia, el cambio de una costumbre implica reajuste de mayor o menor envergadura de todo el sistema. Por consiguiente, para que un programa de salud pública sea constructivo, en cualquiera de sus aspectos, debe tomarse en cuenta la estructuración cultural de la sociedad que sirve. Esto es especialmente válido, por ejemplo, en programas de medicina preventiva, en los cuales el aspecto cultural (creencias religiosas, supersticiones, etc.) representa muchas veces uno de los mayores problemas. También es válido, hasta cierto punto, en el caso del acueducto, ya que éste introduce una serie de cambios de hábitos y requiere el aporte cultural de los beneficiarios para la buena aceptación de las instalaciones, la correcta operación,

mantenimiento y administración de los servicios de agua.

2. *Factores culturales en el diseño del acueducto*

Si bien la influencia cultural se nota en mayor o menor grado en cualquier sociedad, su presencia se manifiesta y se aprecia más en el caso de sociedades rurales. Son muchos los proyectistas de acueductos rurales que tropiezan con dificultades, por ejemplo, en la "simple" tarea de selección de la fuente, en la cual los aspectos sanitario, técnico y económico, deberían prevalecer sobre cualquier otra consideración. La preferencia de la gente por una u otra fuente superficial, o la animadversión hacia máquinas y mecanismos en caso de pozos, muchas veces obliga a adoptar soluciones que no son idóneas para el caso estudiado. De lo contrario, se expone a que la comunidad rechace el acueducto. La instalación de una planta de tratamiento puede ser deseable desde el punto de vista técnico y aceptable desde el punto de vista económico, pero representa mayores problemas que beneficios en aquellos casos en que el nivel intelectual de los posibles operadores no está a la altura necesaria. En algunas comunidades de nuestros países, el mecanismo más complicado que conoce la mayoría de la gente es la bicicleta o la palanca de cambio de velocidades de un camión. Es inútil diseñar para estas comunidades una estación de bombeo con controles complicados, aun cuando económicamente sea posible "importar" un mecánico de primera clase para su operación. La comunidad no va a vivir y sentir con el acueducto; los problemas del operador serán ajenos a la gente; sus dificultades no encontrarán comprensión; y el acueducto será algo extraño a tal comunidad.

Es evidente que la inclusión de los aspectos anteriores en las normas de diseño es algo difícil, por lo menos en forma de

párrafos o artículos. Sin embargo, en conjunto representan un argumento más a favor del establecimiento de categorías separadas y un motivo adicional para una flexibilidad suficiente dentro de las categorías.

ASPECTO ECONOMICO

1. *La economía y los programas de salud pública en la América Latina*

Es bien conocido el desacuerdo entre los economistas en cuanto a la importancia de la salud en la economía. Un extremo es la tesis de que el mejoramiento de la salud en general es indeseable desde el punto de vista del crecimiento económico, debido a que desequilibra la relación entre el aumento de producción y la población, al disminuir las tasas de mortalidad. En el extremo opuesto se encuentra el razonamiento de que el mejoramiento de la salud es indispensable para la economía, ya que un hombre enfermo no puede trabajar y se vuelve pobre; el pobre no tiene medios para curarse y se vuelve más enfermo, formándose un círculo vicioso de la enfermedad y la pobreza, sin posibilidad de desenlace favorable, a menos que se mejore la salud.

La primera tesis puede ser verdad en aquellas regiones cuyos recursos transformables en producto nacional son tan limitados que el estímulo artificial del crecimiento de la población trae como consecuencia irremediable una economía del tipo regresivo, es decir, que la tasa de crecimiento de la población supera el crecimiento del producto nacional. En América Latina, sin embargo, aun en los países de bienes de capital sumamente limitados, no existe plena utilización de la fuerza del trabajo y de los recursos naturales. Las potencialidades de nuestros países aseguran un amplio campo para un aumento considerable de la población, sin que esto resulte necesariamente en una economía

regresiva. Enfocando el problema desde otro punto de vista, se tiene que cerca del 40% de la población de Latinoamérica se encuentra en la edad improductiva, absorbiendo recursos, en comparación con un 25 a 30% en las regiones desarrolladas. En estas regiones la expectativa de vida al nacer sobrepasa los 60-65 años, mientras que en nuestros países es del orden de 30 a 40 años. Por consiguiente, la probabilidad de capitalizar la inversión de los recursos durante la edad improductiva de una parte considerable de nuestra población, es muchísimo menor que en los países desarrollados. Esta situación puede remediarse únicamente mediante programas ambiciosos de salud pública, aumentando las posibilidades de llegar a la edad productiva y prolongando la misma.

Bajo estas condiciones debe aceptarse que el mejoramiento de la salud en nuestros países, es esencial para el desarrollo económico.

Es evidente que los diferentes programas de salud pública, tienen mayor o menor importancia para la economía, así como también que ésta tiene efectos distintos sobre cada uno de dichos programas. En algunos casos el desarrollo económico trae un alivio automático de ciertos problemas sanitarios y causa un cambio de enfoque del mismo, notándose un desplazamiento gradual desde el plano sanitario hacia el plano socioeconómico y educativo, como por ejemplo en el caso del control de la tuberculosis. En cambio, otros programas son requisitos esenciales previos a un crecimiento económico sano. El programa de acueductos es uno de ellos.

2. *Función del acueducto en la economía*

El papel del acueducto en la economía es múltiple. Primero que todo, debe contribuir al desarrollo económico a través de su función sanitaria, o sea que debe dar como resultado una reducción de las tasas

de mortalidad y morbilidad de origen hídrico. El Ministerio de Sanidad y Asistencia Social de Venezuela, por ejemplo, piensa medir esa eficiencia sanitaria de su programa de acueductos rurales a través de estadísticas vitales.

En segundo término, el acueducto debe cumplir su función social, discutida con anterioridad, ya que es un criterio aceptado por los economistas que el impulso simultáneo del desarrollo económico con el desarrollo social no sólo favorece a ambos, sino que es un requisito indispensable para lograr los resultados óptimos.

Por otra parte, los servicios de agua potable tienen todas las características de las empresas, excepción hecha de que no dan utilidad por su carácter de servicio público, pero sí dan trabajo, representan inversión y movilización de capital, y hacen posible el establecimiento de otras empresas de producción.

Por último, la función del acueducto en la industrialización de un país es indiscutible. Difícilmente puede concebirse el desarrollo industrial, o sea la transición de una economía tradicional (tipo rural) a la economía madura, sin el aporte del acueducto. El papel de éste es más importante en la etapa de surgimiento económico, cuando el tamaño de las empresas de producción es relativamente pequeño y el agua transportada por el acueducto en forma económica es tan indispensable para el desarrollo industrial como lo es la energía eléctrica, o las vías de comunicación. Hacia la fase final de una economía madura, o sea en la etapa de producción masiva, las industrias grandes normalmente se independizan del acueducto, desarrollando su propio sistema de abastecimiento de agua. Sin embargo, aún en esa etapa, el suministro de agua por un acueducto, en cantidades suficientes y a precios razonables, representa una de las atracciones principales para la ubicación de muchas empresas de producción.

La América Latina, donde todos los países se encuentran en la etapa de transición, con mayor o menor avance logrado hasta la fecha, es el campo ideal para aprovechar todos los beneficios de un acueducto en el desarrollo económico. El efecto indirecto del acueducto sobre la economía en el plano sanitario y social ya ha sido discutido con anterioridad; por consiguiente, vamos a analizar su función directa como empresa de servicios y su papel en la industrialización de un país.

Las empresas de servicios públicos representan normalmente la excepción de la ley de la oferta y la demanda de una economía libre. El agua, la electricidad, el gas, son elementos indispensables, cuyo suministro adecuado o deficiente no depende principalmente de las exigencias de los consumidores, sino de la organización y responsabilidad de la empresa misma. Solamente en los países más desarrollados, en los cuales el principal promotor de la economía es la libre iniciativa privada, puede notarse cierta obediencia a la ley de la oferta y la demanda, en el sector de empresas de servicios públicos.

Una economía sana puede crear espontáneamente empresas de cualquier índole que sean necesarias para su desenvolvimiento, así como también puede hacer desaparecer aquellas que le son dañinas por medio de la ley de la oferta y la demanda. Sin embargo, esa autoselección de la economía no puede actuar libremente sobre las empresas de servicios públicos. Por consiguiente dependerá de los organismos que controlan la creación y funcionamiento de esas empresas que éstas ayuden y promuevan el desarrollo económico, o de lo contrario, le sirvan de freno u obstáculo.

Es un fenómeno curioso en muchos países, que de todas las empresas de utilidad pública, son los servicios de agua los que menos cumplen la función económica de las empresas. Un estudio rápido demuestra que en nuestros países son muy pocos los

acueductos que cubren la inversión representada por la amortización del costo inicial, costo de operación y mantenimiento e interés sobre el capital, condición indispensable para el funcionamiento sano de cualquier empresa. Aún más, no son muchos los acueductos que prestan un servicio realmente eficiente y contribuyen al desarrollo industrial del sector que sirven. Podrán cumplir su cometido en el plano sanitario y social, pero normalmente significan una carga económica a la comunidad o al Estado y en muchos casos representan un freno al desarrollo industrial rápido. Por consiguiente, uno de los aspectos de mayor importancia, desde el punto de vista económico, es convertir los servicios de agua en empresas, en el sentido estricto de la expresión.

3. *Clasificación de los acueductos como empresas de servicios*

Las cuatro partidas principales de la inversión en un acueducto son el costo inicial, el costo de operación y mantenimiento, el costo de administración y los intereses sobre el capital. La suma de éstas determinará el costo del servicio a los consumidores, mientras que la calidad del servicio, conjuntamente con la capacidad económica de los beneficiarios, determinarán la disposición de éstos a pagar dicho servicio. Por consiguiente, la inversión realizada en un acueducto debe estar de acuerdo con la capacidad económica de los consumidores, y la calidad del servicio prestado debe guardar relación con las necesidades y exigencias de los mismos. De aquí se deduce que es conveniente y necesario establecer diferentes categorías en las normas de diseño, ya que el proyectista, guiado por dichas normas, desempeñará un papel importante en la definición de las dos mayores partidas de la inversión total en los servicios de agua.

En la clasificación interviene evidente-

mente, de un lado, la capacidad económica de los consumidores, puesto que ésta definirá lo que el público puede pagar por los servicios, y limitará las características económicas de las instalaciones. Por otro lado, el aspecto social y cultural definirá las exigencias y necesidades de los consumidores, así como también lo que los mismos estarán dispuestos a pagar por el servicio prestado.

Es necesario comentar en forma un poco más amplia la influencia de los factores sociales y culturales en un aspecto, al parecer, de carácter exclusivamente económico, como lo es el costo de las instalaciones y servicios de agua.

El desarrollo económico de una sociedad, trae normalmente como consecuencia el mejoramiento del nivel de vida, y éste a su vez tiende a elevar el nivel cultural de la gente. En los países donde la evolución ocurre en forma gradual, los tres aspectos guardan una relación más o menos estrecha. En cambio, en regiones donde el desarrollo es rápido, o sea donde hay que recorrer un camino largo en el menor tiempo posible, para alcanzar la altura privilegiada de las naciones desarrolladas, se observa muchas veces un desplazamiento notable entre lo social, económico y cultural. En las sociedades urbanas de Venezuela, por ejemplo, un chófer de plaza hábil gana mucho más que la mayoría de los oficinistas sin especialidad. En cambio, su nivel social es normalmente inferior que el de los últimos, y su nivel cultural tampoco está en relación con su capacidad económica. Por otra parte, en las sociedades rurales se presentan ciertos fenómenos netamente de origen cultural, en cualquier nivel social o económico. Uno de ellos es la mentalidad prevalente de algunos sectores, de que siendo el agua un don de la naturaleza, el servicio del acueducto debe ser gratuito; cualquier tarifa, por razonable que sea, parece exagerada aun cuando la gente tenga medios económicos para pagarla.

De lo anterior se deduce que las condiciones económicas por sí solas no ofrecen en nuestros países, límites de separación de las distintas categorías de normas. Es la sociedad, con cultura propia y economía característica, la que parece ser la base óptima para el establecimiento de categorías.

4. *Problemas económicos en el medio rural de la América Latina*

Analizando los dos grandes sectores discutidos con anterioridad desde el punto de vista social, se tiene que los recursos de las sociedades rurales con economía tradicional, son normalmente muy limitados en la mayoría de nuestros países. La función del acueducto en este sector es sanitaria ante todo, social en segundo término y económica por último. Por una parte, la poca capacidad económica de los beneficiarios impone serias limitaciones al diseño de todo aquello que pueda influir en el costo de operación, mantenimiento y administración del acueducto. Por la otra, las condiciones económicas del Estado o de los organismos oficiales que normalmente promueven el programa de construcción en nuestros países para este sector, obligan a mantener el costo inicial lo más bajo posible. Por consiguiente, las normas referentes a la calidad físico-química del agua, métodos y unidades de tratamiento, empleo de ciertos materiales de construcción, máquinas, equipo y dispositivos, diámetros mínimos de la tubería, número de llaves de paso, etc., deben ser bastante elásticas.

La presión residual mínima exigida en las redes de distribución puede ser bastante más baja que en las categorías superiores, debido a que, normalmente, no hay edificios altos en las zonas rurales de nuestros países, así como tampoco hay dispositivos domésticos que requieran presiones altas para su funcionamiento. La previsión de gastos de

incendio es muy dudosa, ya que, por un lado, no se dispone en general de cuerpo de bomberos organizado, y, por el otro, el valor material que se protege es pequeño en comparación con el costo de protección. La presión máxima en las redes debe ser baja, principalmente por la pobre calidad de las instalaciones internas en las casas.

Desde el punto de vista de la operación y mantenimiento de los servicios de agua, los métodos costosos de tratamiento, equipos cuyo manejo es complicado, sistemas cuyo control requiera el empleo de personal especializado y bien remunerado, etc., llevan casi invariablemente al fracaso en el medio rural.

Por otra parte, es justamente en el medio rural latinoamericano donde cabe esperar un desarrollo rápido, debido a lo apremiante de la situación, tanto en el plano sanitario, como en el socioeconómico y político. Por consiguiente, a fin de que el acueducto pueda desempeñar su función en la evolución propulsada por diferentes programas oficiales de mayor o menor envergadura, deben preverse en el diseño amplias facilidades para el desarrollo gradual de los servicios de agua. Sería un error grave basar las normas de diseño para esta categoría en el afán de presentar lo más sencillo y económico posible, rayando en lo primitivo, por razones netamente económicas.

5. *El medio urbano de la América Latina*

Existe en Latinoamérica un sector muy amplio de la sociedad urbana cuya economía se encuentra en el período de surgimiento. En el extremo inferior de este sector se encuentra la sociedad cuya transición de la economía tradicional está en proceso. El extremo superior lo representa la sociedad que está acercándose a la economía madura, vislumbrándose ésta en un futuro más o menos cercano.

Es un error común de muchos organismos

oficiales en nuestros países, debido a la rigidez de las normas, ignorar la transición de la economía tradicional a la madura, y hasta adoptar las normas ambiciosas de países desarrollados. Si bien esto es aceptable, hasta deseable, desde el punto de vista técnico, puede conducir a graves problemas desde el punto de vista económico. Los requisitos de potabilidad, límites óptimos de la calidad del agua tratada, detalles técnicos de las instalaciones, establecidos para los países de economía madura o de producción en gran escala, representan para los países en desarrollo una carga considerable, desde el punto de vista de costo inicial y un probable fracaso parcial de los propósitos, durante la operación, mantenimiento y administración de los servicios de agua. La fabricación en escala nacional de los materiales y equipos necesarios para la construcción de un acueducto moderno, está en la edad de la niñez en la América Latina. Ninguno de nuestros países es capaz de abastecer su propio mercado con todo lo que requiere un sistema de abastecimiento de agua, trátase de tuberías, accesorios, equipos o maquinarias. La importación de estos materiales representa una carga económica, no sólo por su valor intrínseco de adquisición y transporte, sino también por el balance, a veces precario, del comercio exterior del país. Por consiguiente es indispensable establecer una categoría separada y dedicarle una atención especial, para este sector intermedio entre lo más sencillo y lo más avanzado.

Desde el punto de vista técnico, las características generales del acueducto de esta categoría, deben estar siempre un paso más allá del desarrollo previsto, a fin de permitir las condiciones óptimas de la evolución socioeconómica. Consecuentemente, debe aspirarse a las metas más ambiciosas de los países desarrollados en todos aquellos aspectos que podrían limitar esa evolución. El consumo *per capita*, su

aumento gradual o escalonado, la selección y posible desarrollo por etapas de fuentes adecuadas a las necesidades futuras, las características de las obras de captación, capacidad de transporte de tuberías principales, presiones en las redes, medidores, durabilidad de los componentes principales del sistema, etc., son aspectos que merecen igual atención que en la categoría más avanzada. En cambio, deben aceptarse límites menos ambiciosos y más flexibles en otros aspectos, cuyo costo de realización, ya sea inicial o de operación y mantenimiento, esté restringido por las condiciones inherentes a la economía en desarrollo de nuestros países. La calidad físico-química del agua tratada, especificaciones de las unidades de la planta, controles del proceso de tratamiento, equipos y accesorios a emplearse, protección contra incendios, número de llaves de paso en las redes, etc., son factores que pueden inclinar la balanza a favor de una empresa sana de servicios de agua, en contraposición con las máximas aspiraciones técnicas del proyectista.

El otro aspecto de importancia en la categoría intermedia es el desarrollo relativamente rápido, en comparación con el desarrollo de los países de economía madura. El aprovechamiento de los recursos humanos y naturales en la América Latina apenas se está iniciando y es de esperar un ritmo acelerado de evolución socioeconómica en las próximas décadas. Las dificultades de la predicción de las condiciones de diseño son evidentes si se considera el desarrollo de carácter explosivo de algunas regiones y ciudades, en el mismo comienzo de esa evolución. Períodos excesivamente largos de diseño para ciertos componentes de un sistema de abastecimiento de agua, no sólo representan un costo inicial elevado, sino que pueden conducir a fracasos técnicos, debido a la inseguridad de las predicciones. Una ciudad latinoamericana de economía fuerte puede cambiar, parcial o totalmente,

sus características en corto tiempo; se abren nuevas vías de comunicación; se cambia el centro de gravedad de las actividades comerciales; se modifica notablemente la densidad de población de los barrios; y se expanden los límites, tanto horizontal como verticalmente, en cuestión de una década. Esta ciudad necesitará fuentes de abastecimiento, obras de captación, líneas de conducción y tuberías matrices diseñadas para un período largo, pero las mallas secundarias y tuberías de relleno de sus redes de distribución necesariamente deberán considerarse provisionales o de carácter transitorio, hasta tanto el desarrollo urbano haya tomado forma. Sería de mucha utilidad práctica el establecimiento en las normas de períodos diferenciales de diseño, conjuntamente con la elaboración de especificaciones mínimas para instalaciones de carácter provisional o transitorio. Esto permitiría una clasificación continental de los acueductos, sin que el carácter provisional de ciertos componentes signifique un descenso de categoría.

Por último, hay en nuestros países un sector relativamente pequeño, que abarca las sociedades urbanas de economía madura o casi madura, con necesidades bien definidas y ambiciones elevadas. La diferencia entre esta categoría y la anterior es la relativa estabilidad en todos los aspectos; una madurez en cuanto a la demanda de la vida económica; un desarrollo más lento, si bien mejor organizado y previsible con mayor seguridad desde el punto de vista del acueducto, y elevada potencialidad económica. Pertenecen a este grupo algunas ciudades grandes, que por su ubicación geográfica y sus condiciones topográficas, llegaron antes de tiempo a una edad madura; las urbanizaciones modernas que sirven de área de expansión a las ciudades; algunas zonas industriales cuyo desarrollo organizado y potencialidad económica permite establecer límites superiores de expansión, etc.

En el diseño del acueducto de esta categoría habrá, evidentemente, limitaciones de tipo económico, pero se podrán aprovechar todos los adelantos de la técnica moderna, para ofrecer lo óptimo tanto en la calidad de las obras, como del servicio prestado, conforme al estándar de vida de la sociedad que sirven. Las normas de diseño correspondientes podrán asimilarse a los requisitos más ambiciosos de los países desarrollados, con ligeras modificaciones en aquellos aspectos que están influidos por los factores sociales y culturales de la América Latina.

CONCLUSIONES

En los apartes anteriores se establecen las bases teóricas de una serie de aspectos que, desde el punto de vista social, cultural y económico, influyen en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua.

De acuerdo con lo discutido, puede llegarse a las conclusiones siguientes:

1. Los programas de salud pública repercuten en forma definida en la sociedad y en su economía característica.
2. La función del acueducto, como uno de los programas de salud pública es múltiple, siendo la primera la sanitaria, tanto por la evolución histórica de un país, como por su carácter de factor contribuyente al desarrollo socioeconómico del mismo.
3. Los factores sociales, culturales y económicos prevalecientes en la América Latina, hacen necesario establecer diferentes categorías en las normas de diseño.
4. Si bien los factores sociales, culturales y económicos suelen guardar una relación estrecha, existen en los países latinoamericanos ciertos campos donde se observa un desplazamiento sensible entre los tres aspectos. Esto dificulta la selección de uno de ellos como patrón para trazar los límites entre las categorías.

5. Debido a que las condiciones socioeconómicas y culturales de la América Latina varían de un país a otro y hasta de una región a la otra del mismo país, no es práctico ni operante establecer límites de carácter continental para las diferentes categorías, empleando como criterio el tamaño de las localidades, o límites provinciales y estatales.

6. Los mayores problemas económicos, sociales y culturales, desde el punto de vista del acueducto, se presentan en dos grandes sectores. Uno de ellos se encuentra en el comienzo de su desarrollo socioeconómico y está representado por un número grande de localidades, en general pequeñas, de recursos financieros muy limitados y de economía tradicional, o sea de tipo rural. El acueducto para este sector tiene una función sanitaria y social, en este mismo orden de importancia, manifestándose su función económica principalmente en forma indirecta. Este sector se denominará en adelante "Categoría I".

7. El otro sector está representado por localidades urbanas en desarrollo, que ya han pasado las primeras fases de su evolución socioeconómica. La función del acueducto en este sector es económica y social, habiéndose superado el aspecto sanitario con mayor o menor éxito. Este sector se denominará en adelante "Categoría II".

8. Por debajo de la Categoría I existe un grupo formado de sociedades primitivas cuyas necesidades básicas están por satisfacer. No se justifica el establecimiento de una categoría separada para este grupo.

9. Por encima de la Categoría II se tiene un grupo constituido por sociedades avanzadas, de economía madura o muy cerca a ella. Es conveniente, por razones de orden económico, la diferenciación de este grupo de la Categoría II, ya que sus necesidades y exigencias, así como también su capacidad financiera, admiten y hacen conveniente la

adopción de las normas ambiciosas de los países más avanzados. Este grupo se denominará en adelante "Categoría III".

10. El examen de las necesidades y posibilidades de la Categoría I apoya un sistema de abastecimiento de agua formado por obras sencillas y económicas, tanto desde el punto de vista de la inversión inicial, como de operación y mantenimiento, cumpliendo primero la función sanitaria del acueducto, así como también su función social, de acuerdo con los estándares de la comunidad que sirve. Las facilidades de expansión del acueducto deben permitir el libre desarrollo socioeconómico y asegurar un paso gradual hacia la Categoría II.

11. La Categoría II se caracteriza por el amplio uso de los recursos de la técnica moderna, en beneficio de un diseño óptimo, con las limitaciones inherentes a una economía en desarrollo. El costo de las instalaciones permanentes suele ser mayor que la capacidad financiera actual de la comunidad, pero dicho costo puede ser compensado con los beneficios futuros durante una evolución socioeconómica sana. Para crear las condiciones favorables de esa evolución, el acueducto debe adelantarse a la misma, previendo las necesidades futuras en la forma más amplia. A fin de mantener el costo inicial bajo, la mejor forma para realizar un avance desde el extremo inferior al superior de esta Categoría, parece ser el desarrollo por etapas.

12. Las necesidades y exigencias de las sociedades de la Categoría III pueden satisfacerse mediante un diseño basado en las normas más ambiciosas de los países avanzados.

RECOMENDACIONES

Las conclusiones arriba anotadas, conjuntamente con los diferentes aspectos discutidos en el presente trabajo, permiten

hacer las siguientes recomendaciones:

1. Establecer tres categorías de normas de diseño, de carácter continental.

2. Identificar las distintas categorías con letras o números, sin establecer límites de aplicación de carácter continental, a fin de que cada uno de los países latinoamericanos emplee las denominaciones, títulos y límites de separación que mejor se ajusten a sus condiciones sociales, económicas y culturales, conforme al contenido y requisitos establecidos en cada categoría.

3. Adoptar en su totalidad para la Categoría III, los estándares internacionales, con ligeras modificaciones en lo que se refiere a las condiciones sociales y culturales de la América Latina.

4. Tomar en cuenta, en la elaboración de las normas de diseño para las Categorías I y II, los siguientes aspectos generales de importancia:

a) Períodos de diseño: Cortos para la Categoría I; largos para las obras de captación, líneas de transmisión, obras de arte y tuberías matrices de la Categoría II; de medianos a cortos para las partes menos importantes del sistema en la misma Categoría.

b) Población de diseño: Aumento considerable, debido, entre otras cosas, a la propia existencia del acueducto, en la Categoría I; aumento normalmente rápido en la Categoría II, debido al desarrollo socioeconómico.

c) Calidad bacteriológica del agua: Sanitariamente segura para la primera Categoría; óptima para la segunda; tratamiento mínimo de cloración para ambas.

d) Calidad físico-química del agua: Requisitos muy elásticos, en algunos casos llegando hasta los límites de tolerancia para la Categoría I; flexibilidad suficiente para ajustar el diseño a las condiciones económicas, en la Categoría II.

e) Planta de tratamiento: Diseño en la

forma más sencilla de operación y más económica de mantenimiento para la primera Categoría; flexibilidad en las especificaciones, selección de métodos o procesos de tratamiento, maquinaria, equipo y compuestos químicos en la Categoría II.

f) Dotaciones: Dotación inicial reducida del orden de 100 a 200 lt/cap/día en la Categoría I, con facilidades para absorber el aumento de la demanda en este rango; dotación mínima de 200 a 250 lt/cap/día con previsiones para su aumento gradual, conforme al desarrollo socioeconómico, en la Categoría II; poco o ningún consumo industrial para la primera; consumo industrial potencialmente grande para la segunda.

g) Protección contra incendio: Mínima o ninguna protección en la Categoría I; flexibilidad amplia para seleccionar, a criterio del proyectista, el gasto de incendio, espaciado de hidrantes, duración del incendio, etc., en la Categoría II.

h) Materiales de construcción a emplearse: Previsión en la primera Categoría, para seleccionar materiales económicos y de preferencia de fabricación local; materiales óptimos para los componentes de carácter permanente del sistema en la segunda Categoría; flexibilidad de empleo de sustitutos en casos especiales.

i) Maquinaria, equipos y dispositivos especiales: Evitar en la primera Categoría cualquier mecanismo de operación difícil y de mantenimiento costoso; flexibilidad en el diseño de alternativas o sustitutos en la segunda Categoría.

j) Número de llaves de paso en las redes: Un mínimo de dos zonas aisladas para la Categoría I; sin límites rígidos para la Categoría II.

k) Presiones residuales mínimas en la red: Del orden de 7 a 10 m en la Categoría I; de 15 a 20 m en la Categoría II.

l) Presiones máximas estáticas en la red: Del orden de 40 a 55 m para la primera Categoría; de 60 a 75 m para la segunda.

m) Medidores de consumo: Opcional para la Categoría I; obligatorio para la Categoría II.

n) Requisitos referentes a la realización de estudios, levantamientos y cálculos topográficos: Elásticos en la Categoría I; estrictos en la Categoría II.

o) Presentación del proyecto: Sencilla y

económica en la primera Categoría; con todo el lujo de detalles en la segunda.

Estos son los aspectos principales que se presentan como punto de partida para una discusión detallada, y como base teórica para la elaboración eventual de normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua de carácter continental.

Tema IV

MATERIALES Y EQUIPOS; SU EFECTO SOBRE LAS NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA*

CHARLES A. MORSE, Jr.

Consultor de la Oficina Sanitaria Panamericana†

Hoy nos encontramos con un mercado donde se consiguen más fácilmente que nunca, y en mayor proporción, nuevos materiales, equipos y métodos, de lo cual resulta un estímulo a la selección y al uso inteligente de los productos en venta. Los criterios de diseño ya no están supeditados a las mismas limitaciones materiales y de procedimiento a que hemos estado acostumbrados.

No cabe la menor duda que no se está sacando de esos nuevos adelantos el máximo de ventaja. Y esto ocurre por muchas razones, entre las que se encuentran el desconocimiento de la existencia de tales adelantos, la poca familiaridad con sus características, el conservadorismo innato, barreras comerciales que impiden la venta de los nuevos productos, y, hasta a veces, las ideas preconcebidas. Todavía otra razón, quizá secundaria en casi todos los países, son las normas anticuadas que requieren el uso de ciertos materiales y excluyen los más recientes.

La construcción de la mayor parte de las instalaciones de abastecimiento de agua por cuenta del erario público, y hasta la concesión de subsidios para la operación de las mismas, ha tenido un efecto profundo en el diseño de los proyectos. En efecto, el proyecto nunca ha tenido que pasar por la

prueba de su solvencia económica: ¿se puede sostener por sí mismo? Esto ha significado que el ingeniero encargado del diseño sólo tenía que encontrar la solución técnica más evidente y aplicar las normas y prácticas habituales; no tenía porqué arriesgarse y buscar algo nuevo que redujera el costo de la obra. La ingeniería cumple su cometido cuando el servicio de abastecimiento tiene que financiarse por sí mismo, y es necesario optar por las alternativas más económicas.

Hay que aclarar que este informe se refiere sobre todo a las miles de pequeñas ciudades y pueblos de América Latina. Las grandes ciudades, como Buenos Aires, por ejemplo, obtendrán la mejor asesoría de la ingeniería para sus planes, los que podrán ser fácilmente autofinanciables. La verdadera lucha está en los pequeños centros urbanos, los cuales, por su número y tamaño, contarán con una ingeniería mediocre. Los hombres más calificados, tales como los presentes en esta reunión, son muy pocos para hacer más que supervisar y establecer normas.

Desgraciadamente, es justo en tales pequeños centros urbanos en donde se necesitan más iniciativa y las ideas más audaces en materia de construcción de obras cuyo importe pueda pagar el vecindario. Pueden ser armas muy útiles en este empeño el mayor uso posible de nuevos materiales, nuevas aplicaciones de materiales conocidos, de equipo e instrumentos de tipo avanzado, y nuevos métodos de construcción.

* Publicado en el *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, Vol. LV, No. 3 (1963), págs. 301-308.

† Actualmente con el Banco Mundial.

MATERIALES

Los materiales que más influirán en las instalaciones de agua y de alcantarillado, y en sus normas de diseño son los plásticos, en particular tuberías y accesorios. Su poco peso, su elevado índice de flujo, su fácil manejo y su precio razonable, los hacen muy ventajosos en todos los casos, en especial fuera de los centros urbanos principales. Sus desventajas, entre ellas su sensibilidad a la temperatura, lo poco que se sabe sobre su durabilidad, las dificultades de sus conexiones de servicio bajo presión, su pobre conductividad, son de escasa importancia en tales circunstancias. También hay muchos otros materiales, tanto nuevos como antiguos perfeccionados. Para los casos del elevado costo de transporte y de la falta de hormigón en las zonas selváticas, pueden ser indicadas tuberías de plástico y de arcilla vitrificada. Los medidores de diseño perfeccionado, incluso los de cojinetes de nilón, de transmisión magnética, de vidrio irrompible, etc., facilitan el mantenimiento y la prueba, y permiten más libertad en cuanto a su localización. Aceros de gran resistencia permiten construir depósitos a precios más ventajosos y fabricar tubos pretensados más livianos y mayores. Mejores coagulantes pueden modificar los períodos de retención y cambiar las tasas de dosificación. Un revestimiento más efectivo ampliará el uso de los varios materiales de tubería. Aditivos para concreto pueden al final evitar la corrosión del alcantarillado por los sulfuros. Pero para aprovecharse de estos adelantos, el proyectista ha de estar familiarizado con ellos y ser capaz de utilizarlos. Esto, a su vez, dependerá en gran medida de una cuidadosa evaluación y de especificaciones adecuadas.

La falta de especificaciones puede ser una razón principal de que no se utilice un material dado. Sin duda, el uso en mayor escala de tuberías y accesorios de plástico ha estado pendiente de su aceptación general

por los ingenieros de Estados Unidos y de Europa, y de la formulación de las especificaciones pertinentes. La insuficiencia de datos y especificaciones relativos a la tubería de concreto pretensado sin cilindro ha impedido su aplicación en mayor medida. Se ha reconocido, por supuesto, que las especificaciones difícilmente se pueden formular sin antes haber acumulado la experiencia suficiente sobre las características de las materias primas, los métodos de producción y los procedimientos de utilización del material correspondiente. Pero aun cuando haya experiencia suficiente para indicar que está prudentemente justificado el riesgo de usar el material, sólo se utiliza en cantidad cuando hay especificaciones adecuadas.

Esta actitud se debe en parte a que, al faltar las especificaciones, hay poco control posible de la calidad y puede ser que muchos fabricantes secundarios no sean capaces de producir, en forma regular, mercancías satisfactorias, y aun pueden a sabiendas adulterar su calidad. También hay la tendencia natural a precipitarse en la explotación de un nuevo producto antes de probarlo debidamente. La industria de los plásticos es un ejemplo reciente de ello, aunque lo mismo ha pasado con casi todo material nuevo, y hay que esperar que siga ocurriendo en el futuro.

En la práctica se nota que las especificaciones se originan en el extranjero y luego se importan, con o sin modificaciones. Estas normas, pues, deben ser aceptadas antes por los usuarios del material en cuestión en América del Norte o en Europa. El orientarse por el juicio de la industria hidráulica europea y norteamericana es recomendable por muchas razones, aunque implique alguna demora y que las normas y prácticas impuestas de acuerdo con determinadas condiciones deban aplicarse en otras completamente distintas.

Entre las muchas y diversas especificaciones de los mismos artículos se advierten

muchas veces diferencias apreciables de la severidad de los requisitos. El proyectista y el comprador tienen que escoger entre distintos estándares o patrones—todos preparados por personas calificadas. Un requisito que uno encuentra esencial, otro lo ignora. De más está decir que, en estos casos, el ingeniero ha de aplicar su criterio. Objetivamente hablando, la gran mayoría de los ingenieros no se sienten con la necesaria competencia para discrepar de una especificación técnica, y tampoco se cuenta por lo general con el consejo imparcial de un experto. Las razones en que se fundan las especificaciones rara vez se publican, y muchas veces se consideran confidenciales a fin de no poner en situaciones difíciles tanto a los productores como a ciertos compradores. Si bien esto es comprensible, sólo conduce a una aplicación un poco mecánica de los requisitos enumerados.

Las diferencias entre las especificaciones de Estados Unidos y de Europa son las más importantes, por ser estos los dos mayores productores y cuyos fabricantes cuentan con agentes de venta activos, vigorosos y competentes, que conocen bien los defectos de la competencia comercial. Resulta que el ingeniero comprador puede encontrarse en una situación difícil. Por extraño que parezca, es más fácil insistir por lo general en los requisitos más difíciles; raro es que una persona sea criticada por escoger lo mejor o lo más seguro. Sin embargo, puede ser que un requisito menos estricto sea suficiente y permita un precio más bajo.

Hay cierta justificación en la queja de que las especificaciones de Estados Unidos son innecesariamente rígidas a causa de la distinta escala de costos de este país, mientras que los procedimientos europeos cuadran mejor con las condiciones latino-americanas. En cambio, se puede sostener que las especificaciones de Estados Unidos están más influidas por el punto de vista

del consumidor, mientras que las europeas lo están por el del productor.

La gran mayoría de las especificaciones son bastantes satisfactorias para condiciones normales; lo que conduce a los fracasos son las condiciones excepcionalmente difíciles. Formular especificaciones para todas las variaciones probables sería aumentar innecesariamente el costo del producto de uso normal. La solución más evidente para el proyectista consiste en incluir los requisitos especiales que sean necesarios para las condiciones extremas, cuando éstas pueden preverse. La dificultad principal aquí es que, por inexperiencia o por estudios apresurados, no se prevean los peligros excepcionales y como resultado se llegue al fracaso final. Es igualmente evidente, pues, que la solución se halla en un estudio más profundo y en las normas de diseño, y no en la aplicación general de especificaciones muy rigurosas.

Se reconoce que la aplicación de las especificaciones no se puede hacer a ciegas. Aunque dos especificaciones parezcan a veces tener usos finales casi idénticos, los materiales básicos pueden tener características diferentes. El hierro fundido y el asbesto-cemento nos ofrecen un ejemplo notable de materiales que compiten entre sí en condiciones normales, en las que las ventajas de uno sobre el otro compensan, pero son estas ventajas especiales las que cuentan en condiciones extremas. En tales casos es cuando el proyectista ha de indicar específicamente el material que se requiere. Se ha sugerido la conveniencia de que en las especificaciones se discutan los usos finales y las limitaciones de los materiales en cuestión.

Además de las condiciones físicas de servicio tales como temperaturas extremas, movimientos de tierra, precipitación y propiedades del suelo, transporte, etc., la posible alternativa de otros materiales tendrá un efecto importante sobre las

especificaciones. Las que permiten una sección más delgada de pared de tubería de hierro fundido, con hierro de mayor resistencia a la tensión, han sido perfeccionadas en cierto grado como respuesta a la competencia del asbesto-cemento. La tubería de plástico tiene la tendencia a seguir una pauta similar a fin de poder hacer frente al precio de la tubería de acero galvanizado o de hierro.

A falta de especificaciones adecuadas, se puede recurrir a las marcas más acreditadas y al consejo de los vendedores autorizados. Este procedimiento se puede recomendar como último recurso, aunque, sin embargo, tiene sus ventajas. Hay algunas compañías que por mucho tiempo han operado en el terreno del abastecimiento de agua y cuyo nombre es garantía de calidad. Tales compañías están interesadas en operaciones a largo plazo y deben conocer a fondo las aplicaciones y limitaciones de sus artículos.

La vida probable de los componentes de un proyecto no es suficientemente considerada. Muy a menudo se acepta un período de diseño de, digamos, 20 ó 30 años, y el proyecto basado en este período tal vez asuma una "saturación" de la población en ciertas zonas. La tubería en especial puede tener una duración útil de hasta cien años, y las estructuras, casi lo mismo; en realidad, es más probable que lleguen a ser anticuadas antes de que se deterioren por el uso. Dada la carestía de fondos capitales y la dificultad de la imprevisión, es una proposición dudosa el construir para más de 30 años; al menos la alternativa de hacerlo, debe ser considerada con atención. En todo caso, subsiste el problema de la relación entre la durabilidad de los materiales y el período asignado al diseño.

Podemos examinar el uso de los materiales de calidad inferior a fin de hacer un proyecto económicamente posible. En una ciudad de algunos miles de habitantes, donde el sueldo diario de un jornalero inexperto es de

EUA\$1,00 cuando trabaja, ¿por qué no usar tubos de concreto sin refuerzo en las alcantarillas, que cuestan sólo dos tercios de lo que cuestan los tubos de concreto armado? ¿Por qué no usar tubería de asbesto-cemento de 45 libras por pulgada cuadrada de presión, y de 2 pulgadas de diámetro con conexiones a domicilio de media pulgada de acero galvanizado? Si la ciudad prospera de pronto por efecto del desarrollo económico, será imposible predecir en qué grado—y cualquier cosa hoy día parece razonable—será anticuada mañana; si no hay prosperidad de momento, se habrá instalado un servicio marginal de acuerdo con las condiciones y al nivel de la capacidad locales de pago. Por otra parte, se puede argumentar honradamente que cuesta un poco más instalar cañerías de diámetro mayor y de mejor clase, y que se tiene entonces más capital invertido para el futuro y un margen cómodo de seguridad. En ambos casos, el conocer bien el costo y los materiales es esencial para planificar a conciencia.

EQUIPO

La utilidad de los equipos de tratamiento ha sido el tema de acalorados debates, si bien de pocos análisis objetivos de su importe. Sin duda, donde el terreno y la mano de obra cuestan mucho, las instalaciones equipadas en alto grado son ventajosas; pero los países latinoamericanos tienen superabundancia de tierras y de mano de obra. La instrumentación merece más atención de la que ha venido recibiendo, cuando, en vez de reemplazar el esfuerzo humano, lo complementa.

El constante progreso técnico puede muy pronto convertir en no económico el equipo con que se cuenta, y puede también convertir en anticuadas las estructuras correspondientes. Los generadores y los motores

eléctricos y los de combustión interna han llegado a ser más compactos; los cloradores, mucho más sencillos y más seguros, y las bombas centrífugas para desagües pueden adaptarse ahora a cualesquiera condiciones de bombeo.

Tal vez en ningún otro caso se haya hablado tanto y se haya prestado tan poca atención al rendimiento de las bombas. Las unidades de bombeo se aumentan por etapas basándose en un consumo teórico; se obtienen bombas para pozos en base a un presunto rendimiento de los pozos, y es muy raro que se revisen las eficiencias de bombeo con el objeto de reemplazar las unidades por otras más eficientes.

El equipo para mantenimiento puede afectar directamente las normas establecidas; un ejemplo sobresaliente es el espacio entre pozos de visita en las líneas del alcantarillado. El hecho de contar con equipo en este terreno no es tanto una cuestión de ahorro de mano de obra, sino de hacer o no hacer el trabajo. La base del éxito de cualquier proyecto, es el mantenimiento adecuado; pero, con alegre despreocupación se da por descontado que lo hay, o ni siquiera se tiene en cuenta, si bien, de hecho, casi siempre resulta deficientísimo. De todo proyecto deben formar parte los planes de mantenimiento y las recomendaciones al respecto; y al estimar el presupuesto de la construcción, hay que tener en cuenta también las especificaciones y el importe del equipo y de las herramientas que el mantenimiento requiere.

Los detalles de la operación del sistema deben estar siempre presentes en la mente del proyectista. Si bien esto es válido en general para todas las fases, tiene singular importancia en la de evaluación del equipo. Son numerosos los casos de operación defectuosa y de mantenimiento mediocre. Las normas deben anticipar el posible problema y exigir cuantas seguridades sean prácticas para evitar su ocurrencia. Las

comparaciones de precios, los programas de adiestramiento, y el presupuesto funcional, deben formar parte de un proyecto completo con igual razón que los cálculos del gasto de las tuberías.

Se encuentra considerable dificultad en la especificación de los equipos, por ser éstos, en su mayoría, producidos en serie y patentados. A causa de su naturaleza especial son los menos sujetos al control inteligente del comprador, quien debe depender en gran medida de la capacidad y de las buenas intenciones del proveedor. La mayor parte del equipo sólo se especifica en función de lo que se espera que haga—requisito que, a veces, sólo tiene valor mientras dura el plazo de la garantía.

CONSTRUCCION

A causa de los diferentes elementos a considerar en el costo de construcción, las prácticas de llevar ésta a cabo están menos sujetas a la importación directa. La concentración de las obras en la empresa privada significa que dichas prácticas serán más flexibles y conformes con las condiciones locales. En América Latina la mano de obra cuesta menos y el capital mucho más aún que en Europa. Esto, combinado con una actividad de construcción más errática y limitada, impone un mínimo de inversión en equipo especializado. Ciertas técnicas especiales, como el pretensado, no estarán por lo tanto tan al alcance de dichos países.

El proyectista ordinario no siempre toma en cuenta lo bastante los métodos y problemas de construcción. Es sabido que muchos proyectistas, entusiasmados en hacer diseño puro, acaban con algo casi imposible de construir. En muchos organismos gubernamentales parece que hay barreras entre el departamento de construcción y la oficina de proyectos, a tal extremo que el proyectista no puede ni siquiera estar al corriente de

las limitaciones de la construcción. Es precisamente en ese molde de las realidades de la construcción y del proyecto donde las firmas consultoras pueden hacer una mayor contribución.

Los proyectistas debieran tener a su disposición todos los datos sobre el costo de construcción. Con la debida atención a las distintas combinaciones de los mismos, se puede obtener un sistema considerablemente más económico que con la aplicación de normas mínimas y cálculos de proyectos teóricos. No es ésta una idea nueva, ni tampoco muy utilizada en la práctica actual, quizás a causa de las muchas variables en juego. Los calculadores electrónicos pueden ser de gran ayuda, pero aun sin ellos, es posible hacer por lo menos refinamientos aproximados. Pueden mencionarse como ejemplos el costo del bombeo en comparación con el diámetro de la cañería, la pendiente del alcantarillado comparada con los diámetros, y la localización y dimensión de los tanques de almacenamiento.

Los planes deben tener la flexibilidad que sea conveniente para llevar a cabo el proyecto. La profundidad de los embalses, localización de los derrames, disposición de alcantarillados, etc., deben ser susceptibles de variación para facilitar las construcciones.

Las normas deberían exigir suficientes datos fundamentales obtenidos sobre el terreno, de tal modo que los problemas que se presenten en la construcción sean conocidos de antemano. Hay que considerar desde el principio las características del suelo, aguas subterráneas, los datos meteorológicos sobre precipitación, las condiciones extremas del clima, las estructuras especiales que ya existan y factores similares. Además, son necesarios para un adecuado planeamiento de la construcción y presupuesto factores tales como oferta de mano de obra, especializada o no, escala de salarios, efecto de

la estación del año en la oferta de mano de obra, los subcontratistas locales, etc.

ESPECIFICACIONES E IMPORTACIONES

Una gran parte de la América Latina sigue siendo todavía un consumidor de productos manufacturados. Las especificaciones deben considerarse a la luz de la protección para el comprador, pero esta protección depende del grado en que se cumplan las especificaciones requeridas. Si bien las especificaciones se mencionan muy a menudo, poco esfuerzo se ha hecho para asegurar su cumplimiento. Numerosos compradores creen que no pueden hacer mucho en el caso de deficiencias de menor cuantía, pues una vez llegada y probada la mercancía es impráctico devolverla o insistir en corregirla. Los servicios de firmas que inspeccionan y prueban los equipos en el país de origen, se conocen muy poco al parecer en América Latina.

El solo hecho de ser un importador de mercancías manufacturadas tiende a forzar la aceptación de las especificaciones extranjeras. Mientras que los productores puedan diversificar sus mercancías a tenor de las variaciones de todo un continente, no es probable que país alguno en particular pueda obtener, a precios razonables, un producto cuyas normas no sean las aceptadas en general.

Las limitaciones de las organizaciones internacionales de préstamo en lo que se refiere a la procedencia de los materiales, equipo y servicios, son generalmente de menor cuantía, aunque se indique preferencia por la compra en las Américas caso de tratarse de fondos de desarrollo social. Las organizaciones de préstamo pueden ayudar a mejorar las normas de materiales y equipos insistiendo en especificaciones adecuadas y procurando que haya la mayor concurrencia

de subastadores. También pueden servir como una defensa contra presiones comerciales exageradas y contra abastecedores locales de ínfima calidad.

La apelación al mercado mundial es la más ventajosa al comprador a causa de la mayor oferta y de permitir una selección más variada. Hasta ha sido posible en ciertos casos obtener artículos por menos de su costo o ligeramente mayor por impaciencia del vendedor. Asumiendo que se cumplan los requisitos de calidad y que no se depende de una fuente particular para obtener productos adicionales, no hay excusa para no aprovechar tales ofertas.

Hay gobiernos que hacen empréstitos a fin de facilitar sus exportaciones. La idea fundamental es, o era, estimular la exportación de los productos y de los servicios facilitando las condiciones de pago. Estos empréstitos restringen, naturalmente, la compra en países extranjeros al país prestatario. Ocurre a veces que estos empréstitos están considerados, por uno o ambos interesados, como si fueran sobre todo de ayuda del desarrollo, a los cuales se les ha añadido incidentalmente una cláusula restrictiva a la compra en otros países. Esta manera de ver el propósito básico de la organización de préstamo ha dado lugar a algunas críticas injustas. Tales préstamos deben ser reconocidos como lo que son, y al analizar el importe hay que tomar en cuenta tanto el valor de las mercancías como del dinero.

Las especificaciones debieran ser, como es natural, lo bastante concretas para poder comparar las licitaciones. Se requiere prestar más cuidado en este caso a la compra en el extranjero a causa de la mayor variedad de vendedores y de las condiciones incidentales. Aunque se mencione una especificación particular, no es nada seguro que todos los licitadores accedan a ella, o hasta que la entiendan.

ESPECIFICACIONES Y PRODUCCION LOCAL

Las especificaciones pueden ser de una ayuda considerable en cuanto estímulo de la producción local de calidad. Si hay oportunidad de obtener beneficios y una seguridad razonable de inversión, la producción local se desarrollará. Lo que puede ocurrir es que la competencia entre productos locales afecte más la disminución de la calidad que la de los precios. Por lo general, un productor serio es el primero en sentir la necesidad de un criterio de calidad y en tomar la iniciativa de estimular su formulación para su propia seguridad.

Las especificaciones elaboradas para los productos locales pueden ser más benignas, ya que los fabricantes locales obtendrán una actitud de mayor simpatía, y hay la creencia general de que el uso de los productos locales debe ser permitido, aun cuando éstos sean algo inferiores. Por otra parte, la aplicación rígida de las especificaciones puede ser un arma defensiva contra la imposición de malos productos locales, y usarse también como estímulo de la superación de su calidad. Donde los esfuerzos tendientes a promover la industrialización condujeron a situaciones de monopolio por parte de productores locales, contra la importación, muchas veces los altos precios y la mala calidad son el resultado de esta falta de competencia—y las especificaciones adecuadas pueden al menos evitar la mala calidad. Aun cuando se acepte un nivel más bajo en favor de los productos nacionales, el organismo de control debe tender hacia una mejor calidad por medio de una continua y progresiva revisión de los límites mínimos aceptables.

Por lo general la discriminación entre los productos nacionales y los extranjeros no se efectúa sobre una base técnica. Una prohibición general o una escala de tarifas pueden ser impuestas por razones políticas o económicas, pero las especificaciones técnicas por lo común sólo favorecen los

productos locales hasta que hayan sido modificados una vez que estén dentro de los límites aceptables.

Con el advenimiento del mercado común en América Latina, las especificaciones de materiales y equipos representarán un papel más importante que hasta ahora. Entonces la uniformidad entre las normas nacionales sería ventajosa. Se podrá ver que habrá menos razones para que haya diferencias nacionales, regionales o ambas a la vez sobre especificaciones de materiales y equipos que lo que se pensó al principio. La uniformidad continental en materia de especificaciones y de normas ejercería una gran influencia sobre los mercados locales y mundiales.

En ciertos casos, las instituciones gubernamentales producen algunos materiales, el más común de ellos, la tubería de concreto. Por medio de una contabilidad inadecuada y análisis incompleto de los costos, los precios pueden parecer bajos, a pesar de que el verdadero costo de producción sea alto. A causa de la falta de competencia, la calidad de estos productos no es a veces satisfactoria.

FORMULACION DE ESPECIFICACIONES

Al establecer un plan de acción básico para la formulación de las especificaciones, hay una serie de problemas que tener en cuenta. El tipo de proyecto y las normas de calidad serán mayormente responsables de la política a seguir. También ha de considerarse el problema de la preparación, revisión y publicación de las especificaciones.

Una cuestión fundamental es la de saber si los nuevos materiales y métodos deben aplicarse de inmediato y estudiar los resultados obtenidos en América Latina, o si primero deben pasar por un período de ensayo en otros países, y limitarse los países del Continente a estudios confirma-

torios. Si algún producto nuevo puede hacer el trabajo más económico, ¿es justificable esperar en otras partes una investigación exploratoria excesiva?

Las especificaciones explícitas y detalladas, tienen la ventaja de declarar claramente al productor, al comprador y al proyectista lo que cabe esperar de ellos. Por otra parte, las especificaciones de tipo más general exigirán al proyectista el uso de su juicio y le permitirán utilizar su imaginación al máximo. Los materiales de calidad mínima, adecuados en medida suficiente para hacer el trabajo, pueden ser necesarios para reducir lo más posible el costo por unidad, y los de mejor calidad pueden justificarse como una inversión para el futuro y por ofrecer un margen de seguridad mayor.

Se ha defendido el uso de los productos locales, aun cuando sean inferiores y más caros, a fin de estimular el desenvolvimiento económico en general y en particular la industria de abastecimiento de agua. Sin embargo, el pretender que el abastecimiento público de agua subvencione la producción local de materiales y equipo es una forma injusta de aplicar impuestos y una medida contraria al desarrollo económico bien entendido.

Cada país tiene sus propias necesidades, y las condiciones locales son tan distintas unas de otras, que las varias especificaciones nacionales no pueden ser uniformes. Sin embargo, las técnicas de la ingeniería y los problemas de diseño son parecidos en todas partes, a tal punto que si el tipo general de economía fuera el mismo en todo el Continente, las especificaciones en su mayoría podrían ser uniformes.

Aún más que la formulación de normas, las especificaciones de los materiales son el resultado de un extenso trabajo voluntario por miembros conscientes y entusiastas de grupos profesionales. De los comités de especificaciones forman parte por lo general

representantes de los usuarios, de los fabricantes y de los ingenieros consultores. Antes de la publicación de tales especificaciones se efectúan muchos trabajos de investigación y prueba, y aquéllas son objeto de una constante revisión. Toda especificación es usualmente un compromiso entre los diferentes representantes, un resultado de

considerables concesiones en las reuniones del comité.

Sobre todo, una especificación es un instrumento, un medio para un fin, para facilitar el cumplimiento de las normas, las cuales son, a su vez, medios de alcanzar la meta final: adecuados abastecimientos de agua y servicios de alcantarillado para todos.

Tema V

ELABORACION DE ANTEPROYECTOS Y PROYECTOS COMPLETOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

OSWALDO BAHAMONDE

Consultor de la Oficina Sanitaria Panamericana

INTRODUCCIO

Si para la redacción de un anteproyecto o de un proyecto completo de abastecimiento de agua se dispusiera de algunas normas generales, se ahorraría mucho tiempo y dinero en los estudios y en la ejecución de los proyectos.

En la planificación de los proyectos de abastecimiento de agua tienen que estudiarse distintos aspectos técnicos y también tienen que valorarse las máximas aspiraciones sanitarias de la comunidad ya que, con mucha frecuencia, éstas se salen del marco de su capacidad económica, convirtiendo el proyecto en un anhelo muy difícil de lograr. En algunos casos, por falta de buena orientación, se han construido sistemas más ambiciosos de los que normalmente hubieran sido suficientes y adecuados.

La cuantiosa inversión que se prevé necesario realizar en Latinoamérica en los próximos 10 años para elevar el porcentaje de habitantes urbanos y rurales servidos con agua potable, hace vislumbrar la necesidad de tener disponible, lo antes posible, un código de normas generales que permitan a los ingenieros sanitarios trabajar con un criterio uniforme para lograr el máximo beneficio.

Espero que con las ideas que se expresan en este trabajo se pueda preparar un bosquejo de las normas que se podrían utilizar en la formulación de cada una de las etapas

de un estudio: anteproyecto, proyecto y proyecto completo.

DEFINICIONES

Anteproyecto: Estudio preliminar y general de todos y cada uno de los aspectos técnicos y económicos que intervienen en la solución de una o varias alternativas.

Proyecto: Estudio detallado de los aspectos técnicos, realizado con base en las conclusiones de un anteproyecto.

Proyecto completo: Estudio integral de un sistema que comprende las fases técnicas, económicas y sociológicas, todas combinadas para alcanzar la mejor solución.

I. REQUISITOS QUE DETERMINAN LA NECESIDAD DE FORMULAR UN ANTEPROYECTO Y PROYECTOS COMPLETOS

Es bastante difícil establecer, con alguna exactitud, cuándo la realización de los estudios para la construcción de una obra de abastecimiento de agua ha de requerir la formulación previa de un anteproyecto antes de entrar en el proyecto final y completo.

Sin embargo, algunas de las siguientes consideraciones son de vital importancia en su definición:

- a) Magnitud de la obra que se proyecta;

- b) Posible número de soluciones o variantes de una misma solución, y
- c) Disponibilidad de proyectos anteriores.

En el primer caso, es de lógica suposición que si la obra se proyecta para una población pequeña o mediana se deben estudiar las posibles soluciones sin que medie el informe preliminar de rigor, formulando el proyecto final y completo, ya que, inclusive la magnitud de las inversiones que se planean no justificaría el gasto que representa un estudio de esta clase. En cambio, en proyectos de poblaciones de un tamaño más que mediano, la formulación del anteproyecto no solamente se justifica sino que se impone. El anteproyecto en este caso viene a ser como una "guía" para el proyecto final.

El segundo caso está influenciado por el primero, ya que la amplitud con que se estudien las diversas soluciones son las que demandan la formulación del anteproyecto y ésta tiene relación directa con la magnitud de la obra.

El tercer caso sí es independiente, y cualquiera que sea el tamaño de la obra, siempre que se encuentren proyectos que se hayan ejecutado en fecha anterior éstos representan y reúnen generalmente la suficiente información para formular un anteproyecto de recomendaciones que puedan orientar en dos sentidos: a) a que se acepte cualquiera de los proyectos existentes, en caso de ser varios, con pequeños cambios para ponerlo al día; b) que con una rápida inspección del terreno se considere que es necesario abandonar totalmente los proyectos existentes y proceder a la formulación de uno nuevo y totalmente diferente.

En todos los tres casos, la disponibilidad de normas tiende a facilitar la realización de los proyectos, porque al tener las bases de diseño junto con los límites de variaciones permitidos, el proyectista puede escoger el camino más adecuado para la solución del problema.

En el caso de que la magnitud de las obras que se planean justifiquen la formulación de un anteproyecto y luego de un proyecto final completo, a continuación se mencionan algunos de los puntos que un anteproyecto debería reunir o describir:

a) Una carta de presentación y transmisión del estudio en la cual se mencionarían, en forma absolutamente sintética, los puntos principales de las conclusiones y recomendaciones, destacando la magnitud de las obras necesarias, las etapas proyectadas y los costos que las mismas representen.

b) Un informe que contendría, entre sus principales capítulos: 1) Estudios completos y detallados de todas las fuentes de agua; 2) Estudio completo y detallado de la comunidad o comunidades a servir y de la organización encargada del servicio; 3) Análisis de las instalaciones existentes; 4) Formulación y estudio de las soluciones; 5) Balances financieros, y 6) Resumen y recomendaciones.

c) Un apéndice del informe en el cual constarían las conclusiones generales a las que se hayan llegado con las autoridades responsables, para definir la solución que se debería buscar en el estudio del proyecto final.

Los planos que deben acompañar a un anteproyecto deben ser generales y esquemáticos; igualmente los cálculos deben ser generales, lo suficientemente aproximados como para llegar a determinar conclusiones básicas de los elementos fundamentales, tales como diámetros de las tuberías, secciones de canales, dimensiones de los tanques, etc.

Con la descripción de las fuentes, lugares de embalse, líneas de conducción, áreas de influencia, zonas de desarrollo, entrada de las instalaciones existentes, etc., sería de gran utilidad acompañar fotografías de los lugares importantes, ya que en esta forma se podrían justificar muchos conceptos y

recomendaciones ante personas que no han podido llegar a dichas zonas y, además, sería una magnífica referencia para la realización de etapas y proyectos posteriores.

Mientras más detallado y completo sea un anteproyecto, con más facilidad y seguridad se adelantaría la elaboración no sólo del proyecto completo inmediato sino también de los futuros.

Aspectos que deben incluirse en los proyectos finales

Una vez que se haya definido la mejor solución, a base de un anteproyecto, la elaboración del proyecto final debería incluir entre sus principales aspectos los siguientes:

- a) Diseño detallado de todas y cada una de las obras necesarias.
- b) Elaboración de las especificaciones correspondientes.
- c) Elaboración de presupuestos, listas de materiales o equipo.
- d) Elaboración de un programa de trabajo.
- e) Planificación financiera y administrativa.

En determinados casos, junto con los planos de diseño de las obras que deberían ejecutarse, convendría tener el cálculo detallado de las mismas, en cuyo caso sería necesario preparar un volumen anexo que reúna aquellos cuadros de cálculo.

El orden de presentación de las partes de un proyecto, la nitidez y lujo de detalle de las partes importantes de las obras, la claridad de expresión en las especificaciones, la relación en la ejecución de las distintas partes dentro del programa de trabajo, además de la oportuna provisión de materiales y equipo y otros pequeños aunque muy importantes detalles, dan como resultado obras bien hechas a costos más bajos.

Un buen proyecto demanda siempre la realización de una buena obra, y en materia de agua potable este es un concepto que siempre debe prevalecer.

II. NECESIDAD DE UN ANTEPROYECTO EN EL CASO DE EXISTIR VARIAS ALTERNATIVAS

En la sección precedente se mencionó que una de las razones que justifican la elaboración de un anteproyecto es el número variado de soluciones que se pueden estudiar.

En algunos casos, el número de soluciones es tan vasto que se requiere de un análisis previo para determinar las principales que deben ser estudiadas. Pero también ocurre lo contrario, que la solución a veces es única, y sin embargo conviene estudiar un anteproyecto con el objeto de buscar algunas variantes que puedan ser importantes, lo que daría lugar a la programación de etapas con una armoniosa relación entre la demanda de dos o más períodos y la capacidad financiera de la comunidad.

El estudio de varias soluciones puede ser tan amplio que involucre el uso de varias fuentes, con diferentes sistemas de conducción y diversos procesos de tratamiento, además de las combinaciones que puedan surgir entre ellas.

Por lo anterior, parece que lo más recomendable sería que, en el estudio del anteproyecto, se reúnan todas las informaciones pertinentes a cada caso, y solamente cuando se disponga de la totalidad de los datos, entonces entrar a realizar el análisis de los mismos y el estudio comparativo correspondiente.

Generalmente surge un problema cuando se trata de determinar la persona que será responsable de definir la mejor solución y se producen las siguientes preguntas:

- a) ¿es el ingeniero responsable de la elaboración del anteproyecto quien debe decidir? o,

- b) ¿debe ser el ingeniero con máxima autoridad dentro de la organización de la empresa? o,
- c) ¿debe ser un tercero ajeno tanto a la elaboración del proyecto como a la organización responsable del sistema?

En el primer caso, existe la posibilidad de que el ingeniero responsable se haya podido sugerir por algunos factores que pueden no ser decisivos.

En el segundo, puede suceder que el máximo responsable de la organización no conozca con suficiente detalle las soluciones para hacer un análisis completo e imparcial.

En el tercer caso, si se cuenta con la plena colaboración de los autores del estudio, más el respaldo de las autoridades responsables de la organización, es muy probable que una persona ajena a todos los aspectos emotivos, impresiones circunstanciales e intereses lugareños, sea quien mejor puede determinar con imparcialidad absoluta cuál es la mejor solución.

Las recomendaciones del anteproyecto deberían estar sustentadas por un estudio económico en el cual el balance de los costos, al final del período de amortización, junto con las razones de seguridad y riesgo mínimo, den la pauta para escoger la mejor solución.

Al entrar al análisis de costos, en un período más o menos largo de amortización, existe una incógnita muy difícil de determinar que es la desvalorización que puede sufrir la moneda. Sin embargo, el cálculo de las inversiones proyectadas debe hacerse con base en un promedio justo, deducido de la experiencia en un período igual anterior a la financiación proyectada. El factor de la desvalorización de la moneda es especialmente importante cuando la financiación se ha realizado con préstamos locales. En la actualidad se observa que los préstamos extranjeros, con moneda extranjera, se están convirtiendo en algunos países en el mercado libre, lo cual hace desaparecer en parte el beneficio de una amortización

a largo plazo con moneda desvalorizada, puesto que al tiempo de pagar los futuros dividendos, las divisas tendrán que obtenerse en el mismo mercado libre de la venta.

Aparte de las consideraciones económicas, sería importante mencionar otros factores que pueden favorecer una solución. Entre las primeras se cuenta el uso del agua, especialmente en zonas agrícolas y ganaderas donde el costo del agua puede justificar su adquisición en relación a otras fuentes más distantes, pero, en cambio, puede afectar al desarrollo de una extensa zona, así como a la provisión normal de alimentos, especialmente la leche, a la misma ciudad que se trata de servir. Igualmente, en zonas montañosas sujetas a frecuentes o más o menos periódicos desastres, como son erupciones, aludes, sismos, etc., es preciso descartar las soluciones que puedan ser afectadas por tales circunstancias, porque es precisamente en esas ocasiones cuando más se necesita depender de un buen abastecimiento de agua.

En resumen, si en verdad el menor costo en la realización de una obra de buena calidad, ha de ser un objetivo que se trate de alcanzar a través de un estudio detallado al preparar un anteproyecto, existen otros objetivos importantes que en muchos casos pueden prevalecer, y con mucho peso a veces, sobre el de costo. Esta es una razón muy poderosa para que el análisis de las soluciones, así como la determinación final, estén siempre en manos de los ingenieros más capacitados y que tengan más experiencia.

III. NORMAS QUE PUEDEN SERVIR DE GUIA EN LA ELABORACION DE UN PROYECTO

Sin que pasemos por alto la subdivisión del anteproyecto final, y con el fin de referirnos al proceso consecutivo de la elaboración del proyecto en general, sabiendo que los dos pasos son sucesivos y dependientes,

entraremos a revisar la consideración que se merece cada uno de ellos, en orden de presentación.

A. Gestiones oficiales

En este apartado se incluirán las gestiones entre las mismas autoridades que permitan arribar al hecho de que es necesario emprender el estudio de un proyecto. A continuación sería necesario conducir las gestiones hacia el procedimiento que debería seguirse: elaborar el proyecto por medio de la administración de la empresa o por contrato. En el primer caso, las gestiones de las autoridades serían más arduas y prolongadas porque sería necesario conseguir fondos, modificar presupuestos, abrir espacios, contratar personal especializado y de administración y proveer los materiales y equipo necesarios. En el segundo, sería necesario estudiar las bases de un buen contrato, de manera que el contratista pueda realizar su trabajo libremente y sin limitaciones que hagan peligrar el éxito de los estudios, asegurándose al mismo tiempo que no abuse de sus privilegios.

Muchas veces este primer paso de los estudios toma más tiempo que el necesario para la realización del proyecto; en consecuencia, es necesario darle la debida consideración dentro del período en el que se espera disponer de los nuevos servicios.

Entre las gestiones oficiales se podrían también incluir las legales, ya que son solamente las autoridades responsables las que pueden llevarlas a cabo.

Las gestiones legales tienen gran importancia en todo el período de los estudios y aun después de éste, para iniciar la construcción de las obras y durante la ejecución de las mismas. Entre las principales gestiones debemos mencionar la obtención de las licencias para que el equipo de trabajo tenga acceso a las fuentes de agua y planifique los embalses, tomas, ubicación

de estructuras, líneas de conducción, caminos de acceso, etc.; luego, las gestiones necesarias para la adquisición de derechos, compensación de daños y perjuicios, juicios de expropiación con destino a obras de utilidad pública, etc.

En el desarrollo de un proyecto, estas gestiones legales muchas veces son subestimadas y pueden acarrear hasta la paralización de los estudios o de las obras, cuando no se han planificado, ni el tiempo necesario ni la forma oportuna y adecuada de acometer su solución.

Siempre es muy recomendable que dentro de las primeras labores de un proyecto se organice un plan de gestiones legales que se desarrollen simultáneamente con los estudios, con el fin de que las soluciones que se seleccionen posteriormente no vayan a encontrarse con dificultades insuperables.

B. Presentación de la información básica requerida

La recolección de la información básica, en una forma sistemática y debidamente clasificada, es una de las mejores ayudas en la elaboración de los proyectos. Como no siempre se pueden obtener los datos de una sola fuente, es necesario interesar a muchas autoridades para lograr su oportuna colaboración, y ésta puede ser una magnífica ocasión para iniciar un bien trazado plan de relaciones públicas en beneficio de la obra que se piense proyectar. De acuerdo con la magnitud de la obra y la cantidad y variedad de información necesaria, es muy posible que los proyectistas tengan que buscar datos no solamente en los departamentos oficiales, sino también en muchas empresas privadas y organizaciones autónomas, como son los bancos, las sociedades de profesionales y empresas de servicios públicos tales como alcantarillado, energía eléctrica, teléfonos y compañías privadas de ingeniería.

Solamente con un plan bien trazado para la elaboración de los estudios, se puede lograr el buen aprovechamiento de la información que se recoja, especialmente cuando ésta es abundante y lo suficientemente representativa como para reflejar las verdaderas condiciones de la comunidad.

Como en la mayoría de los casos hay alguna información importante que falta, se encuentra incompleta o se prevé que pueda adolecer de errores, lo más conveniente sería instalar, sin pérdida de tiempo, el equipo necesario para que por lo menos se comience a recoger la información durante el período de estudios. El hecho de saber que una información así obtenida es incompleta sirve para dar una idea y orientar al proyectista en cierta medida. Entre esta clase de informes, se puede hacer mención especial de: los aforos de las corrientes de agua, los datos pluviométricos, los consumos reales de agua y otros.

Los datos necesarios para la elaboración de un proyecto completo no solamente han de referirse a los aspectos técnicos ya que, habiéndose reconocido que el diseño de un proyecto debe guardar íntima relación con las condiciones financieras de la comunidad, es indudable que se debería entrar simultáneamente en el estudio de varios aspectos económicos y sociales, y los datos necesarios para estas consideraciones tienen que formar parte también de la información básica requerida.

Con el objeto de servir de orientación en la recolección sistematizada de información necesaria para un proyecto, a continuación se mencionan algunos de los datos principales que pueden ser de interés en la mayoría de los casos. Se debe recalcar que el mayor o menor uso de estos datos estará siempre en función de la magnitud de las obras a ser proyectadas.

1. *Producción de agua*

Estudio de la cantidad de agua

Magnitud, características geológicas, características topográficas y condiciones de la vegetación en el área de drenaje de la fuente o fuentes de posibles áreas de embalse.

Informes sobre precipitación pluvial en el área de drenaje, variaciones máximas y mínimas anuales y ciclos periódicos.

Aforos de las corrientes en épocas de máximo estiaje. Estudio del comportamiento de la corriente de agua en épocas de creciente o máxima escorrentía. Variaciones del cauce.

Estudio del comportamiento de los afluentes principales, cuando éstos provienen de áreas de drenaje de alguna importancia.

Localización de capas acuíferas y estudio de su rendimiento.

Estudio de la calidad de agua

Variaciones de las características físicas, químicas y bacteriológicas durante diversas épocas del año. Si la fuente recibe aguas servidas sin tratamiento o proviene de lagos naturales, debería incluirse un riguroso estudio a lo largo del proceso de recuperación en diversos sitios y profundidades, respectivamente.

Estudio de la captación de agua

Estudio topográfico detallado de la fuente de producción, su comportamiento en épocas de máximos y mínimos flujos y experiencias adquiridas en obras de captación a lo largo de la misma corriente. En caso de vertientes o aguas subterráneas, debería completarse un estudio geológico de la zona.

Estudio de la conducción de agua

Este estudio generalmente estará sujeto a varias alternativas. El estudio topográfico debe ser amplio y detallado y en la mayor

escala posible. El volumen de agua, la pendiente disponible, las condiciones topográficas y geológicas, serán factores importantes en la selección del tipo de conducción. Debería tenerse presente, en grandes pendientes, el aprovechamiento en energía hidroeléctrica, en beneficio de la misma obra. El factor seguridad debe ser el primordial en la recolección de los datos.

Estudio del tratamiento del agua

De acuerdo con los resultados de los estudios sobre la calidad del agua cruda, se procederá a estudiar el proceso de tratamiento que dé como resultado la calidad de agua que especifiquen las normas.

En el caso de ampliaciones a sistemas existentes se estudiará el mejor aprovechamiento e innovaciones que merezcan tales instalaciones.

2. Distribución del agua

Estudio de la demanda de agua

La demanda de agua depende de la población y sus variaciones de consumo.

Para determinar el crecimiento de la población se deberá contar con los datos de los censos de población y de vivienda, los datos de crecimiento vegetativo y movimiento migratorio si existe.

La población actual y futura deberá estar íntimamente relacionada con las áreas urbanas actuales y las de desarrollo futuro; entre ellas será conveniente estudiar las densidades de población actual, futura, y las de posible saturación. En el estudio de las zonas de desarrollo futuro será muy conveniente contar con un plan regulador de la ciudad.

El estudio de los consumos unitarios, incluyendo desperdicios en una década, servirán de índice para el consumo actual, así como el aumento de consumo en el futuro.

Una revisión de los planes de desarrollo

industrial será de gran valor para la fijación de los índices de consumo unitario en el futuro.

En el estudio de las variaciones de consumo será de vital importancia la determinación de los coeficientes de consumo máximo, diarios y por hora sobre el promedio anual de consumo.

También será de gran importancia la determinación de los consumos unitarios característicos de cada uno de los tipos de consumidores en las zonas en que se haya dividido la comunidad.

Estudio de la distribución del agua

En este párrafo será de primordial importancia el estudio de las zonas de presión, de acuerdo con las normas adoptadas.

Establecidas las zonas de presión, será conveniente subdividirlas en áreas, de acuerdo con la clase de consumo: comercial, comercial y residencial, residencial, obrera e industrial. Cada área será estudiada de acuerdo con la clase de consumo, la asignación unitaria característica y la densidad respectiva.

Estudio de la reserva de agua

Para calcular y distribuir el almacenamiento de reserva necesario, se ha de contar con la información que abarque en detalle las condiciones topográficas, el tipo de instalaciones de servicio, las variaciones de consumo, las variaciones periódicas de población, la amplitud de las zonas de presión y la frecuencia de los riesgos de incendio, así como las facilidades para su prevención y combate. En los sistemas de gravedad y en los sistemas de bombeo se utilizarán los índices que recomiendan las normas.

3. Comercio del agua

Estudio de los gastos de producción

Se determinarán los gastos de administración, operación, y mantenimiento para

el sistema o cada uno de los sistemas en el caso de existir varios, con datos lo más pormenorizados posible.

Se determinarán los costos unitarios de producción para el sistema total y cada uno de los sistemas, en caso de existir varios.

Se determinarán las variaciones que han sufrido los costos totales y unitarios en las últimas épocas.

Se establecerá la relación entre los volúmenes de agua que son distribuidos, consumidos y facturados.

Estudio sobre los consumidores

Se levantará un censo de consumidores con indicación del número de clientes que dispongan de medidor en cada una de las clases de servicio: doméstico, comercial, industrial, público, oficial y gratuito. Si existe cualquier otra clasificación, se presentará el detalle.

Se levantará un censo de consumo, con indicación de los volúmenes registrados por medidores, así como los consumidos en cada tipo de servicio, y si hay algún consumo fuera de la zona urbana de la ciudad. Se destacará a los grandes consumidores del sistema.

Se realizará un estudio de la curva de crecimiento de consumidores o mejor dicho, de las conexiones de servicio. Se verificará también un estudio de la curva de crecimiento de nuevas edificaciones y los montos de inversión en las mismas.

Se verificará un estudio comparativo de las curvas de crecimiento de los consumidores de agua con la de otros servicios públicos tales como electricidad, gas y alcantarillado.

Se verificará la influencia del tipo de conexión en las variaciones de consumo, en función del diámetro usual, la exigencia del uso de medidor, utilización de tanques de reserva individuales y mantenimiento constante de presiones positivas en la red de distribución.

Se determinarán los porcentajes de in-

dividuos y edificios con y sin servicio de agua y se buscarán las razones de la carencia del servicio entre los últimos.

Se determinará el índice del costo de vida o una serie de precios relacionados con los elementos fundamentales de la vida, en relación con los mismos precios en un año posterior. Se buscará la fijación de los salarios mínimos y salarios promedios, tanto para la categoría de obreros como la de empleados.

Se fijará la relación que tiene la tarifa de agua en los presupuestos de los consumidores que viven a base del salario mínimo; igualmente se fijará la relación del costo de una instalación completa del servicio de agua con el mismo salario.

Estudio de los ingresos de producción

Al efectuar la revisión del sistema de tarifas, se estudiará la fijación de los volúmenes mínimos asignados a cada consumidor por período de registro (mensual, bimensual o trimestral). Se determinarán los montos de facturación por períodos de registro para consumo básico y consumo en exceso, en caso de permitirlo la tarifa.

Se determinarán los montos de recaudación por períodos de registro para los mismos conceptos, así como también las variaciones en los montos tanto de facturación como de recaudación en la última época y de créditos, durante algún cambio de tarifa.

Se determinará en la misma forma, incluyendo los montos de facturación y recaudación, todos los otros ingresos que sean diferentes al de la venta de agua, pero que provengan por impuestos sobre el mismo servicio.

Finalmente, se concluirá con un estudio de la capacidad máxima de inversión que tenga la comunidad para las obras que se proyecten.

C. Planos generales del proyecto

Acompañando el informe de un anteproyecto y con el objeto de justificar y

respaldar la redacción de los seis capítulos que se mencionan anteriormente,* será conveniente preparar una serie de planos generales, no tan detallados como para servir en las obras de construcción pero sí lo suficientemente explicativos y aproximados para poder formular un presupuesto de las obras que permita un estudio comparativo de las soluciones que se planteen, y, finalmente, establecer un plan de inversiones que armonice con las necesidades de la comunidad, al mismo tiempo que con su capacidad financiera.

Con el objeto de hacer una descripción somera de los planos principales que se consideran indispensables, a continuación se enumeran los siguientes:

1. Plano general de la región con la ubicación de las fuentes de abastecimiento, poblaciones principales, accidentes geográficos importantes y vías de comunicación.

2. Plano general de las hoyas de drenaje de las fuentes de abastecimiento, en las cuales se puedan ubicar posibles zonas de embalse o en su caso posibles lugares de perforación, ya sea horizontal o vertical, y obras de captación diversas.

3. Planos generales con las características geológicas de las áreas correspondientes a las fuentes de abastecimiento y líneas de conducción.

4. Plano general con la ubicación de las obras más importantes de captación y de la línea de conducción, como son: diques, sifones, tanques rompe-presión, estaciones de bombeo, tanques desarenadores, tuberías de presión, plantas termoeléctricas, túneles, desagües, obras de defensa, etc.

5. Perfiles generales de la o las líneas de conducción.

6. Planos esquemáticos de la planta de purificación, con todas sus obras específicas, como son: tanques, edificios, estaciones de

bombeo, plantas de electricidad y áreas para desarrollo futuro.

7. Planos generales con la ubicación de las instalaciones existentes y las interconexiones entre las obras en operación y las nuevas obras proyectadas.

8. Plano general de la ciudad con la distribución de la población, límites de la zona de desarrollo, densidades características por áreas e índices de saturación para períodos futuros.

9. Plano general de la ciudad con la división de zonas de presión o de servicio y ubicación de las instalaciones especiales tales como válvulas reductoras de presión, tanques de presión, estaciones de bombeo, tanques de presión y distribución.

10. Plano general de la ciudad con el anteproyecto de las líneas matrices de alimentación y las de distribución a las principales zonas de servicio.

D. Planos detallados del proyecto

Los planos detallados del proyecto deberían ser concretos y hechos de modo tal que sirvan para dirigir la construcción de todas las obras del proyecto, los que se completarán para este propósito con las respectivas especificaciones técnicas.

Los planos se agruparían en conjuntos específicos análogos así: 1) obras de captación y conducción, 2) obras de tratamiento y 3) obras de distribución.

Todos los planos llevarán el mismo formato y adoptarán un código uniforme de signos, escalas y medidas de modo que exista completa armonía entre las distintas partes que compongan la obra en proyecto.

1. *Planos de las obras de captación y conducción*

Los planos llevarán una numeración de orden junto con las iniciales que lo identifiquen con la fuente en particular. El número de orden seguirá el mismo que las abscisas, en sentido creciente; que, partiendo de 0 en

* Véase pág. 84.

la fuente, termine en la planta de tratamiento o tanques de distribución.

Los planos se identificarán por medio de un membrete colocado en el extremo inferior izquierdo, en el cual se hará constar:

- a) El nombre de la entidad responsable del proyecto.
- b) El nombre de la localidad a que está destinado el proyecto.
- c) La designación genérica de la obra.
- d) La designación específica de la obra.
- e) Cuatro espacios, cada uno destinado a mencionar los nombres o las iniciales de las personas responsables del levantamiento, diseño y aprobación y dibujo del proyecto.
- f) Un espacio para anotar las revisiones.
- g) Dos espacios adyacentes: uno para anotar la fecha de la aprobación y el otro para las escalas.
- h) Tres espacios para el código de registro: el primero para el número de orden, el segundo para el número total de planos con designación genérica y el último para el número que le corresponde dentro del archivo.

Los planos que contengan las obras de captación dependen del tipo de fuente que se vaya a utilizar. Para referencia se mencionan algunas de las más usuales.

Con una represa

Mapa de la región con la ubicación de las obras y lugares de aprovechamiento de materiales y disposición de los mismos.

Plano de la cuenca hidrográfica con hoyo de captación y ubicación de las principales estructuras.

Planos y perfiles con los detalles de las excavaciones.

Planos y perfiles con los detalles de las obras de protección y obras provisionales.

Planos con los detalles de las estructuras de soporte.

Planos y perfiles con los detalles de las obras de salida y de toma.

Plano general de los aliviaderos.

Planos y perfiles con los detalles de los aliviaderos.

Planos y perfiles con los detalles de obras accesorias.

En una corriente

Planos con la ubicación de las obras de toma y salida.

Planos y perfiles con los detalles de las obras de excavación y acondicionamiento.

Planos y perfiles con los detalles de las obras estructurales de toma y salida.

Planos y perfiles con los detalles de las obras de protección.

Planos y perfiles con los detalles de las obras accesorias tales como tuberías o canales de corta conducción, pozos de inspección, desagües, tanques desarenadores, etc.

Con una estación de bombeo

A los planos antes mencionados deberá añadirse lo siguiente:

Los planos con plantas y secciones de los edificios y tanques destinados a la estación de bombeo junto con sus obras accesorias como son tuberías, bombas, instalaciones eléctricas y de combustible, detalles estructurales, arquitectónicos y de defensa o protección.

Pasando a especificar los planos de conducción, éstos deben consistir en una o varias series de planos en cada uno de los cuales se incluirá la franja de topografía con el trazo de las obras de conducción y el perfil correspondiente al mismo tramo de proyecto. El perfil se ubicará en la mitad superior, para lo cual la hoja será dibujada en cuadros milimetrados, y el plano con la franja topográfica en la mitad inferior de la misma hoja. Tanto en el perfil como en los planos se identificarán con precisión las obras de arte como las obras accesorias y de protección.

Se completará la serie de los planos de conducción con los planos de detalle de todas las obras de arte y obras accesorias

como son cámaras de inspección, cámaras de entrada y salida de sifones, puentes, desagües, aliviaderos, tuberías de presión, tanques rompe-presión, medidores de caudal, y estructuras diversas.

2. Planos de las obras de tratamiento

Planos topográficos y perfiles con la ubicación general de las estructuras principales y accesorias.

Planos con las plantas y secciones generales de los edificios, todos los detalles de los elementos estructurales, así como los de los elementos arquitectónicos y funcionales.

Plano con el diagrama general de los circuitos eléctricos.

Planos con los diagramas de las instalaciones eléctricas en cada piso de los edificios y a lo largo de las estructuras hidráulicas.

Plantas y secciones de las principales obras hidráulicas, con indicación de la ubicación de equipo y accesorios como tanques de tratamiento y filtros.

Plantas y secciones de las estructuras correspondientes a las obras hidráulicas, con los detalles de la instalación de equipo y accesorios: tanques de tratamiento y filtros.

Plantas y secciones de las obras hidráulicas con los detalles arquitectónicos y funcionales.

3. Planos de las obras de distribución

Entre los planos que se refieren a las obras de distribución se consideran: los planos de los estanques, estaciones de bombeo, tanques rompe-presión, estaciones reductoras de presión y planos con la red de distribución.

Planos de los estanques

Plano de localización de las estructuras con la topografía del área e indicación de obras accesorias como drenajes y perfiles varios, para señalamiento de las excavaciones.

Plano con la planta y secciones de las estructuras hidráulicas.

Plano con los detalles arquitectónicos e instalaciones eléctricas.

Plano con los detalles estructurales de las obras principales y accesorias.

Plano con los detalles de las obras de toma y salida de agua, instalación de equipo y accesorios y obras accesorias.

Planos de estaciones de bombeo y estaciones reductoras de presión

Plano topográfico con la ubicación de los edificios, tanques, tuberías, accesorios, obras de defensa y obras accesorias.

Planos con los detalles estructurales y arquitectónicos de los edificios y obras accesorias.

Planos con las plantas y secciones de los edificios y obras accesorias y con los detalles de las instalaciones hidráulicas, eléctricas y/o de combustible.

Plano de los tanques especiales rompe-presión

Planos topográficos con la ubicación de las estructuras, edificios, tuberías, accesorios y obras de defensa.

Planos con las plantas y secciones de las obras y estructuras y las instalaciones de tuberías, equipo y accesorios.

Planos con las plantas y secciones de las obras arquitectónicas y con las instalaciones eléctricas.

Planos de la red de distribución

Plano general de la ciudad, con indicación de las obras de tratamiento, tanques de distribución, estaciones de bombeo y estaciones reguladoras de presión. La red de distribución a lo largo de las calles señalará los diámetros de las tuberías, su conexión o desconexión en los cruces, las válvulas de operación y los hidrantes. El plano indicará los límites de las zonas de servicio y de presión.

El plano general de la red de distribución se dividirá en cuadrículas, siguiendo el orden de coordenadas, de modo que cada

cuadrícula ocupe el espacio de un plano a escala mayor. Cada cuadrícula estará numerada y se identificará con una línea gruesa en un esquema de todas las cuadrículas del plano a un costado del mismo. Además, llevará en las esquinas los números de las cuadrículas adyacentes.

En cada plano de cuadrícula se dibuja la red de distribución con sus diámetros, conexiones y desconexiones en los cruces, válvulas, reducciones, taponés e hidrantes. En caso de que existan tuberías con distintas fuentes de alimentación, junto al diámetro se especificará, por medio de iniciales, la fuente o tanque de alimentación, y las zonas de servicio estarán marcadas con líneas de señalamiento. Los planos tendrán en cada intersección la cota del cruce de los ejes de las calles y una nomenclatura para identificar intersecciones. Los planos de cuadrícula llevarán dibujadas las curvas de nivel solamente en las zonas fuera de los amanzanamientos de la ciudad.

Los planos de detalle de la red de distribución contendrán las estructuras especiales para cruces de accidentes geográficos, ferrocarriles, y obras en general, anclajes y conexiones de servicio.

E. Estimativos de costo

Los cuadros que contengan los costos estimados de las obras en estudio difieren entre los de un anteproyecto y un proyecto completo.

1. Estimativo de costo en un anteproyecto

Para arribar al costo estimado de un anteproyecto es necesario contar con una lista de los precios de los materiales esenciales, equipos, equipos de trabajo y herramientas, transportes, almacenaje, impuestos o gravámenes de importación, mano de obra, y los porcentajes de ganancia de contratistas, administración de inspección o fiscalización de las obras.

Con los datos anteriores, se pasará a la elaboración de una lista de precios unitarios por volumen de obra, superficie de construcción, unidad de instalación—en equipos—y unidad longitudinal de instalación de tuberías.

Disponiendo de las magnitudes de la obra, en los planos generales se irá conformando los presupuestos de cada uno de los renglones principales de la obra, los cuales irán afectados por un porcentaje adicional por gastos imprevistos que se establecerá de acuerdo con la precisión que se tenga en los precios y en la magnitud estimada de la obra. Con los resultados de cada renglón se formulará un cuadro resumen del presupuesto que permita llegar al costo global de la obra.

En determinados casos, los presupuestos se deben preparar con tres columnas de valores: costo total en moneda local, costo parcial en moneda local y costo parcial en moneda extranjera.

Como elemento esencial para la financiación de las obras, sirve también un programa de ejecución de las obras, y como complemento de éste, un programa de inversiones para períodos trimestrales, subdividido en rubros de moneda local y moneda extranjera.

2. Estimativo de costo de un proyecto completo

El costo estimado de un proyecto completo se elaborará con base en los planos detallados de las obras y las especificaciones correspondientes.

Cada obra, o parte importante de una obra, será presupuestada en base de los precios unitarios de cada uno de los elementos que intervengan en su construcción. Los materiales locales se calcularán colocados en el sitio, los materiales y equipo importados colocados en el almacén; los movimientos de tierra por unidad de volumen de acuerdo con sus características y

distancia de transporte; los elementos de uso repetido de acuerdo a su duración; la mano de obra de acuerdo con el número de jornales/día, tanto ordinaria como especializada; la administración en un valor global por el período de ejecución de la obra, y la inspección o fiscalización y ganancia de contratistas en un porcentaje de la inversión total de las obras.

Para poder formular el presupuesto de un proyecto completo, se requiere disponer de la lista completa de materiales esenciales, locales e importados, y equipo para ser instalados junto con un programa y una lista de elementos para ser fabricados en el taller o en el sitio, de acuerdo con planos de detalle y especificaciones técnicas.

El presupuesto de un proyecto completo debe incluir una partida porcentual para hacer frente a posibles cambios de precio de los materiales y equipo, lo mismo que de la mano de obra, durante el período que se proyecte para la construcción, y para obras imprevistas.

F. Especificaciones sobre materiales, equipo y métodos de construcción

Las especificaciones se refieren en general a la calidad de los materiales que se deberán emplear, a la clase de equipo que se deba utilizar e instalar, y a los procedimientos que se deben seguir, tanto en la construcción misma de la obra como en la instalación del equipo y accesorios que se hayan proyectado.

Las especificaciones son el complemento más importante de los planos de diseño, tanto que, en caso de divergencias, se acostumbra decir que las especificaciones serán las que prevalezcan.

Para referencia, las especificaciones se dividirán en cuatro capítulos fundamentales:

1. Cláusulas generales.
2. Calidad de materiales.

3. Calidad de equipo.
4. Métodos de construcción.

1. Cláusulas generales

Este apartado se refiere al contenido general de las especificaciones, la responsabilidad técnica de la elaboración del proyecto y de la ejecución de las obras, la enumeración de las obras fundamentales, la definición de los términos específicos que se emplearán en las especificaciones, los títulos genéricos de los planos del proyecto con los números de código y el número de planos, la relación entre los planos y las especificaciones y la base de referencia que ha servido para las elevaciones que constan en el proyecto.

2. Calidad de materiales

Este apartado se refiere a la calidad que debe caracterizar a cada uno de los materiales específicos que se vayan a emplear en las obras.

A ese efecto, se preparará una lista completa de estos materiales con un número de referencia. Para cada uno se prepara una hoja de especificaciones que haga referencia a una descripción general del material y el lugar de su utilización.

Luego vendrá la descripción de las características fundamentales que debe reunir, y si es preciso haciendo referencia a especificaciones normales que existan para la clase de producto que se indica.

De ser necesario, se establecerá un certificado de garantía de calidad o, en caso contrario, se establecerá el procedimiento de comprobación que se ha de seguir para la verificación de la calidad del material, con determinación de los límites de impurezas.

Se establecerán las cantidades requeridas con indicación precisa de las dimensiones y pesos individuales o unitarios.

Se establecerá, en caso de materiales compuestos, las características de cada uno de sus elementos y accesorios.

Se establecerá la forma de protección para envío y embalaje para el transporte.

3. Calidad de equipo

En obras de captación y conducción, obras para tratamiento y distribución de agua

Las cláusulas generales deberán contener una descripción de la forma de adquisición, remisión, instalación y supervisión, ajuste, prueba y garantía de los equipos a ser utilizados.

Una definición de los términos correspondientes se acompañará para las personas responsables de la ejecución de la obra, provisión e instalación de equipo.

Se hará referencia a los planos de diseño que corresponden a la obra lo mismo que a los planos que acompaña el fabricante del equipo.

Se hará referencia a la responsabilidad que asume el proveedor del equipo.

Asimismo, se hará referencia al trabajo suplementario que le corresponde al contratista de las obras generales, especialmente de las estructuras.

Cada equipo que forme parte de las unidades de trabajo debe enumerarse.

En las cláusulas con los detalles de las especificaciones, se hará una descripción de cada equipo o conjunto de equipos que forman una unidad, y además se detallará: la ubicación de la obra, indicando su posición y elevación, partes de que se compone, los materiales de construcción, la capacidad de trabajo, el tipo del mecanismo de operación, montaje, lubricación, los elementos accesorios, los elementos de protección, conexiones con la obra u otro equipo, repuestos necesarios, herramientas especiales, manuales de instrucción y marca de fábrica para referencia.

En las cláusulas finales se hará referencia a la inspección del trabajo, las pruebas de eficiencia y la aceptación final del equipo.

4. Métodos de construcción

En cada una de las obras de captación, conducción, tratamiento y distribución se mencionarán:

Las cláusulas generales que hacen referencia a la descripción general del trabajo a ejecutarse, con la enumeración de cada una de las partes esenciales, tales como diques, canales y tuberías de conducción, plantas de energía, caminos de acceso, edificios, estructuras hidráulicas, obras de defensa y drenaje, estanques de distribución con sus cámaras de válvulas y casas de operación, unidades de regulación de presión, estaciones de bombeo, sistemas de distribución, galerías y pozos profundos.

Las cláusulas con los detalles de las especificaciones se refieren a la calidad de la mano de obra y a los procedimientos de construcción que se seguirán.

En la parte relacionada con la calidad de mano de obra, deben mencionarse las características de la obra a realizar; en cambio, en la parte relacionada con los procedimientos de construcción, éstos se han de referir a la calidad inherente de la obra que se intenta obtener.

Calidad de la mano de obra

Las especificaciones se refieren, en orden de ejecución, a las siguientes labores en todas y cada una de las obras por ejecutarse.

Movimientos de tierra—Despejamiento, excavación, rellenos, terraplenes y disposición de materiales excedentes.

Cimientos—Tipos de cimientos de acuerdo a los materiales, resistencia del suelo, encofrados, vaciamiento, empalmes y drenajes.

Muros de fundación y fundaciones especiales—Muros de fundación para edificios y fundaciones para equipos tales como bombas y fundaciones para equipo diverso.

Mampostería de hormigón—Tipos de

hormigón, preparación de agregados, preparación de refuerzos, preparación de encofrados, colocación de empotrados, mezcla y vaciado, consolidación por vibración, curado, protección de juntas, desencofrado, acabado de las superficies y capa de desgaste.

Aplicación de revestimientos protectores a tuberías de hierro—Limpieza de los tubos, aplicación de imprimadores, aplicación de las capas finales de protección interior, aplicación de las capas de protección exterior, aplicación de capas de protección a los accesorios. Protección con diversas clases de pintura.

Instalación de tubería y piezas de conexión—Tipos de tubería y piezas de conexión, manejo de tubería de los almacenes a los sitios de instalación, cavamiento de zanjas, diversos trabajos de acoplamiento, conexiones entre distintos tipos de tubería, instalación de válvulas, cajas de válvulas, cámaras de válvulas y soportes, colocación de hidrantes, cerradura de terminales, anclajes, comprobación hidrostática, medida de filtración, rolleno y desinfección de la tubería para ponerla en servicio.

Instalación de tubería de servicio y medidores—Instalación de la tubería, materiales, piezas de conexión, medidores, cajas de medidores, equipo de taladrar y herramientas especiales, zanja para la conexión, comprobación hidrostática, rolleno y reparación del pavimento.

Instalación de tubería de concreto simple y de arcilla—Preparación de subrasantes, líneas y niveles, inspección, manejo y colocación de la tubería de enchufe y cordón y tubería machihembrada. Trabajo de junta, morteros para junta, fundaciones especiales para tubería, relleno, pozos de inspección, colocación de marcos y tapas, comprobación de filtraciones y comprobación de impermeabilidad.

Instalaciones eléctricas—Descripción ge-

neral de los tipos de conductos, dimensiones y forma de instalar, sistema completo de instalación, su protección e identificación a la intemperie y subterránea. Conductores, tipos y tamaños en las fases y circuitos, conductores de intemperie y subterráneos, su instalación y sus juntas. Cajas de salida, interiores y exteriores; tamaños, localización e instalación, cajas de empalme y de paso: identificación e instalación, interruptores y tomacorrientes, conexiones a tierra en el sistema de alumbrado y en los sistemas de fuerza, como estaciones de bombeo, accesorios de alumbrado, descripción e instalación, comprobación de las instalaciones. Instalación de equipo que funcione con energía eléctrica: motores, controladores, transmisores, etc.

Trabajo con mampostería de ladrillo—En edificios, según la calidad del ladrillo, de relleno y de fachada, mortero, colocación de artefactos, revestimiento y anclajes.

Trabajo de carpintería—Clasificación de maderas aprobadas, erección de estructuras y armazones, acabados y pinturas.

Trabajo de cerrajería—Instalación, construcción de elementos especiales y de seguridad.

Trabajo en acero estructural—Descripción y calidad de instalación o armazón en sitio, soldadura, impermeabilidad y pintura.

Pintura—Descripción general de los materiales y forma de aplicación, preparación de superficies, tipos de pintura para cada parte de la obra.

Impermeabilización—Descripción general y preparación de superficies y juntas de dilatación de elementos impermeabilizantes, aplicación de protectores.

Procedimientos de construcción

En esta parte, las especificaciones se refieren a la descripción general del trabajo que debe ejecutarse en cada sitio de la

obra, los materiales que deben utilizarse de acuerdo a estas mismas especificaciones, la preparación del terreno y facilidades para determinar las cotas a que se deben colocar los elementos y estructuras, las protecciones que se deben tomar para el mejor rendimiento de los materiales y del trabajo, las interconexiones, empates, ensambles y colocación de partes, estructuras, equipo y accesorios, etc.

Los procedimientos de construcción serán específicos de conformidad con las cualidades y funciones de cada parte de la obra, las cuales, en términos generales, se pueden seleccionar.

1. Obras de captación.
2. Obras de conducción.
3. Edificios.
4. Estructuras hidráulicas para tratamiento.
5. Estructuras hidráulicas para almacenamiento.
6. Instalación de equipo.
7. Instalación de elementos accesorios.

Obras de captación—Descripción del trabajo a ejecutarse con los elementos fundamentales que la integran y su ubicación de acuerdo con las cotas del proyecto. Utilización de equipo de construcción, y construcción y utilización de obras provisionales.

Obras de conducción—Descripción del trabajo a ejecutarse de acuerdo con los materiales y elementos a utilizarse en cada tramo con la fijación de cotas. Descripción individual de cada uno de los elementos especiales tales como tanques, tanques desarenadores, cámaras, sifones, plantas de energía, tuberías de presión, válvulas especiales, desagües, obras de protección, etc.

Edificios—Descripción del trabajo a ejecutarse en cada unidad, con su ubicación y sus funciones. Preparación de bases y construcción de cimientos, tipo de hormigón, detalle de las estructuras con los niveles a

que se deben localizar, construcción de pisos con detalles, construcción de paredes y revestimiento. Construcción de escaleras, construcción e instalación de elementos tales como ventanas, puertas, paneles, herrajes y cerraduras e instalaciones varias. Construcción e instalación de servicios de baño y limpieza. Detalles descriptivos de los elementos fijos de laboratorio. Detalle descriptivo de las instalaciones eléctricas y de plomería: agua fría y caliente, desagües y ventilación. Instalación de equipo especial como grúas de transporte, letreros, etc.

Estructuras hidráulicas para tratamiento de agua—Descripción general del trabajo y enumeración de las principales unidades con sus características, sus dimensiones, sus funciones y su ubicación. Preparación de fundaciones, comprobación de la base, y descripción de los trabajos sobre cimientos, muros, juntas, tipo de concreto, acabados y defensas. En relación con cada unidad característica, se especificarán en detalle sus componentes con dimensiones, elevaciones de cada parte y las conexiones e instalaciones que tendrán en relación con las demás estructuras y elementos constructivos, tales como válvulas, pantallas, canales, desbordes, etc.

Estructuras hidráulicas para almacenamiento—Descripción general del trabajo con una enumeración de cada unidad e indicación de su ubicación en la planta y elevación, dimensiones y capacidad. Descripción del trabajo de preparación de base, con la comprobación de su resistencia y calidad, obras de protección como drenajes y taludes y construcción de cimientos, muros, juntas, cubierta y edificio de control con la instalación de equipo de control y operación y obras de defensa.

Instalación de equipos—Descripción general del trabajo a realizarse. Definición de términos específicos y de las funciones que le corresponden a cada contratista dentro

de la provisión, transporte, cuidado, instalación, conexión, pruebas, recepción, operación y mantenimiento del equipo que se vaya a utilizar.

Relación de control entre la lista de equipo, la lista de despacho, los planos del proveedor y los planos de diseño. Descripción general de los grupos afines de equipos, forma de ordenar sus pedidos y establecimiento de garantías y rechazos.

Descripción detallada de cada uno de los equipos específicos con indicación de su ubicación, funciones y las partes principales de que se compone en su mecanismo motor, de arranque y de control, y los accesorios principales de que se deben disponer. Además, se incluirá la capacidad, el tipo, los elementos o partes auxiliares y de protección, las herramientas especiales y los manuales de instrucción sobre instalación y mantenimiento. Se indicará una marea de referencia y los límites de aceptación en equipos similares.

Instalación de elementos accesorios—Descripción del trabajo general a realizarse. Descripción y enumeración de los principales elementos accesorios, con sus funciones, su ubicación en la planta y elevación e interconexión con los equipos principales.

IV. AMPLITUD DE LOS DETALLES EN LOS PLANOS DEL PROYECTO COMPLETO

Para la elaboración del proyecto completo se ha mencionado que los planos tienen que estar elaborados con todos los detalles que permitan seguir una prolija y bien ordenada construcción de las obras. Estos detalles, sin embargo, tienen que estar limitados a las partes esenciales, porque un exceso de los mismos, en muchas ocasiones, provoca confusión y errores. Los detalles deben estar dedicados a las obras en que, como una planta de purificación, se requiere disponer de trabajos construidos

con absoluta precisión, para que haya facilidad en la instalación de numerosos equipos que, generalmente, debe albergar en su interior y orienten en la instalación e interconexión de sus distintas partes. Igual cosa se puede mencionar con otras clases de instalaciones, como son: las represas, con sus obras de salida y control de agua, las estaciones de bombeo, las cámaras de operación de los tanques de reserva, los tanques elevados y otros.

En cambio, otras obras como las tuberías de una red de distribución, se diseñan en forma general y solamente cuando se encuentran instaladas en tierra es conveniente proceder a realizar un levantamiento detallado de la forma como se hallan ubicadas para facilitar posteriormente su localización.

V. REQUISITOS DE PROTECCION SANITARIA PARA TODAS LAS INSTALACIONES DE UN ABASTECIMIENTO DE AGUA

La defensa de los abastecimientos de agua, en el aspecto sanitario, tiene su característica de acuerdo con la clase de obra que se debe proteger. Desde el punto de vista del diseño, las obras de defensa y protección deben formar parte de las unidades del sistema y merecer igual consideración que los elementos esenciales.

En obras de captación

Las obras de captación generalmente resultan las más vulnerables para convertirse en vías de contaminación, ya que presentan un amplio campo de desarrollo. Para el caso de fuentes superficiales, las medidas que tomen para proteger al máximo la pureza del agua, tales como cercamiento y vigilancia, para impedir el acceso de personas y animales al área de drenaje, a veces resulta que es inadecuado, si la tierra se encuentra en posesión de terceras per-

sonas. En este caso, la solución más práctica aunque en ocasiones muy costosa, es la de que la autoridad responsable del sistema de agua, al mismo tiempo que adquiere la merced de las aguas, adquiere los terrenos que tienen influencia sobre la fuente. En muchos casos, esta circunstancia permite desarrollar un trabajo de protección del caudal de la fuente a través de un programa de reforestación que generalmente es común en muchos lugares.

Si las fuentes no son superficiales sino subterráneas, se deberá prever una protección contra posibles contaminaciones, de acuerdo con la localización de la fuente, la ubicación de la población, la densidad de población en sus alrededores, la posición de obras de disposición de excretas y aguas servidas, y con un diseño de las obras de captación que las protejan contra cualquier posible emergencia.

En las obras de conducción

La posibilidad más frecuente y más fácil de contaminación de un sistema de conducción se presenta en los canales abiertos, los cuales están expuestos no sólo a recibir aguas superficiales contaminadas sino también al uso ilimitado por los pobladores que viven en los alrededores del canal.

Los canales cubiertos, si bien presentan una limitada protección, no están tampoco fuera de peligro, ya sea por las juntas de cubierta como por las cámaras de inspección. Para los dos casos mencionados, se debería prever su protección con canales de defensa que recojan las aguas superficiales en una línea paralela al canal por medio de cercas de seguridad que impidan el acceso de personas y animales al canal, y finalmente, con una adecuada y muy responsable vigilancia de las obras.

En el caso de tuberías de conducción con circulación libre, el peligro de una contaminación subsiste en las cámaras de

inspección, por lo cual a éstas se les deberá proveer de un sistema de protección con tapas adecuadas que impidan tanto el acceso de aguas superficiales como de personas que se acercan a tomar agua.

La línea de conducción más adecuada desde el punto de vista de su protección es aquella que está diseñada para conducir el agua bajo presión desde la fuente hasta el lugar de tratamiento y utilización.

En las obras de tratamiento

Si bien es cierto que una planta de tratamiento está hecha para purificar el agua, es muy conveniente que esté protegida para impedir el acceso de personas extrañas a la operación y mantenimiento de las instalaciones y con mayor razón de animales. En todo caso, las instalaciones deberán ser diseñadas de modo de impedir el acceso a los tanques de tratamiento de las aguas superficiales de sus contornos.

La disposición de los desagües de la planta, igualmente, deberán ser diseñados de modo que se produzca la salida fácil de todos los afluentes extraños a la planta.

En las obras de distribución

Uno de los puntos que merecen más atención en materia de protección sanitaria en los sistemas de distribución son los tanques de reserva y distribución, y de éstos las tapas ubicadas en las aberturas para acceso de inspección. Sin embargo, existen otras muchas posibilidades, tales como grietas en la cubierta, posición inadecuada de las bocas de ventilación y elementos de control para nivel de agua. Todos y cada uno de los accesorios deberá ser diseñado e instalado previendo que no se convierta en un punto oculto de contaminación del agua tratada.

En materia de tuberías de distribución, se deberá tener siempre presente tanto en el diseño como en su instalación las posibili-

dades de una interconexión con tuberías ajenas al sistema de abastecimiento de agua. En la instalación de las tuberías a lo largo de las calles, se deberá guardar la mejor protección en los cruces con las tuberías de desagüe de las casas, así como impedir el cruce de las tuberías por medio de pozos de inspección o alcantarillas o por debajo de las mismas. Especialmente se deberá cuidar la posición de las uniones de la

tubería de distribución en relación con los elementos antes citados. Un complemento directo de la protección de la red de distribución será el mantenimiento permanente de presiones positivas, por un lado, y, por parte de los consumidores, un sistema de instalaciones interiores que impidan la salida de aguas contaminadas a la red, en el caso fortuito de que falle la presión en la red.

Tema VI

NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA

JOSE CAPOCCHI

Asistente, Facultad de Higiene y Salud Pública
Universidad de São Paulo, Brasil

1. *El concepto de potabilidad del agua y la posibilidad de acuerdos en la adopción de normas*

Para comenzar, recorro a la autoridad de Fair y Geyer al reproducir aquí su definición: "Para que llenen los requisitos generales de salubridad, los abastecimientos de agua deberán poseer dos atributos, pureza y palatabilidad".

Ser pura significa: a) no estar contaminada, o sea, ser incapaz de transmitir al consumidor cualquier enfermedad de origen hídrico; b) estar libre de sustancias tóxicas, y c) no contener cantidades excesivas de sustancias minerales u orgánicas.

En cuanto a la palatabilidad, el agua deberá dar una grata impresión a los sentidos por su claridad (estando libre de color y turbidez), por la ausencia de sabores y olores y por su temperatura refrescante.

Como sabemos, no siempre es fácil conseguir el precioso líquido, de acuerdo con los mencionados requisitos, en cantidad adecuada para el abastecimiento público.

En vista de que aquí estamos pensando en términos internacionales, o por lo menos tratando de intereses panamericanos, debemos reflexionar sobre la mejor forma de poder disponer realmente, con todos nuestros hermanos, de abastecimientos seguros para que las normas propuestas por las autoridades sanitarias se conviertan en realidad. Es muy triste la advertencia que todo turista oye o lee tantas veces: "no se fie del agua de

tal localidad", a pesar de tratarse quizás de una ciudad grande, o de la capital del país.

¿Cómo hacer que el precioso líquido constituya en toda la tierra un verdadero refrigerio y no un riesgo para la salud?

¿Cómo lograr compromisos serios, que aseguren el estricto cumplimiento de las recomendaciones sanitarias?

A mi modo de ver, se trata principalmente de una cuestión de personal, de formar una élite unida por un ideal común, no solamente de técnicos y hombres de ciencia, sino también de administradores capacitados y diligentes.

Si existen en un país cerebros capaces de estudiar profundamente las características de un agua buena, de proponer que se pongan obstáculos a los abastecimientos en los que la calidad de sus aguas no llenen éste o aquél requisito, y, en fin, de establecer normas cada vez más perfectas, deben también ponerse a su lado personas capaces de promulgar tales normas y hacerlas respetar.

Hace ya 50 años (en 1914), las autoridades sanitarias de los Estados Unidos de América publicaron sus primeras normas de potabilidad. Desde entonces han sido perfeccionadas. Por la enorme publicidad que se da a este asunto en dicho país, el pueblo norteamericano está más acostumbrado a oír hablar de índices de coliformes o de los inconvenientes de la presencia de esta o de aquella sustancia en las aguas destinadas al consumo humano. Numerosas encuestas epidemiológicas, cuyos resultados son amplia-

mente divulgados, ayudan a completar la enseñanza. En algunos otros países de América esas nociones también comienzan a aparecer más claramente en la conciencia popular; en otros, queda mucho por hacer. Los trabajadores sanitarios tendrán que gastar bastante saliva y muchas hojas de papel antes de que el pueblo se torne consciente de sus derechos a recibir agua segura, y hasta que los políticos se convenzan de sus obligaciones con las autoridades sanitarias.

Solamente el tiempo hará que se logre tal entendimiento. Como nuevos misioneros, los trabajadores sanitarios cumplirán abnegadamente sus deberes.

2. Condiciones locales que podrán afectar las normas

Las condiciones podrán ser divididas según su naturaleza en: a) geológicas, b) estructurales y/u operacionales y c) sobrevenientes.

Hay aguas que, desde el punto de vista de las normas generalmente aceptadas, contienen en forma natural cantidades excesivas de determinadas sustancias. No obstante, se consumen tales aguas desde hace años sin que se hayan notado inconvenientes para la salud de sus consumidores, para quienes no existe otra posibilidad de abastecimiento fácil en la región. Es el caso, por ejemplo, de aguas muy mineralizadas, sulfatadas, etc.

Por otra parte, encontramos en ciertos lugares instalaciones anticuadas y servicios que no cuentan con los medios para las reformas necesarias, que producen aguas poco satisfactorias. No es difícil tampoco encontrar redes de distribución llenas de defectos, con cambios frecuentes, variaciones bruscas de presión, "conexiones cruzadas", o retorno por efecto de sifón, depósitos inadecuados, etc. Además de eso, no es raro encontrar operarios de plantas de agua sin la suficiente preparación. Otro mal terrible es la falta de supervisión. En fin, se presentan

innumerables causas que contribuyen a las fallas estructurales o de operación.

Por último, la potabilidad del agua puede verse profundamente afectada por factores que sobrevienen con posterioridad: aguas servidas, desechos industriales, infiltración de aguas de mar, accidentes varios, etc.

Es por eso que en 1961 se exigieron los exámenes bacteriológicos con mayor frecuencia que en 1946. Examinemos las cifras a continuación:

Población servida	Número mínimo de muestras por mes	
	1946	1961
Hasta 2.500	1	2
" 10.000	7	11
" 25.000	25	30
" 100.000	100	100
" 1.000.000	300	300
" 2.000.000	390	400
" 5.000.000	500	500

3. Normas para aguas naturales y tratadas

Acabo de leer con satisfacción un artículo del Jefe de la Sección de Tratamiento del Departamento de Aguas de Filadelfia, E. U. A., Sr. Elwood L. Bean,* en el que se muestra partidario de las cualidades *ideales*, de metas por las que luchar en las instalaciones de tratamiento, en vez de simplemente ajustarse a cualquier norma. El opina que la calidad de un servicio debe juzgarse por medio de un sistema de clasificación y comparativo que estimule la emulación. Con un capitán idealista, el equipo logrará sin duda el máximo de eficiencia.

Mi opinión respecto a la calidad del agua es algo distinta, aunque concuerda en muchos puntos con la del Sr. Bean. Tal como expresé el 15 de junio de 1953:

"Es imperativo que las normas de potabilidad no sigan siendo resumidas en un

* Bean, Elwood L.: "Development of Water Quality Ideals". *J. Amer. Water Works Ass.* 53, 1361-1365, 1961.

cuadro de valores numéricos. El agua en nuestros grifos o canillas es el resultado de un conjunto de operaciones, y cualquier falla en una de ellas dará por resultado la alteración de su calidad . . .”

Por ese motivo, en la actualidad sería más justo considerar normas de *servicio*, en vez de limitarnos a comprobar si una muestra insignificante encaja dentro de los límites más o menos rígidos de un manual, ley o reglamento. Recordemos que el agua potable es un producto industrial y que, como tal, depende de las condiciones de la materia prima, del equipo, del personal, etc. Para mantener constante la buena calidad es necesario que todos esos factores se tomen en cuenta.

La inspección esporádica del producto final no es suficiente. Es indispensable la vigilancia constante de todas las fases de la preparación, la previsión de posibles alteraciones en los procedimientos, tendientes a la elaboración uniforme (hasta donde sea posible) de las diversas composiciones probables de la materia prima.

Ante esto, debemos considerar los patrones de potabilidad del agua bajo este doble aspecto: a) de la elaboración y distribución del producto, y b) de su condición final cuando es entregada al consumidor.

En otra oportunidad (20 de septiembre de 1954), al disertar sobre el mismo tema, hube de decir:

“Podríamos llegar a considerar segura, desde el punto de vista de la salud pública, un agua con 10° de turbidez; no obstante, cualquier operario de planta moderna de tratamiento debería avergonzarse si los filtros a su cargo produjesen un líquido con 4° ó 5° en la misma escala de sílice. Las exigencias de ciertos servicios pueden ser mucho más severas que las normas impuestas por la salud pública al constituir un caso especial aun dentro de la clasificación general”.

Este es, pues, el caso propuesto por el Sr. Bean.

4. Utilidad e importancia de las normas

Probablemente por estar encargado de suministrar agua de buena calidad a una de las mayores ciudades del mundo, en una situación geográfica en que son mínimos los recursos hídricos naturales y muy diversificadas las industrias que producen contaminación, encuentro que hoy no podemos tomar en consideración sólo una fase del ciclo hidrológico, sino que debemos considerarlo en todas sus fases, por cuanto lo que podríamos llamar “vida anterior” del agua determinará inevitablemente su comportamiento especial en la fase en que necesitaremos de ella para usos más importantes: bebida, recreo, higiene, etc.

Existe, sin duda, una gran semejanza entre la lucha del hombre contra las enfermedades y su lucha por conseguir agua buena para su consumo. Cuando yo era niño, oíase frecuentemente hablar de fiebre amarilla, neumonía, tifoidea, malaria, tuberculosis, etc. Actualmente muchas de estas enfermedades han sido prácticamente vencidas; no obstante, existen las rickettsiosis, las virosis, las neumoconiosis; aumenta la frecuencia de las enfermedades mentales y cardiovasculares, del cáncer, de las leucemias, etc. Creo que debemos enfrentarnos con todo eso para que no nos olvidemos de que vivimos en un “valle de lágrimas”.

Algo parecido ocurre con la purificación del agua. El hombre mejora los filtros, perfecciona los métodos de desinfección, desala el agua del mar, pero en cambio se tropieza con la radiactividad creciente, alquil-bencenosulfonato (ABS), insecticidas, cianuros, bario, quistes que sirven de protección a gérmenes patógenos contra la acción del cloro, aumento de materias en solución resultado de la infiltración de aguas de irrigación, etc.

A medida que aumentan los conocimientos, progresa la industrialización, crecen más

y más las ciudades y surgen nuevos obstáculos que tenemos que vencer.

Por eso es que nos hacen falta normas para casi todas las fases del ciclo hidrológico. Necesitamos adoptar una verdadera política "totalitaria" destinada a conservar la riqueza que nos proporciona cualquier manantial.

Tales normas deberán modernizarse continuamente, de conformidad con las conquistas de la ciencia y de la técnica.

Hoy en día, a las tres normas de que venimos tratando, o sean:

- a) normas de servicio;
- b) normas generales de potabilidad, para que en todo el mundo se disponga de aguas puras, tanto naturales como simplemente cloradas, y
- c) normas locales, o metas para cada planta de tratamiento, según sugiere el Sr. Bean,

debemos añadir:

d) normas para aguas subterráneas, apoyadas por leyes que prohíban la contaminación de las capas superiores e inferiores de las aguas;

e) normas para aguas de balnearios;

f) nuevos límites para considerar tratables ciertas aguas, que incluirán un valor para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO);

g) límites permisibles para la degradación de aguas de recepción, con una legislación estricta en cuanto a nuevas urbanizaciones y sobre el uso de insecticidas, herbicidas y productos afines.

h) características más estrictas para aguas de consumo de las industrias (calderas, refrigeración, lecherías y plantas de conservas de alimentos, productos medicinales, etc.).

Como vemos, el problema no es tan sencillo, y tal conjunto de normas formará un verdadero "Código Sanitario de Aguas".

Debemos, por consiguiente, continuar

estudiando, investigando, proponiendo leyes sensatas y permanecer alertas a fin de que nuestros descendientes no nos culpen de obligarlos a emigrar por causa de la gravedad de los problemas locales del agua, del alcantarillado y de los desechos industriales. De lo contrario, estaremos exponiendo a la destrucción y al deterioro, inmensos patrimonios.

5. *¿Será preferible establecer normas menos rigurosas, pero exigidas estrictamente, o normas más rigurosas dentro de una política más flexible?*

Las normas generales de potabilidad jamás deberían ser *más* o *menos* rigurosas. Sus valores serán los que la ciencia y la técnica recomienden, y tendrán una flexibilidad muy limitada para que sean respetadas por todos.

Sin embargo, las normas locales pueden llegar, a veces, a ser demasiado exigentes. En otras instalaciones pueden ser demasiado tolerantes. No es ventajoso adoptar normas más rigurosas cuando las posibilidades de evadirlas fácilmente son numerosas.

En lugar de una política rígida, sería deseable una campaña perseverante, palabras persuasivas y ejemplos convincentes. Los profesionales de los acueductos y alcantarillados necesitan ejercitarse también en el arte de "vender" sus argumentos y esperar con paciencia. Saber esperar (¡sin dormirse!), algo que la juventud practica poco, es una de las virtudes del hombre.

6. *Debate sobre las normas de calidad, nacionales e internacionales, del agua, y su aplicación a la América Latina*

En 1950, el Sr. P. J. Caballero, distinguido traductor al español de la 10ª edición de *Standard Methods for the Examination of Water, Sewage, and Industrial Wastes*, presentó al Congreso de Ingeniería Sanitaria de

la AIDIS reunido en México, un trabajo titulado "Discusión sobre las normas de calidad para agua potable".*

En el cuadro en que el Sr. Caballero resumía la situación, encontramos variaciones inadmisibles para el caso de normas generales, pero sin duda debidos a la aplicación de criterios muy diversos, o sea, a la mezcla de normas *locales* con normas *generales* de potabilidad.

Notamos variaciones como las siguientes:

pH.....	entre	6,8	y	10,6
alcalinidad				
total.....	"	50	y	400
amoníaco.....	"	0	y	0,64
nitrógeno al-				
buminoide..	"	0,005	y	0,120
nitratos.....	"	7,4	y	228
cloruros.....	"	5	y	600
magnesio.....	"	15	y	125
cobre.....	"	0,2	y	3

Además, comprobamos que las normas de algunos países se preocupan por determinadas características específicas que ni siquiera son mencionadas por las autoridades en otras partes.

Hay también otro aspecto curioso con respecto al agua. Ya no puede decirse que este o aquel país esté en posición privilegiada en cuanto a la pureza del agua. En la era atómica, no hay *zonas delimitadas de guerra*; las guerras serán siempre mundiales en sus efectos. Las precipitaciones radiactivas podrán, al caer, cubrir cualquier región del mundo o cualquier vecindario bueno o malo.

Además en estos tiempos de propulsión a chorro y de televisión, los productos lanzados al mercado en cualquier lugar, incluyendo productos que pueden afectar la calidad de las aguas, llegan a los consumidores de todas las naciones.

Es por eso que tanto los países desarrollados como los que están en proceso de de-

sarrollo, deberían adoptar inmediatamente una política de defensa integral de sus aguas.

Que yo sepa, los Estados Unidos de América han sido los pioneros (1914) en nuestro Continente en cuanto a la recomendación de normas de calidad del agua, y han continuado manteniendo al día las informaciones de que se dispone sobre este particular.

En agosto de 1961, el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de América publicó una revisión de sus normas. Para tan importante tarea, contó con la colaboración de gran número de prestigiosas entidades norteamericanas, entre las cuales figuraron: la Administración de Alimentos y Drogas; el Servicio Geológico Federal; la Asociación Americana de Abastecimientos de Agua; el Comité Nacional de Protección contra las Radiaciones Ionizantes; la Federación de Control de Polución del Agua; las Asociaciones de Bacteriología, Ingeniería Civil, Ingeniería Sanitaria, Medicina, Odontología, Química, Salud Pública, etc., y un Grupo de Estudio sobre Toxicología.

Aprovecho la ocasión para presentar, en el cuadro 1, una comparación de los valores de las características físicas y químicas publicados en 1946, con los actuales, haciendo seguidamente ligeros comentarios sobre los cambios habidos, aunque hasta ahora no he podido leer un informe más completo de la Comisión Revisora.

En las características físicas, la turbiedad y el color bajaron cinco unidades. Hoy día se teme que la turbiedad puede estar relacionada con la presencia de virus. Otro hecho es que son cada vez menos numerosas las aguas naturales distribuidas y mal captadas. En cuanto al olor, aparece ahora un número límite.

Por primera vez, también, aparecen límites para los radionúclidos.

El desarrollo industrial obligó a los norteamericanos a limitar el ABS, los cianuros y el extracto clorofórmico (CCE). Actualmente están pensando seriamente en la con-

* Publicado en el *Organo Oficial de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria*, Año 3, págs. 53-64, 1950.

CUADRO No. 1.—Normas de potabilidad del agua.

	Máximos aceptables		Indice de causa de rechazo del suministro
	1946	I 1961	II 1961
<i>Características físicas</i>			
Turbiedad	10	5	—
Color	20	15	—
Olor (Número límite)	sin objeciones	3	—
<i>Características químicas (mg/l)</i>			
Alquil-benceno-sulfonato (ABS)	—	0,5	—
Arsénico (As)	0,5	0,01	0,05
Bario (Ba)	—	—	1,0
Cadmio (Cd)	—	—	0,01
Cianuro (CN)	—	0,01	0,2
Cinc (Zn)	15	5,0	—
Cloruros (Cl)	250	250	—
Cobre (Cu)	3,0	1,0	—
Cromo (Cr 6+)	0,05	—	0,05
Extracto clorofórmico (absorción en carbón) (CCE)	—	0,2	—
Fenoles	0,001	0,001	—
Fluoruros (F)	1,5	(cuadro aparte)	—
Hierro (Fe)	0,3 (junto al Mn)	0,3	—
Magnesio (Mg)	125	—	—
Manganeso (Mn)	(junto al Fe)	0,05	—
Nitratos (NO ₃)	—	45,00	—
Plata (Ag)	—	—	0,05
Plomo (Pb)	0,1	—	0,05
Selenio (Se)	0,05	—	0,01
Sólidos totales disueltos	500 (excepcionalmente 1.000)	500	—
Sulfatos (SO ₄)	250	250	—
<i>Radiactividad micro-microcuries/l</i>			
Ra ²²⁶			3
Sr ⁹⁰			10
Beta total (Sr ⁹⁰ y emisiones alfa prácticamente ausentes)			1.000

centración en el agua de residuos de los modernos insecticidas clorados y fosforados.

La atención se concentra de nuevo en los antiguos nitratos, por la posibilidad de que causen metahemoglobinemia en los niños pequeños.

Las autoridades norteamericanas decidieron bajar a menos de la mitad la tolerancia de concentración de plomo, en virtud de

la mayor exposición de la población a ese metal pesado, mediante el consumo de gasolinas con tetraetilo, plomo, etc. Fue igualmente reducida la tolerancia al arsénico, cobre y cinc. Se fijó también un límite separado para el manganeso, mientras que en las recomendaciones anteriores sólo había un límite conjunto para hierro y manganeso.

En la segunda columna separamos los

CUADRO No. 2.—Fluoruro: su regulación según el clima.

Promedio anual de las temperaturas máximas diarias del aire*	CONTROL Límites recomendados		
	Inferior	Óptimo	Superior
Grados centígrados	Concentración de los fluoruros en mg/l		
10,0-12,0	0,9	1,2	1,7
12,1-14,6	0,8	1,1	1,5
14,7-17,6	0,8	1,0	1,3
17,7-21,4	0,7	0,9	1,2
21,5-26,2	0,7	0,8	1,0
26,3-32,5	0,6	0,7	0,8

* A base de datos sobre temperaturas en un período mínimo de 5 años.

valores índices que, de alcanzarse, serán motivo para rechazar el suministro. Allí encontraremos una serie de valores bastante pequeños para arsénico, bario, cadmio, plomo, cianuros, cromo hexavalente, plata y selenio.

En cuanto al elemento no metálico de moda, el fluoruro, su presencia fue regulada según el clima y de acuerdo con el cuadro 2.

Si el agua es naturalmente fluorada y la concentración de fluoruro es mayor del doble del valor óptimo, debe rechazarse.

En el aspecto bacteriológico, las normas ya hacen referencia a filtros de membrana y establecen la primera reglamentación. Ya nos referimos a la recomendación de mayor número de muestras para el más riguroso control bacteriológico en beneficio de la población servida.

No veo razones para que no sean aceptadas las nuevas recomendaciones norteamericanas en toda la América y hasta en todo el mundo, ya que, desde el punto de vista de normas generales de potabilidad, significan valores que merecen acatarse por completo, aunque no puedan considerarse definitivos. Es obvio que los casos excepcionales que hayan sido debidamente estudiados por las autoridades sanitarias, serán tolerados con prudencia.

7. *Relación entre la calidad del agua, la toma de muestras y los métodos de análisis. Las normas escritas no aseguran agua potable. Deben ser exigidas por el sistema de muestreo y de exámenes.*

Ya afirmamos que un cuadro estadístico de valores no nos da agua potable. Es necesario que tales valores sean de hecho respetados en la operación de las plantas de tratamiento, en los sistemas de distribución, en los laboratorios de control, etc.

Hoy en día hay plantas que reciben agua de densidad bacteriana mucho mayor que la que antes se permitía como aceptable para tratamiento; aguas de lagos con altos crecimientos de algas consideradas tóxicas; aguas con DBO relativamente alta, de ningún modo recomendables para su transformación en agua potable. Y los ejemplos se multiplican. No obstante, lo ideal sería no tener que arriesgarse tanto.

Tratemos de defender nuestras fuentes de abastecimiento, de proteger las aguas del subsuelo, etc. Aumentemos el número de muestras para análisis.

El Sr. Bean tiene mucha razón en el artículo citado cuando escribe que un agua buena exigiría 30 o más características definidas, y que el fallo sobre un servicio de aguas debería basarse preferiblemente en un sistema de clasificación. En otras palabras, se refiere en detalle a lo que he denominado "normas de servicio".

Las autoridades sanitarias fiscalizadoras de la calidad del agua deberían comprobar si los procedimientos y la técnica de los diversos laboratorios de aguas son recomendables y satisfactorios, si el tipo y frecuencia de las distintas determinaciones ofrecen la base para un sistema de calificación, sin olvidar aspecto alguno de los problemas actuales. Deben también hacerse dignos de imitación, inspirados en lo que me gusta llamar "amor a la perfección" y que el Sr. Bean con acierto llama "ideal".

Tanto en los Estados Unidos de América como en la Argentina, los laboratorios de agua disponen hace tiempo de métodos patrones para análisis y pruebas. Por intermedio del Sr. P. J. Caballero, México ofreció a la América Latina una útil traducción al español de la 10ª edición de *Standard Methods for the Examination of Water, Sewage, and Industrial Wastes*. En Venezuela, el Sr. Hurtado publicó también un trabajo excelente. En Brasil ya se ha hecho algo en ese sentido.

No conozco las publicaciones sobre este asunto de otros países de América, y sería deseable que hubiese un mayor intercambio entre todos los laboratorios de aguas y aguas servidas de las Américas, tanto de publicaciones como de técnicos, como sucede en este Seminario. Animémonos y critiquémonos unos a otros, y así evitaremos que las normas se conviertan en letra muerta.

8. Efectos de las normas de calidad del agua en los proyectos de plantas de tratamiento

Al leer la guía para la preparación de este trabajo, recordé inmediatamente ciertos consejos dados por Earle B. Phelps* respecto al planeamiento de plantas de tratamiento de aguas servidas:

“Las plantas de tratamiento . . . son diseñadas generalmente con un exceso de capacidad, a base de las necesidades probables 10 años más tarde, y con provisión para la instalación de unidades adicionales según aumente la demanda. La predicción de las necesidades futuras debe ser moderada y debe tener en cuenta la nivelación hacia una población estable. Así se evitarán gastos en instalaciones que quizás nunca se necesitarán. Además, la inversión debe ser medida para poder aprovechar los rápidos

progresos de la ciencia del tratamiento. Además, como la planta funciona a base de flujo continuo, la capacidad en el diseño debe dividirse entre dos unidades por lo menos, a fin de que en caso de rotura o arreglo de una, la otra pueda funcionar temporalmente a mayor capacidad”.

Por otra parte, el título de esta sección prueba una vez más el acierto del Reglamento del Departamento de Aguas y Alcantarillado de São Paulo, Brasil (Decreto N° 34640, de 30/1/1959), que ordena a su División de Tratamiento puramente funcional, brindar colaboración, crítica, consejo y anotaciones a la división encargada de los diseños, llamada División de Planeamiento y Obras.

Para terminar, hilvanando unas cuantas ideas modestas sobre proyectos, debo decir, en primer lugar, que toda fuente de abastecimiento deberá ser estudiada detenidamente, por lo menos durante un año, a fin de alcanzar la solución más adecuada.

Todos los aspectos clásicos geológicos, físicos, químicos, bacteriológicos e hidrobiológicos deben ser considerados. Las probabilidades de desarrollo industrial y agrícola en la región donde los servicios pueden ser instalados deben estudiarse. Y no debe olvidarse el problema de las aguas servidas.

Desde el principio debe reservarse un área mucho mayor que la estrictamente necesaria en ese momento. No debe economizarse en las tierras. Es increíble que en el Brasil, siendo tan grande, se construyan instalaciones en espacios tan reducidos de terreno, por causa del alto precio de las tierras. Cuando se trata de empresas de utilidad pública lo “compacto” no es lo deseable. Es preferible que el área sobrante se aproveche para cualquier otra cosa, como un parque, por ejemplo.

Siempre que sea posible, cada operación debe repartirse entre dos o más unidades, como aconseja Phelps. Y cada unidad debe disponer de su perímetro tan libremente

* Phelps, Earle B. y colaboradores: *Public Health Engineering. A Textbook of the Principles of Sanitary Engineering*. Vol. I. Nueva York: John Wiley and Sons, 1948.

como lo permitan las condiciones, para hacer posible la instalación de sistemas de derivación o desviación, de canalizaciones adicionales, de pozos de succión para bombas, etc., si fueren necesarios.

La selección del lugar para la construcción de la planta debe ser objeto del máximo cuidado por parte del proyectista. Entre una posición y otra pueden existir notables diferencias, unas favorables, otras desfavorables. La concurrencia de correcta topografía y buen diseño permite a veces obras de ingeniería económicas y excelentes.

El aprovechamiento máximo y bien equilibrado del suministro disponible podrá facilitar la introducción posterior de nuevos dosificadores, nuevos filtros, etc.

La casa o pabellón de química también debe estar diseñado para prever, además de los tratamientos iniciales, la posibilidad de futuro empleo de carbón activado, sílice,

otros coagulantes, cloraminación, etc. Debe contar con salidas en todas direcciones y las provisiones suficientes para atender a las necesidades presentes y futuras, cercanas o lejanas.

Un laboratorio bien equipado es una necesidad.

Por último, una nota de pesimismo. Debe de proveerse de un amplio depósito de agua limpia de reserva para el día triste en que no se pueda distribuir el producto. Al visitar una planta del interior del Estado de São Paulo, tuve ocasión de presenciar la entrada de un volumen concentrado de materias, rechazado por las bombas abastecedoras de la planta de tratamiento de agua. La corriente que abastecía las bombas recibía periódicamente esa carga intratable y el operador tenía siempre que rechazarla. ¡Menos mal que existen los sistemas de desviación!

Tema VII

NORMAS DE PROYECTOS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION

WALTER A. CASTAGNINO

Consultor de la Oficina Sanitaria Panamericana

En la América Latina, será difícil la tarea de conciliar las tendencias sobre diseño de las diversas unidades de un sistema de abastecimiento de agua. Ello se aplica, en particular, a los sistemas de distribución, donde el lograrlo sería no sólo dar un paso de avance hacia la reducción de los costos derivados de toda normalización, sino también tener muchas probabilidades de obtener costos menores en otras unidades del sistema de abastecimiento.

Frecuentemente, la inversión en un sistema de distribución representa más del 50 % del costo total del abastecimiento y en ocasiones alcanza hasta más del 70 por ciento. A continuación trataremos de estimular ideas que conduzcan a reducir las inversiones, de tan importante capítulo de los abastecimientos, en la América Latina.

CONSUMOS DE AGUA

Los usos del agua producida en un sistema de distribución se dividen normalmente en cinco clases: a) doméstico, b) industrial, c) público, d) comercial y e) protección contra incendios. A estos usos hay que agregar las pérdidas inevitables ocasionadas por operaciones normales del sistema y por deficiencias que pueden ser corregidas.

En este punto ya debemos hacer nuestra *primera observación*, tendiente a lograr una reducción de los costos:

1. *Obtener, mediante intervención en el planeamiento del desarrollo de la población, la*

localización de industrias o centros de gran consumo, en lugares que puedan ser abastecidos independientemente o sin incidir mayormente en el sistema normal de distribución.

Como es natural, esto trae ventajas también en otros aspectos, como son: la disposición de aguas residuales, la disponibilidad de áreas, la eliminación de molestias y aun la facilidad en la distribución de los costos de demanda de las estructuras tarifarias.

Es evidente que en la red llamada "normal", o sea, la que obtendría las demandas provenientes de a), c), d) y e), se evitarían los usos que incrementen innecesariamente el tamaño de las líneas principales de la misma.

La *segunda observación* se refiere a la demanda para protección contra incendios. Aun cuando luego lo discutiremos más ampliamente, este es un punto en el cual se pueden efectuar mayores reducciones en el caso de América Latina que en los Estados Unidos de América.

Ya sea porque en la generalidad de los casos existen menos instalaciones de calefacción o porque son menores las necesidades en ese aspecto, o bien porque se usan en menor proporción materiales combustibles en la construcción o en el mobiliario de las casas, o por razones de otra índole, lo cierto es que, no obstante la menor capacidad de los sistemas actuales (en general) en comparación con los de los Estados Unidos, la incidencia de incendios es sensiblemente menor.

No es nuestro propósito discutir lo adecuado de las especificaciones del *National*

Board of Fire Underwriters. Pero es evidente que si el esfuerzo que ahora se realiza tiende al desarrollo de las comunidades de la América Latina, principalmente mediante el abastecimiento de agua potable a sus poblaciones, todo lo que represente un aumento de los costos en algo que podría ser reducido, es antieconómico. Nuestra experiencia es que, en la mayoría de los casos, basta con asegurar que en todo punto de la red haya disponible un caudal de 1.000 lts/min con una presión residual de 2,5 m de la columna de agua a la salida del hidrante, con almacenamiento suficiente para cuatro horas de duración del fuego, agregado a una capacidad del sistema para distribuir el consumo promedio anual en esas circunstancias. Por lo tanto, salvo en casos especiales:

2. *No deberían aplicarse, salvo excepciones, las especificaciones del National Board of Fire Underwriters para protección contra incendios en comunidades de la América Latina.*

Comprobado está por la experiencia que en comunidades medianas y pequeñas, con servicios o conexiones provistos de medidores y con servicio de alcantarillado, puede calcularse un caudal promedio de 150 litros/habitante/día. Esto comprendería la demanda total en un clima templado. La información recogida en ciertos lugares de climas cálidos de esta Región indica que, en las mismas condiciones, el aumento del caudal previsto no debería exceder de un 20% de la cifra estimada. Por supuesto, lo anterior se basa en una operación y mantenimiento adecuados del sistema. Según el mismo razonamiento, se calcula que los surtidores o fuentes públicos tengan un caudal promedio de 25 litros/habitante/día, sirviendo cada instalación a 150 habitantes aproximadamente.

Las cifras anteriores pueden parecer sumamente bajas para las grandes ciudades o para las agrupaciones de población más importantes de América Latina. Sin embargo,

se debe señalar que en la mayoría de los casos esas ciudades son también centros industriales, que gran parte de sus redes han quedado inadecuadas por la rápida expansión y que las bajas tarifas o la falta de medidores han conducido a la operación y mantenimiento deficiente. De ahí nuestra *tercera conclusión*:

3. *Debe considerarse la adopción de una cifra aproximada de 150 litros/habitante/día en poblaciones medianas y pequeñas, como promedio diario. Estas cifras podrían aplicarse aun a grandes ciudades con adecuada operación, mantenimiento y facilidades, siempre que se cumplan los puntos 1 y 2.*

Diversos estudios realizados, así como observaciones y experiencias, han demostrado que si bien la demanda máxima diaria está relacionada con el promedio diario anual de acuerdo con el clima, la demanda máxima por hora está más relacionada con la naturaleza de la comunidad.

En climas templados de la América Latina, la relación entre el consumo diario máximo y el consumo diario promedio oscila entre 1,4 y 1,6; en climas cálidos y húmedos baja de 1,2 a 1,4, mientras que en clima de regiones áridas puede alcanzar de 1,8 a 2,0.

El máximo caudal por hora muestra un aumento a medida que la población alcanza mayor desarrollo, aunque también influyen otros factores. El coeficiente relativo a la demanda media diaria anual máxima varía entre 2,0 y 2,5, con algunas excepciones. Este valor tiene importancia decisiva en el cálculo del sistema de distribución, pero su determinación es en extremo difícil, sobre todo cuando las predicciones exceden un plazo de 10 años. En los Estados Unidos se pasó de un promedio de 2,25 a más de 3,00 sólo en una década, debido al excepcional desarrollo suburbano y las necesidades de riego de los jardines y prados.

Creemos que salvo excepciones, principalmente en grandes ciudades, balnearios o

similares, éste no es el caso de América Latina. En consecuencia, nuestra *cuarta recomendación* sería:

4. *Adoptar, tentativamente, valores de relaciones de demandas máximas, dentro del orden de magnitud siguiente:*

a) *Máximo diario a promedio diario anual:*

Climas templados 1,4 a 1,6

Climas cálidos y húmedos 1,2 a 1,4

Climas de regiones áridas 1,8 a 2,0

b) *Máximo por hora a promedio diario anual de 2,0 a 2,5, excepto en regiones desarrolladas donde puede ser aún mayor. En estas regiones el valor estaría más relacionado con el área servida que con la población.*

Las causas principales de pérdidas inevitables en el sistema de distribución son: bajo registro de medidores (puede llegar a errores hasta del 10 % si hay muchos usuarios de bajo consumo); pérdidas por fugas en la red (2.000 a 7.000 lts/Km de conducto, dependiendo del diámetro, edad y tipo de junta); presiones de operación altas y variables, y un subsuelo donde no sea fácil detectar las fugas.

La experiencia demuestra que es conveniente, desde el punto de vista económico, reducir las pérdidas donde sea posible antes de proceder al estudio de las mejoras de un sistema. Numerosos estudios han demostrado que la instalación de medidores o reductores de caudal es beneficiosa y económica. De ahí nuestra *quinta conclusión*:

5. *En un sistema en operación, es económico reducir las pérdidas mediante normas adecuadas de mantenimiento e instalación de medidores, o tomarlos en cuenta antes de proceder al diseño de las mejoras de la red.*

CONCEPTOS DE SERVICIO

Es frecuente observar que los investigadores recomiendan no usar un diámetro

mínimo inferior a 150 mm (6") en la red de distribución. En otros casos, se indica que ningún hidrante debe ser alimentado por tuberías de diámetro menor al citado. Analicemos, en el caso de América Latina, las consecuencias de adoptar un diámetro menor que el citado:

a) En relación con los caudales de incendio previstos, si el hidrante es abastecido por las tuberías secundarias de la red, podemos asumir que la instalación del mismo sea tal que no menos de tres tuberías contribuyan a su alimentación. En esas condiciones, con las presiones que luego se discuten, parece razonable indicar diámetros mínimos de 75 mm (3") como ofreciendo servicio satisfactorio, excepto en casos de distritos muy valiosos o comerciales.

b) Lo esencial es la calidad del agua suministrada al consumidor, no siendo suficiente que el tratamiento en la planta o la fuente sea adecuado. Los crecimientos bacterianos en la red (*Crenothrix*, *Gallionella*, *Sphaerotilus*, reductores de sulfatos, etc.), desarrollos de algas especiales (*Oscillatoria*, *Scenedesmus*, *Euglena*, *Anacystis*, *Coelastrum*, *Chlorella*, etc.) pueden producir problemas de sabores, olores, corrosión y aun incrementos en pérdidas de carga de la red. El paso de flóculos de óxidos hidratados de aluminio, postprecipitaciones de carbonato de calcio o hidróxidos de magnesio resultantes de tratamientos anticorrosivos o de ablandamiento, así como productos de la corrosión de metales pueden causar alteraciones en la turbiedad y el color que deterioren el agua originalmente producida.

Estos problemas son más agudos en las llamadas "terminales" de las redes. En comunidades medianas y pequeñas, aún eliminando la mayoría de esas terminales por medio de cierres de malla o "loops", la condición persiste por el escaso uso del agua.

La escasa circulación del agua provoca excesivo contacto con la tubería; los crecimientos citados y los que viven de sus

subproductos son favorecidos, dando como resultado, no sólo el consumo excesivo de cloro, sino la producción y/o transformación de gases (CO_2 , oxígeno, H_2S , aun CH_4).

Una reciente investigación ha puesto de manifiesto la importancia de la velocidad del agua en la formación de una capa de carbonato de calcio dura y adherente, indicando que la velocidad óptima debe estar entre 1,20 m a 1,80 m/seg, aun cuando el índice de Langelier u otros (Dye, Ryznar, etc.) sean adecuados. En pequeñas poblaciones de los Estados Unidos ha habido casos en que se ha debido recurrir a una recirculación del agua para evitar los inconvenientes citados.

Ello indica los problemas que puede causar el adoptar diámetros mínimos de 6" o similares cuando haya escaso consumo.

c) Una tubería de 3" de diámetro puede soportar, sin la inclusión de una abrazadera, la inserción de una llave maestra de $\frac{3}{4}$ " de diámetro si la tubería es de hierro fundido. El empleo de otros materiales exige comúnmente el uso de la abrazadera o algo similar, pero ello no es en función del diámetro, cuando éste es menor de 8".

d) En algunos países no se fabrican tuberías de 3" de diámetro de ciertos materiales tales como el hierro fundido. Sin embargo, ello es en función de la demanda de ese tipo de tubería y de las normas de diseño. En algunos países de América Latina, ha habido ya suficiente experiencia como para extraer conclusiones favorables a la adopción de un diámetro mínimo como se ha señalado anteriormente.

e) La norma de incendio antes expresada se basa en la demanda promedio diaria anual para combatir los fuegos. Las demandas máximas por hora no podrán ser satisfechas excepto por medio de tanques domiciliarios. Opinamos que con buenas normas de construcción e instalación, estos depósitos cumplen una función de reserva que no recarga el costo del sistema y que permite atender esas emergencias.

Ha sido frecuente la oposición a los mismos por razones sanitarias. Sin embargo, no se manifiesta oposición en el caso de grandes estructuras, donde se supone una mejor construcción y mantenimiento. Esto es, a nuestro juicio, un problema de educación fundamentalmente y no depende de la magnitud de la estructura.

Nuestra sexta recomendación sería pues:

6. *En sistemas medianos y pequeños, considerar la adopción de un diámetro mínimo de 3" aproximadamente para la malla secundaria de la red. Establecer que, en principio, la instalación de depósitos domiciliarios de reserva no es mala práctica, si existen ordenanzas que regulen y comprueben su adecuada instalación.*

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Al final del período de diseño las presiones en los puntos críticos de la red serán mucho menores que al principio, debido principalmente a la reducción de la capacidad del sistema y al mayor consumo. Es lógico, sin embargo, que en los puntos aislados y extremos de la red, al cabo del período de diseño, no se exijan presiones que razonablemente se hubieran podido prever para la red.

Las presiones mínimas de 14 a 15 m de columna de agua (unas 20 libras/pulgada cuadrada), excepto en esos puntos aislados donde es admisible que se reduzcan a unos 8 m de columna de agua, son normas que han dado resultados satisfactorios, cuando se adoptan en el período de diseño de la obra.

El equipo moderno para combatir los fuegos ha eliminado prácticamente la necesidad de las altas presiones que antes se especificaban. A este respecto, una presión de 4 Kg/cm² (56 lbs/pulgada cuadrada) es suficiente, no olvidando además que en una manguera corriente de 2½", un flujo de 1.000 lt/min produce una pérdida de carga de alrededor de 1 Kg/cm² en 30 metros.

Es fácil ver que sin equipo adecuado de

bombeo contra incendios, y a la distancia que se colocan los hidrantes normalmente, la presión debería alcanzar 7 Kg/cm² (98 lbs/pulgada cuadrada) más o menos, lo cual aumentaría las pérdidas por escapes y por agua desperdiciada (proporcionalmente a la raíz cuadrada de la presión).

Especificar una presión máxima es, en principio, objetable. Las condiciones topográficas pueden conducir, sobre todo en líneas alimentadoras, a elegir altas presiones que se compensan por medio de la selección adecuada de materiales, diámetros y equipos especiales a fin de evitar las consecuencias que podrían resultar del trabajo que se realiza.

Sin embargo, es deseable evitarle al usuario las dificultades que provienen de una presión excesiva, digamos de 6 Kg/cm². En ese caso, si existen zonas o líneas que operen a presiones mayores, puede protegerse el resto con válvulas especiales, de las que se tratará más adelante. En resumen, pues, nuestra séptima sugerencia será:

7. Considerar la conveniencia de establecer presiones mínimas de 15 m de columna de agua, aproximadamente, excepto en puntos aislados donde puede reducirse a 8 m de columna de agua. Toda zona o línea con presiones mayores a 6 Kg/cm² debería ser conectada al resto del sistema con válvulas de control, evitando en lo posible inconvenientes a los usuarios de la zona considerada.

Lo anterior se aplica a las condiciones al final del período de diseño de la obra, especialmente teniendo en cuenta la reducción del coeficiente de rugosidad de las tuberías ("C").

COLOCACION DE LAS VALVULAS

La colocación de las válvulas en un sistema de distribución depende principalmente de un balance entre el costo y la operación adecuada; o sea, su uso en las reparaciones u obras en un sector de la red que exige detener

el flujo proveniente de otras porciones de la misma.

Pero existen otros factores que inciden en el número y en el tipo de válvulas a instalar: a) si el sistema es monoplanar o biplanar, o más generalmente doble o sencillo; b) la existencia de diferentes zonas de presión.

El sistema de red doble o biplanar consiste en unir a dos líneas principales de una tubería que no tenga conexión con otras que se crucen con la misma. En los países que lo usan, la distancia entre las dos líneas principales no excede a 500 metros, lo cual sería el máximo que quedaría sin servicio en caso de rotura. La ventaja estriba en el menor número de válvulas y de conexiones transversales, pero no es inconveniente en la protección contra incendios por la dificultad de adaptar lo anteriormente recomendado.

Las válvulas de control de presión, o sea, las válvulas que se abren o cierran automáticamente cuando se producen ciertas condiciones (válvulas de altitud, de flotador, de regulación de presión, de alivio), permiten al proyectista solucionar diversos problemas de presiones diferenciales, siendo auxiliares valiosos en la operación segura de los sistemas. Sin embargo, su colocación no puede ser señalada por medio de normas sino que depende de las condiciones hidráulicas y de la habilidad del ingeniero proyectista. Generalmente están ligadas a válvulas comunes de emergencia.

Aunque excepcionalmente puede haber casos especiales en los que pueden utilizarse otros tipos de válvulas (tales como de diafragma, mariposa, bola, rotativas) en la red de distribución, generalmente se usan las válvulas de compuerta. (Cabe citar que el uso de válvulas de diafragma de butilo ha aumentado últimamente en ciertas regiones.) El precio de estas válvulas es relativamente alto y sólo puede lograrse un servicio satisfactorio por medio de un mantenimiento adecuado. Si éste existiera en el futuro, el proyectista podría guiarse por la norma de colocar las válvulas en las esquinas de las

calles, de modo tal que cerrando el menor número posible de válvulas, se formaran circuitos cerrados de 400 metros. Si el mantenimiento no fuera adecuado (lubricación de empaques, apertura y cierre con plan regular, instalación correcta) la experiencia nos ha demostrado que el costo de esa instalación resulta desproporcionado con los resultados obtenidos.

De ahí que podamos sugerir como *octava conclusión*:

8. *El uso de válvulas de compuerta (o de acción similar) para formar circuitos cerrados de 400 metros o menores, sólo se recomienda cuando el proyectista tenga suficiente seguridad del mantenimiento e instalación adecuada de dichas válvulas.*

ALMACENAMIENTO REQUERIDO

En lo que aparece a continuación consideraremos también como agua lista para ser distribuida aquella que está en el etapa de tratamiento cuando está lista para la distribución, pero no el agua de embalses, ya sea procesada o no. Esta última debería ser considerada como reserva de la fuente de abastecimiento.

Existen, evidentemente, dos funciones puestas en el almacenamiento:

- a) Regulación de las demandas, con especial atención en el máximo por hora.
- b) Reserva para imprevistos.

La función b) puede ser la citada para combatir los fuegos y además, el almacenaje necesario por roturas o interrupción de energía de los equipos de bombeo.

Si admitimos las conclusiones anteriores, especialmente la relativa al combate de incendios, el almacenaje combinado que provea a todos los hidrantes no podrá ser menor de 240 m³. En ciertos casos, la topografía y aun la economía, no exigirá que toda esa reserva sea elevada; por lo que una

combinación de almacenaje a nivel del terreno y estación de bombeo puede ser la solución para alcanzar los valores recomendados.

Es natural que en esos casos habrá que garantizar la seguridad del sistema y que la previsión de imprevistos estará relacionada con el costo total de las instalaciones.

La localización, capacidad y elevación del almacenamiento dependerá de las demandas y su variación a través del día.

Frecuentemente es necesario realizar un número considerable de análisis de flujos y presiones antes de obtener la solución adecuada, dependiendo esto también de la habilidad del ingeniero proyectista o de los medios de que dispone.

Para esos estudios es indispensable el uso de las curvas de volúmenes acumulados, pero en los casos donde exista bombeo, la regulación de las bombas tiene un efecto importante en la posible reducción del almacenamiento.

En algunas zonas de la América Latina la regla general ha sido que el almacenaje alcance desde el 20% hasta el 40% del máximo caudal diario previsto para el final del plazo útil de la obra.

En consecuencia, nuestra *novena recomendación* sería:

9. *Considerar la conveniencia de estudiar la ubicación, capacidad y elevación de los almacenamientos de agua mediante análisis de flujos y presiones para los días promedio, mínimo y máximo, así como en la curva de variaciones de las demandas por hora y de caudales de incendio tipos. Para comenzar los cálculos puede adoptarse una cifra de almacenamiento del 25% del máximo diario al final del período de estudio, incluyendo 240 m³ para almacenaje para imprevistos. Se recomienda el uso de almacenaje de nivel bajo cuando se puedan aprovechar ciertas circunstancias favorables con el empleo de estaciones de bombeo.*

METODOS DE CALCULO

En sistemas pequeños el empleo de los métodos de conductos equivalentes y de círculos son adecuados porque no hay, en general, justificación para métodos más elaborados. En ciertos casos de sistemas pequeños el método de Cross es de difícil convergencia.

Para sistemas mayores, la elección deberá efectuarse entre el método de Cross, su computación por los sistemas electrónicos digitales y el analizador de McIlroy.

El computador electrónico debe ser suministrado con las características de los conductos, con los caudales y demandas, así como con la distribución inicial de flujos.

El analizador de McIlroy es un circuito eléctrico análogo que produce la misma relación entre corriente y caída de voltaje que la que existe entre flujo y pérdida de carga. La pieza clave del analizador es un tubo al vacío (fluistor) en tal forma que la caída de voltaje es proporcional a la potencia 1,85 de la corriente que fluye (igual coeficiente que la fórmula de Hazen Williams). Los resultados son leídos en galvanómetros calibrados, una vez establecidos los circuitos equivalentes.

Sin embargo, los resultados siempre dependen de la mente del especialista que suministra los datos. Ningún equipo puede corregir errores al calcular los coeficientes de fricción ni evitar que las demandas máximas supuestas sean inadecuadas. Muchos ingenieros que han aplicado estos instrumentos de cálculo concuerdan en la conveniencia que el proyectista esté presente durante la tabulación de los resultados. De acuerdo con lo anterior, nuestra *décima proposición* sería:

10. *En la mayoría de los casos se hallará conveniente el cálculo de las redes de distribución por los métodos llamados de "operador" o "a mano"; aplicando en sistemas pequeños*

los métodos de conductos equivalentes o de círculos, y en sistemas más elaborados el método de Cross. El empleo del analizador de McIlroy no se justifica excepto cuando haya análisis repetidos de un sistema de envergadura. El uso de las computadoras electrónicas es costoso, a menos que existan centros especializados y las operaciones estén reguladas.

LA PROTECCION CONTRA INCENDIOS

Hemos señalado en este trabajo los ahorros que se obtendrían si, por las condiciones existentes en América Latina, adoptamos normas de protección contra incendios de menor alcance que las que recomienda el *National Board of Fire Underwriters*. Hemos indicado también que los equipos modernos de los departamentos de incendios han reducido las exigencias respecto a las presiones de la red.

Es natural que las defensas contra incendios no pueden ser reducidas en ciertos casos, a tal punto que los seguros impongan primas exageradas a ciertos establecimientos. En esos casos, debe recomendarse que se atiendan con instalaciones individuales, las cuales puedan ser automáticas y ser sumamente seguras, o bien que se establezcan excepciones en el plan general.

En ciertos casos excepcionales, en regiones aisladas, con abundante provisión de agua no tratada (o agua de mar), se ha considerado la posibilidad de proteger los grupos de estructuras o industrias más valiosos mediante un abastecimiento separado. El problema depende totalmente de las condiciones locales y se ha mencionado en este caso con el único propósito de que no pase desapercibido.

La colocación de hidrantes variará según la importancia de la región que debe servir. Nuestra experiencia nos indica que no sería recomendable separarlos más de 200 metros en razón de la elevada pérdida de carga ya

citada, a través de las mangueras usadas. Es conveniente citar aquí que en algunos países del Continente se usan hidrantes que no sobresalen del nivel de la acera, lo cual es apropiado en donde no existen nevadas o congelaciones que pueden impedir su rápida localización.

En razón de todo lo expuesto, ofrecemos pues nuestra *conclusión final*:

11. *Utilizar al máximo las facilidades en*

equipos para combatir incendios, ya sea en los departamentos de prevención de incendios, como en estructuras privadas, de modo de complementar normas restringidas de diseño de redes a este respecto. Colocar los hidrantes de modo que su espaciamiento no sea mayor de 200 metros y considerar tipos de hidrantes de bajo costo, especialmente si las condiciones del clima no entorpecen, en las emergencias, su localización.

Tema VIII

NORMAS PARA FUENTES DE ABASTECIMIENTOS SUBTERRANEOS

G. F. BRIGGS

Ingeniero Jefe, E. E. Johnson, Inc., St. Paul, Minnesota, E.U.A.

Las ventajas especiales del agua subterránea la hacen un recurso sumamente valioso en cualquier país. El agua subterránea es la mejor fuente de agua potable para la mayoría de las comunidades. Su disponibilidad en muchos lugares, sin necesidad de transportarla a largas distancias, significa que se puede abastecer al público y a la industria a bajo costo. Por conveniencia y economía, los pozos se pueden situar cerca de los puntos donde se emplea el agua. Las aguas superficiales, por el contrario, a menudo se tienen que transportar a muchos kilómetros de distancia por medio de costosos canales o tuberías.

El agua subterránea tiene además otras ventajas:

- a) Está libre de turbidez y de contaminación bacteriana.
- b) Es más uniforme en su temperatura y en su contenido de minerales solubles.
- c) El rendimiento de los pozos es mucho más constante que el de las corrientes superficiales, que varían en la estación seca y en la estación lluviosa.
- d) Las aguas subterráneas se pueden aprovechar en los lugares donde las corrientes superficiales y los lagos están ya destinados a otros usos, lo que limita su disponibilidad.

El empleo de las aguas superficiales, como es natural, es necesario en los lugares donde el agua subterránea sólo se puede encontrar a grandes profundidades, donde no se puede extraer en cantidad suficiente a ninguna profundidad, o cuando su calidad no es buena

debido a su gran contenido de minerales. Puede que sea preferible el empleo de las aguas superficiales en vez de las subterráneas en los casos en que se pueden emplear para producir fuerza hidroeléctrica al mismo tiempo que se aprovechan para abastecer al público y a la industria. No obstante, en general, las aguas subterráneas se pueden aprovechar para abastecer más económicamente a las localidades que con aguas superficiales, salvo en las grandes ciudades.

Las aguas subterráneas como recurso nacional

Las aguas subterráneas que se encuentran en las formaciones geológicas porosas de la mayoría de los países o regiones constituyen un recurso natural de gran valor, tanto por su buena calidad como por la facilidad de encontrarlas. Las capas acuíferas que forman los depósitos subterráneos contienen más agua potable que todos los embalses y lagos en conjunto.

El agua subterránea es una de las fases del ciclo hidrológico. Lo mismo que en las otras fases de este ciclo, el agua subterránea se mantiene en movimiento constante. Su proporción de movimiento por los intersticios de la capa acuífera es lenta, pero se puede medir. Esta agua corre desde los puntos de recarga en lugares más elevados a puntos de descarga natural más bajos, o se puede desviar en puntos de descarga artificial, como son los pozos construidos por el hombre. Los puntos de recarga son los lugares donde el agua

puede entrar a la capa acuífera desde la superficie, por infiltración a través de materiales permeables.

La capa acuífera desempeña dos funciones que se pueden aprovechar. Una de éstas es la función de "tubería", puesto que conduce el agua subterránea a grandes distancias desde las zonas de recarga a las de descarga sin desperdicio por evaporación. A la vez, la capa acuífera desempeña también la función de "almacenamiento". Como el movimiento del agua subterránea es muy lento, la capa acuífera retiene enormes cantidades de agua en depósito. Este enorme volumen depositado permite que el agua se pueda extraer de la capa acuífera por medio de pozos, en corriente relativamente constante, aunque los ciclos climáticos varíen en forma considerable la proporción de recarga de la capa acuífera.

La geología trata en parte de la estratigrafía y la estructura de las formaciones rocosas que forman la capa terrestre. Estas formaciones geológicas constituyen la estructura en que se deposita y fluye el agua subterránea, o se detiene también su movimiento. La delimitación de la extensión y el espesor de los materiales subterráneos que forman un depósito de agua subterránea constituyen principalmente un problema geológico.

La proporción de movimiento del agua subterránea depende, en gran parte, de la permeabilidad del material poroso que forma la capa acuífera. La permeabilidad de la capa acuífera es su capacidad para permitir el flujo del agua. En los materiales permeables la gravedad impulsa al agua hacia abajo, desde la superficie hasta la zona de saturación, que es la capa acuífera propiamente dicha, y de ahí, lateralmente, hacia puntos más bajos. Por último, el agua subterránea se encamina a los océanos o a lugares de descarga en la superficie de la tierra, tales como los manantiales.

Los canales y las riberas de las corrientes superficiales son generalmente las más extensas áreas de descarga natural del agua

subterránea. En épocas de sequía, cuando no hay escurrimiento en la superficie, todo el volumen de las corrientes proviene de las aguas subterráneas, excepto cuando la corriente se regula artificialmente. En tal virtud, la descarga de las aguas subterráneas constituye el flujo básico de todas las corrientes. Esta relación entre las aguas subterráneas y las aguas superficiales revela la importancia del estudio de la muy estrecha relación que existe entre la precipitación, el escurrimiento superficial y la presencia de aguas subterráneas.

Como recurso natural que ofrece ventajas tanto económicas como sociales para abastecer de agua a las poblaciones, las aguas subterráneas deben ser estudiadas cuidadosamente. Estos estudios deben conducir a la determinación tanto de las posibilidades como de las dificultades del aprovechamiento de las aguas subterráneas e indicar lo que se puede hacer para evitar las dificultades.

Estas sugerencias significan que para aprovechar las aguas subterráneas es necesario considerar, a un mismo tiempo, su uso debidamente regulado así como su conservación, dentro de su compleja relación con el ciclo hidrológico.

Importancia de la conservación

En su verdadero sentido, la conservación significa el uso inteligente del agua subterránea. En la conservación se trata de aprovechar un recurso renovable, como el del agua subterránea, a base de leyes naturales, es decir, de las leyes según las cuales esta riqueza viene a nosotros y según las cuales se puede seguir aprovechando en beneficio de las generaciones futuras.

Cuando se asienta la base de su uso inteligente, el hombre puede mantener la calidad y el volumen del recurso natural renovable. Para lograrlo se cuenta con los conocimientos científicos y la tecnología, que son de gran valor en este sentido.

Una de las maneras en que se puede mantener y aun aumentar el abastecimiento

disponible de agua es eliminando de ella los desechos después de usarla y antes de disponer de ella. Cuando el agua está excesivamente contaminada no se puede usar de nuevo sin someterla a tratamiento. Resulta, pues, que el tener un río contaminado equivale casi a no tener ningún río.

En esencia, la conservación es sencillamente una actitud, dado que se reconoce y se enseña que el hombre necesita de la naturaleza para sobrevivir. La conservación enseña humildad ante la naturaleza, y esta humildad es el punto de partida de la sabiduría. La conservación trabaja en el presente con miras hacia el porvenir. Un plan de conservación ha de instituir una dirección estudiada y un uso acertado de las riquezas naturales, así como necesariamente ha de tomar en consideración la realidad y las exigencias de la vida cotidiana. De este modo es de nuestro interés que exista suficiente previsión y regulación en el aprovechamiento de las aguas subterráneas de una región a fin de poder usarlas sabiamente.

Medición del rendimiento potencial de las capas acuíferas

Los estudios cuantitativos son parte integrante de la evaluación de las capas acuíferas que sirven como abastecimiento de agua de una localidad. Estos estudios guían el diseño y la debida separación entre pozos, y son la base para calcular el rendimiento a largo plazo de la capa acuífera.

El valor de una capa acuífera debidamente aprovechada para abastecimiento de agua depende de dos características hidrológicas inherentes que ya se han indicado: su capacidad de almacenamiento y su capacidad para transmitir el agua. Estas propiedades de una capa acuífera, denominadas coeficiente de almacenamiento y coeficiente de transmisión, ofrecen generalmente la base para su valoración cuantitativa. El conocimiento de estas características, aunado al conocimiento de la geología de la capa acuífera, se emplea para

calcular la recarga, la infiltración y los efectos de la evaporación y transpiración.

La determinación de los coeficientes de almacenamiento y de transmisión se hace generalmente de observaciones de los cambios en los niveles del agua, examinando el funcionamiento de uno o más pozos de observación durante el período de bombeo. En ciertos casos se pueden determinar con un análisis de la red de flujo.

Con las pruebas de bombeo se han preparado fórmulas para determinar los coeficientes de almacenamiento y de transmisión del agua. Estas fórmulas se pueden emplear cuando la descarga de la bomba de un pozo se conoce y cuando se miden los cambios de nivel del agua en uno o más pozos de observación durante el período de bombeo. La fórmula de equilibrio desarrollada por Thiem en 1906, o la de desequilibrio preparada por Theis en 1935, se pueden emplear según las condiciones hidrológicas y las características físicas de la capa acuífera.

La selección de las ecuaciones o de los métodos de cálculo para el análisis se hace generalmente de acuerdo con las condiciones físicas de la capa acuífera, en la medida que éstas fijan los límites hidrológicos del sistema de flujo. Los valores cuantitativos que resultan del análisis permiten aplicar los datos obtenidos de las observaciones para la localización de los pozos, para determinar el rendimiento máximo de los pozos y para prever los niveles del agua, todo en condiciones conocidas. El mejor método de análisis de la hidráulica del agua subterránea es el de la aplicación de ecuaciones derivadas para las condiciones particulares de límites. En este respecto, un número cada vez mayor de ecuaciones se describen en numerosas publicaciones.

La variante en los coeficientes de almacenamiento y de transmisión, conjuntamente con las irregularidades en la forma de los sistemas de flujo de las capas acuíferas, exige que los cálculos de los coeficientes se funden en datos fidedignos. Una prueba

cuantitativa no satisface la necesidad de un estudio cuantitativo de toda la capa acuífera. Esta prueba particular es, sencillamente, un punto de partida o parte de un conocimiento, que se debe confirmar con otras pruebas. Con frecuencia los resultados obtenidos de cálculos iniciales pueden necesitar revisión a base de lo que se descubra en otras investigaciones geológicas o en otras pruebas hidráulicas a medida que se lleve a efecto la investigación de campo.

Al analizar los problemas de la circulación del agua subterránea, una representación gráfica de la forma del flujo constituye una ayuda considerable y a menudo proporciona los únicos medios de resolver estos problemas, para los cuales una solución matemática no es posible. La forma de circulación se presenta gráficamente con una red de flujo. La red de flujo está compuesta de dos series de curvas. Una de ellas representa las curvas de igual carga en la capa acuífera, llamadas comúnmente curvas del nivel del agua. Estas son las líneas equipotenciales de la red de flujo.

La otra serie de curvas representa el flujo laminar o viscoso o las líneas de flujo. Cada línea de flujo indica el camino que sigue una partícula de agua a medida que pasa por la capa acuífera en dirección al punto de descarga. La serie de líneas de flujo es ortogonal con el sistema de líneas equipotenciales.

El cambio de carga o de baja de potencial entre dos líneas equipotenciales, dividido por la distancia atravesada por la partícula de agua corriendo del nivel más alto posible hasta el más bajo, es la gradiente hidráulica de ese segmento de flujo en la capa acuífera. Si no ocurre recarga por infiltración vertical directa en un punto dado, las variantes en la gradiente hidráulica revelan los cambios correspondientes en las propiedades de transmisión de la capa acuífera.

En lo referente al flujo constante de la capa acuífera, con determinadas condiciones de límites, sólo hay una red de flujo. Si después cambian las condiciones de los

límites, se crea un flujo distinto después que pasa suficiente tiempo para restablecer el estado constante. La red de flujo revisada es la única solución bajo las nuevas condiciones. Por lo tanto, antes de calcular una red de flujo, es de importancia que las condiciones de los límites se conozcan y se describan cuidadosamente. Los registros de los niveles del agua subterránea ayudan a definir las condiciones hidráulicas de los límites.

Los cálculos hechos con las pruebas de bombeo proporcionan valores exactos de transmisión, pero cada prueba representa sólo una pequeña muestra de la capa acuífera. En el análisis de la red de flujo pueden figurar zonas más extensas de la capa acuífera que pueden proporcionar valores de transmisión integrados y más realísticos en toda la zona. Además, considerando la situación en grandes partes de la zona acuífera, las irregularidades locales que pueden afectar apreciablemente a ciertas pruebas de bombeo y a su análisis tienen, en general, muy poco efecto en la modalidad del flujo total.

A medida que se conoce la versatilidad del análisis de la red de flujo, su uso debe hacerse más común. Este método de análisis aumenta considerablemente los conocimientos del hidrólogo sobre los sistemas de flujo de las aguas subterráneas. A la vez, proporciona métodos cuantitativos para analizar e interpretar los mapas de las curvas del nivel del agua.

Necesidad de datos fundamentales

La dificultad principal con que siempre tropieza el ingeniero en sus problemas de aprovechamiento de las fuentes de agua, es siempre la falta de datos fundamentales. Entre estos pueden figurar los siguientes:

1. Registros del flujo de la corriente.
2. Registros de precipitación.
3. Mapas topográficos.
4. Mapas geológicos.
5. Niveles del agua subterránea.

6. Datos de evaporación y de transpiración.
7. Datos de la calidad del agua.

Estos factores se pueden dividir en dos clases generales de datos fundamentales. En una de ellas figura información de carácter más o menos permanente. El mapa topográfico de una cuenca colectora y el mapa geológico que delinea la extensión y espesor de las capas acuíferas se pueden citar como ejemplos. En la otra clase figuran registros de factores variables que muestran variantes considerables, ya sea en la calidad o en la cantidad del abastecimiento, con el transcurso del tiempo. Los registros del flujo de la corriente y de precipitación son ejemplos de esta clase de datos.

Para obtener datos de la segunda clase, factores que varían considerablemente con el tiempo, se requieren observaciones durante un período largo de tiempo. En la mayoría de los casos, el valor de los registros aumenta directamente en proporción al período de tiempo que abarcan. Esto se debe a que el tiempo es un factor inherente del registro.

El valor de las otras clases de datos no tiene relación con el tiempo requerido para compilarlos. Así, con un personal de ingenieros y ayudantes suficientemente numeroso, se puede terminar el mapa topográfico de una cuenca colectora en un mes o tal vez en menos tiempo. Sin embargo, todo un ejército de ingenieros con experiencia no podría determinar las características de escurrimiento y las variantes de flujo de una corriente en un período corto de tiempo porque la duración de las observaciones registradas es parte inseparable de los datos.

El factor tiempo es también importante en el registro de las fluctuaciones de los niveles del agua subterránea. Aunque las variantes en cantidad, recarga y descarga de agua subterránea no son tan grandes como en el caso del flujo de una corriente, es de importancia reconocer estos factores fundamentales y destacar la necesidad absoluta de

un plan bien estudiado de compilación de datos en cualquier país y en las diversas regiones de cada uno como base del aprovechamiento de las fuentes de agua. La potencialidad de los recursos de agua de un país para todos los usos sólo puede ser medida cuando se dispone de suficientes datos hidrológicos y geológicos.

Para aprovechar plenamente un reservorio de agua superficial es necesario levantar un plano y preparar cuadros de capacidad a fin de poder determinar la cantidad de agua en depósito por medio de mediciones de los niveles de agua en el reservorio. En general, el funcionamiento del reservorio depende también de registros constantes de la carga y descarga de agua en el reservorio. Para aprovechar verdaderamente un reservorio de agua subterránea se requieren mediciones del volumen en almacenamiento, la recarga y descarga o salida, más otro factor poco significativo en los reservorios superficiales, o sea la proporción del movimiento del agua a través del reservorio. Las técnicas de estas mediciones son algo más difíciles y los informes necesarios para traducir los datos básicos en volúmenes de agua son más complicados que en el caso de un depósito de agua superficial. Sin embargo, la tecnología moderna nos proporciona instrumentos para conseguirlo. Al efecto, ya se han indicado las pruebas de bombeo y el análisis de la red de flujo.

Un medio de calcular la recarga promedio se obtiene del principio básico de que en el movimiento del agua subterránea, en el curso de los años, desde las zonas de recarga a las de descarga natural, el promedio de descarga natural del depósito es equivalente al promedio de recarga. Así, al medir la descarga de un depósito, se puede obtener una idea del promedio de recarga.

La descarga artificial por medio de pozos se tiene que sumar a cualquier medición de descarga natural a fin de obtener la descarga total de la capa acuífera en circunstancias determinadas. Los pozos interceptan parte

del agua subterránea que corre a lo largo de ellos. Si su rendimiento se mantiene año tras año, es porque el agua extraída por los pozos se reemplaza con un aumento de recarga o se desvía de su curso natural hacia el punto final de descarga.

En ciertos casos, la descarga natural del agua subterránea se puede medir con un gráfico hidráulico que represente el flujo de una corriente de la superficie en períodos cuando no hay escurrimiento. Cuando en la superficie no hay escurrimiento causado por la lluvia o por la nieve derretida, el volumen de la corriente se deriva enteramente del agua subterránea. Por tanto, el volumen de la corriente representa la descarga natural de agua subterránea. Esta descarga de la capa acuífera puede conducir a un descenso constante del nivel del agua y a una reducción constante del volumen de la corriente. Estas condiciones prevalecen hasta que cae lluvia suficiente para producir ya sea escurrimiento en la superficie o recarga del agua subterránea.

Si el nivel del agua subterránea llega a su altura máxima cuando cesa el escurrimiento en la superficie en la cuenca colectora y no cae más lluvia, se puede interpretar el gráfico hidráulico resultante en un punto dado de la corriente como "curva de agotamiento del agua subterránea". Esta curva representa el agotamiento del agua subterránea en el depósito, y constituye una medida de la descarga natural del agua subterránea. En países de estaciones definidas de secas y de lluvia, el estudio de la curva de agotamiento del agua subterránea proporciona datos para hacer cálculos bastante exactos de la recarga media del agua subterránea.

La curva del agotamiento del agua subterránea está afectada por la proporción de transpiración de la vegetación, la evaporación por el suelo y la evaporación del agua a cielo abierto. Dado que la transpiración y la evaporación se tienen que compensar antes que pueda ocurrir la recarga del agua subterránea, la única parte de la salida natural

de la capa acuífera que no se revela en la curva de agotamiento del agua subterránea es la evaporación directa desde la superficie de las corrientes.

Los registros de las fluctuaciones de los niveles del agua subterránea medidos en observaciones hechas en pozos debidamente situados en la capa acuífera, junto con el estudio de la curva de agotamiento del agua subterránea, proporciona datos suficientemente exactos para calcular la recarga.

Administración de un campo de pozos

Lógicamente, la administración de un campo de aprovechamiento del agua subterránea comienza en la etapa de estudio antes de que se hagan las instalaciones para extraer el agua. En el estudio preliminar se requiere generalmente un detenido estudio geológico e hidrológico, incluso perforaciones y bombeos de prueba. Se deben compilar cuidadosamente todos los registros y notas de cada pozo de prueba, incluyendo detalles de su construcción, descripción de los materiales perforados y la calidad del agua subterránea. Se debe dedicar atención especial a la preparación de un mapa exacto de todos los pozos de prueba e instituir un sencillo sistema de identificación que se pueda mantener por varios años.

Como ya se ha indicado, entre los datos de más importancia que se compilen deben figurar las fluctuaciones de los niveles del agua subterránea. Estos informes constituyen un registro permanente de las condiciones del agua subterránea antes de la construcción de nuevas instalaciones para la extracción del agua. Estos registros facilitan el análisis de los problemas que más tarde puedan suscitar y sirven también de base para que las autoridades competentes puedan regular con leyes y reglamentos la extracción del agua subterránea.

Después que los pozos de producción estén en funcionamiento se debe llevar a efecto un

plan bien estudiado de observaciones. Se deben medir los niveles del agua periódicamente en todos los pozos, ya sea que estén bajo bombeo o no, se deben tomar muestras de agua para análisis químico, se deben llevar registros exactos de funcionamiento de los pozos y se debe llevar también un registro del agua bombeada. Nunca se puede insistir demasiado en el valor de estos registros para el funcionamiento de los pozos a largo plazo, así como los del efecto del bombeo en el rendimiento de la capa acuífera. Los problemas que suscitan el bombeo excesivo, la contaminación, la infiltración de agua salada, las bajas de nivel y los cambios extraordinarios de temperatura, se pueden resolver con más facilidad cuando se dispone de datos suficientes sobre el funcionamiento del campo de pozos.

Puesto que el agua subterránea es un recurso invisible, hay que hacer esfuerzos extraordinarios para conocer bien su disponibilidad. Un buen plan de administración de los pozos no sólo es valioso para mantener al mínimo los gastos de funcionamiento, sino que permite prevenir problemas ya que ofrece buenas indicaciones de cambios excepcionales en las condiciones del agua subterránea.

Métodos recomendados para la construcción de pozos

Los métodos o normas que se recomiendan para la construcción de pozos deben cumplir con cuatro objetivos:

1. El pozo debe ser de diámetro y profundidad adecuados a fin de extraer el agua disponible de la formación acuífera en la que se completará el pozo.

2. El pozo se debe diseñar de tal modo que quede enteramente protegido de las formaciones acuíferas contaminadas o que se puedan contaminar.

3. El pozo se debe diseñar de manera que no quede ninguna abertura en su revesti-

miento que pueda conducir agua de la superficie, agua subterránea contaminada u otras aguas subterráneas que se infiltran verticalmente a la toma del pozo.

4. Los materiales que se empleen en la estructura permanente del pozo deben ser lo suficientemente fuertes y duraderos a fin de asegurar la vida del pozo, a la vez que deben ser fáciles de instalar de acuerdo con métodos probados.

En la mayoría de los lugares, el agua subterránea, en su estado natural, es de buena calidad sanitaria y sirve para beber. Esto es especialmente cierto cuando el agua se encuentra en estratos saturados de arena o de una mezcla de arena y grava. El agua que se encuentra en capas acuíferas arenosas ha tenido la ventaja de la filtración natural que se logra generalmente al filtrarse a través de materiales porosos.

La construcción de un pozo que tenga la debida protección sanitaria requiere la excavación a profundidad suficiente para tomar el agua de la fuente subterránea seleccionada, la instalación del revestimiento del pozo, la instalación de una criba o filtro para el pozo, cuando sea necesaria, la instalación de bombas y otros accesorios para llevar el agua hasta el punto en que se ha de usar sin que se contamine durante su bombeo o en la misma capa acuífera de donde se toma.

Los reglamentos debidos y la buena construcción de los pozos protegen la salud de los que usan el agua al impedir su contaminación.

Las medidas de protección que se requieren varían según el lugar y las clases de formaciones subterráneas. En el Apéndice a este trabajo* se presentan recomendaciones respecto a diversas condiciones geológicas que sirven de guía para una buena construcción, según las condiciones descritas. Estas son condiciones típicas de la mayoría de los casos en que se pueden utilizar pozos para la extracción de agua subterránea. Siempre que

* Véase pág. 130.

se tomen las medidas fundamentales para proteger la calidad del agua, se pueden introducir modificaciones para hacerle frente a condiciones extraordinarias de cualquier lugar.

El pozo debe ser ubicado en el terreno más alto posible, a fin de facilitar el drenaje superficial en una dirección que se aleje del pozo. El revestimiento del pozo debe terminar por encima de la superficie, y la superficie alrededor del pozo se debe elevar, si es necesario, a fin de que el agua de la superficie corra en todas direcciones alejándose del pozo. El pozo se debe situar de modo que quede accesible para la reparación de las bombas, limpieza, tratamiento, pruebas e inspección. La parte superior del pozo no debe quedar en el sótano del edificio ni debajo de un edificio que no tenga sótano. Cuando el pozo se sitúe contiguo a un edificio, debe quedar por lo menos a 2 metros de distancia de toda proyección o alero del edificio.

La distancia de cualquier foco de contaminación es un factor de gran importancia en el aprovechamiento del agua subterránea. La distancia mínima de un pozo a un posible foco de contaminación debe ser lo suficientemente grande para asegurar que el flujo subterráneo de agua contaminada no llegue hasta el pozo. La fijación de distancias mínimas arbitrarias no resuelve el problema del saneamiento del pozo. Aunque una distancia mínima de 15 metros de un foco de contaminación puede ser salvaguardia suficiente en formaciones no consolidadas como las de arena, una distancia de 100 metros puede ser insuficiente cuando se trata de grava gruesa. Cuando se trata de formaciones cerca de la superficie que sean de piedra caliza o de roca desintegrada, las distancias indicadas no son aplicables al caso. Cuando materiales subterráneos de esta clase permiten la rápida filtración de agua con poca purificación natural, se puede tener muy poca confianza en materia de distancias.

La fijación de una profundidad mínima para el revestimiento del pozo requiere el estudio de la capacidad de filtración de las

formaciones que están encima de la capa acuífera. En el Apéndice se indican profundidades de revestimiento que pueden servir para la mayoría de los casos.

El diseño del pozo, así como las medidas que se tomen para su protección sanitaria, se deben basar en los cuatro factores siguientes:

1. El rendimiento probable del pozo.
2. Las clases de formaciones que atravieza el pozo.
3. Las profundidades y espesores de las capas que contienen agua.
4. La proximidad de focos de contaminación actuales o probables.

El diseño y la construcción del pozo deben adaptarse a las condiciones geológicas y a las del agua subterránea que prevalezcan en el sitio del pozo, a fin de aprovechar plenamente toda protección sanitaria natural que ofrezca el lugar. La instalación se debe hacer de modo que facilite toda construcción complementaria que se requiera con el objeto de lograr un abastecimiento de agua pura y de conservar los recursos de agua subterránea.

Es de utilidad pensar que la estructura del pozo consiste de dos elementos principales: uno, la parte del pozo que sirve de enclave para la bomba y de conducto por donde el agua fluye a la superficie desde la capa acuífera hasta el punto donde se instala la bomba. Esta es comúnmente la parte del pozo con revestimiento, aunque parte de esta sección puede no tener revestimiento si el pozo se perfora en formaciones de roca maciza.

El otro elemento principal es la sección de toma del pozo, y como ésta es la parte por donde el agua de la capa acuífera penetra al pozo, su diseño requiere estudio cuidadoso de los factores hidráulicos que ejercen influencia en el funcionamiento del pozo, lo cual se aplica particularmente a pozos que toman el agua de una capa acuífera situada en arena suelta. En estos casos, se instala generalmente una criba en la parte de toma del pozo.

La criba del pozo permite que el agua penetre libremente a velocidad baja, impide la entrada de arena con el agua y sirve de apoyo en el caso de formaciones de material suelto.

Si se trata de una capa acuífera en roca maciza, la parte de toma del pozo es generalmente una perforación abierta en la roca, a debida profundidad. El rendimiento de estos pozos varía según el número y la dimensión de las aberturas en la roca que se encuentran al hacer la perforación del pozo.

La selección del debido diámetro del pozo es de importancia porque afecta considerablemente el costo de construcción. El pozo puede o no tener igual diámetro desde su parte superior hasta la inferior. Después de iniciada la construcción con un tubo de diámetro determinado, las condiciones de la perforación a veces hacen necesaria la reducción del diámetro a cierta profundidad para terminar la parte interior del pozo en un diámetro menor.

El diámetro del pozo se debe seleccionar a fin de satisfacer dos condiciones:

1. El revestimiento del pozo debe ser lo suficientemente amplio como para instalar la bomba con el debido espacio para su funcionamiento eficaz.

2. El diámetro de la sección de toma del pozo debe ser suficiente para asegurar su debida eficacia hidráulica.

Para seleccionar el diámetro del pozo el factor principal es generalmente el tamaño de la bomba que se considera necesaria en relación con el rendimiento probable del pozo. Por lo común, el diámetro del pozo no es un factor primordial para determinar o limitar el rendimiento del pozo. Por ejemplo, el aumento teórico del rendimiento que resulta de un diámetro de la parte de toma del pozo que se amplía al doble de su tamaño, es de 11% aproximadamente. El diámetro de la parte de toma puede ser menor que el de la parte superior del pozo sin que esto afecte notablemente su buen funcionamiento.

El diámetro del tubo que se ha de usar para revestir el pozo debe ser dos tamaños nominales mayores que el tamaño nominal de la bomba que se empleará. Por lo tanto, para escoger el tamaño de diámetro del revestimiento, es necesario en primer término calcular el tamaño nominal de una bomba de turbinas vertical de capacidad que corresponda al rendimiento calculado del pozo. El diámetro máximo del pozo se indica entonces en dos tamaños nominales mayores de tubos que el que se había calculado para la bomba.

Por ejemplo, si se calcula que una bomba de turbina de 203 mm se requiere para un rendimiento posible de 2.000 litros por minuto, el tamaño óptimo del revestimiento del pozo debe ser 305 mm.

En ciertos casos los factores de costo pueden exigir un tamaño menor que el tamaño máximo que se ha indicado. En estos casos el revestimiento debe ser por lo menos de un tamaño una vez mayor que el tamaño nominal de la bomba. Por ejemplo, un tubo de 254 mm es el diámetro menor que puede acomodar una bomba de turbina de 203 mm con espacio libre adecuado.

En el Apéndice se presentan los tamaños de las bombas de turbina más eficaces para las diversas proporciones de bombeo y los tamaños de tubos para revestimiento que se recomiendan y que corresponden a cada diámetro de bomba. Un pozo de tamaño suficiente para la instalación de la bomba, es generalmente de tamaño suficiente para lograr su eficiencia hidráulica.

Si se desea, se puede reducir el diámetro, por razones de costo, más abajo de la profundidad máxima calculada para instalar la bomba, lo cual se hace a menudo en la construcción de pozos situados en capas artesianas profundas, donde el nivel estático del agua y el nivel de bombeo no exigen generalmente la instalación de la bomba a gran profundidad.

La profundidad del pozo se determina generalmente de las observaciones registra-

das en una perforación de prueba, o de los registros de otros pozos que atraviesan formaciones geológicas similares en las cercanías del mismo lugar. En general, el pozo se perfora hasta el fondo de la capa acuífera, lo que, por lo común, proporciona la mejor eficiencia en términos de capacidad específica, dado que el pozo atraviesa todo el espesor de la capa acuífera. Además de esta ventaja, la capacidad de descenso del nivel del agua es mayor si el pozo se lleva a la profundidad máxima. La capacidad de descenso del nivel es la diferencia entre el nivel estático del agua y el nivel más bajo posible de bombeo.

En ciertos casos, se encuentra agua de mala calidad en la parte inferior de la capa acuífera y, de ser así, es necesario terminar el pozo a cierta altura por sobre el fondo de la capa acuífera a fin de evitar el bombeo de agua que no sea satisfactoria. Estas condiciones se encuentran frecuentemente en capas acuíferas costaneras donde la infiltración del agua salada constituye un problema si el pozo no se construye debidamente. En estos casos, la eficiencia máxima del pozo es de menos importancia que la protección del agua fresca contra la contaminación en la capa acuífera.

Para lograr el mejor rendimiento del pozo, la longitud de la criba se debe calcular en relación con el espesor de la formación acuífera. La longitud de la criba instalada en la parte de toma del pozo determina, en gran parte, el flujo del agua en la capa acuífera cercana al pozo. Si el flujo convergente hacia el pozo se cambia apreciablemente de una forma estrictamente radial, se crean en la capa acuífera otras pérdidas de carga, así como en la zona donde el agua entra al pozo. Esto aumenta el descenso del nivel y disminuye la capacidad específica, la que es particularmente sensible al cambio del flujo en las cercanías del pozo. En tal virtud, la criba de un largo debido y de diseño apropiado reduce estas distorsiones.

En una capa acuífera artesiana homo-

génea, la criba debe ser entre el 70 y el 80 % del espesor de la capa, a fin de lograr la capacidad máxima práctica y específica del pozo. El diseño de acuerdo con la capacidad máxima específica no siempre es posible cuando la capa acuífera es extraordinariamente ancha, de 30 metros o más, en cuyo caso el largo de la criba de alrededor del 50 % del espesor de la capa acuífera puede ser suficiente.

En una capa acuífera artesiana estratificada la diferencia relativa de la permeabilidad de los diversos estratos se tiene que considerar para decidir la longitud de la criba. La permeabilidad relativa se puede calcular ya sea en pruebas de permeabilidad hechas en el laboratorio o del estudio de la curva del tamaño del grano de las muestras de los estratos correspondientes. La criba del pozo debe tener una longitud igual al 90 ó 100 % del espesor de los estratos más permeables que forman toda la capa acuífera.

La selección de una criba para una capa acuífera requiere más cuidado por parte del ingeniero que cuando se trata de una capa artesiana. El bombeo del agua de la capa acuífera siempre produce cambios de flujo alrededor del pozo, lo que es inevitable puesto que el funcionamiento del pozo necesariamente extrae parte del agua de la capa acuífera que está en el cono de depresión que rodea al pozo. El espesor saturado de la formación que se encuentra dentro del radio de influencia del pozo se hace entonces menor que el espesor normal de la capa acuífera.

Teóricamente, se obtiene máximo rendimiento de una capa acuífera cuando la longitud de la criba del pozo iguala a la tercera parte del espesor de la capa acuífera y el pozo se bombea con un descenso de nivel de $\frac{2}{3}$ de ese espesor. En la práctica, no obstante, puede ser inconveniente mantener el nivel de bombeo tan bajo como lo indica esta teoría y, en la mayoría de los casos, la longitud de la criba de un tercio a la mitad

del espesor de la capa acuífera resulta muy práctica.

La estratificación de una capa acuífera ejerce también influencia en la selección de la longitud de la criba debido a la diferencia de permeabilidad de los estratos que forman la capa acuífera. En muchos casos, la parte inferior de la capa acuífera es la más permeable, y si esta parte más permeable constituye aproximadamente una tercera parte del espesor de la capa acuífera, la longitud de la criba equivalente al espesor del estrato más permeable proporcionará mejores resultados y será más económica.

La selección del tamaño de las aberturas de la criba se hace de un estudio de las curvas del análisis del tamaño de los granos. Si el pozo se ha de explotar en forma natural, las aberturas de un tamaño suficiente para retener de 40 a 50 % por peso del material de la formación son las más acertadas en la mayoría de los casos. Al completarse el pozo, la parte más fina de la formación, que consiste de partículas más pequeñas que las aberturas de la criba, se introducen en el pozo durante su desarrollo. Este material fino se saca del pozo y se considera como parte del trabajo requerido para terminarlo. El desarrollo del pozo prosigue hasta que ninguna o muy poca arena fina pase por la criba y hasta que la formación se estabilice alrededor de la criba del pozo lo suficientemente para asegurar su operación libre de arena.

En las formaciones no consolidadas la terminación del pozo en forma natural es el método preferido, aunque en ciertos casos se practica la colocación artificial de una capa de grava alrededor de la criba del pozo. Al efecto, se introduce grava fina seleccionada o arena de filtro en un espacio anular alrededor de la criba en lugar de desarrollar un filtro natural de grava por remoción de las partículas finas de la formación acuífera. La debida selección de la capa de grava artificial se determina escogiendo un tamaño que no deje pasar la arena fina de la formación

acuífera e impida el movimiento de arena en el revestimiento de grava. El primer paso en la construcción de un pozo con empaque de grava es preparar las curvas de análisis del tamaño de los granos de las muestras del material de la formación. Una grava que sea relativamente uniforme y de grano de tamaño de 4 a 5 veces mayor que el de la arena de la formación acuífera, con toda probabilidad asegurará un pozo libre de arena. Para impedir el paso del revestimiento artificial de grava, el tamaño de las aberturas de la criba debe ser tal que retenga 90 % o más, por peso, de la grava. Las normas para determinar la longitud de la criba para un pozo con revestimiento artificial de grava son las mismas que las que se emplean para los pozos de construcción natural.

Una vez que se satisfacen las condiciones indicadas para la selección de la criba, se debe verificar la velocidad de entrada del agua por las aberturas de la criba. Esta velocidad se calcula dividiendo el volumen de bombeo entre el conjunto del área de las aberturas de la criba. Tanto las investigaciones como la experiencia han demostrado que la velocidad de entrada del agua por las aberturas de la criba no debe exceder de 30 mm por segundo. A esta velocidad puede asegurarse un flujo laminar en el material que rodea inmediatamente a la criba del pozo y en las aberturas de la criba. Esto es importante para reducir la pérdida de carga o pérdida por fricción a medida que el agua fluye de la capa acuífera al interior del pozo, así como para reducir la posibilidad de precipitación de minerales disueltos que puedan existir en el agua subterránea en forma natural. La alta velocidad y la gran pérdida de carga tienden a acentuar más la tendencia de los materiales disueltos a precipitarse y obstruir así la criba del pozo y los poros de la formación acuífera que rodea al pozo.

Si la criba seleccionada inicialmente no provee un área abierta suficiente para mantener la velocidad de entrada del agua a 3

cm por segundo, será necesario ajustar el tamaño de la criba para lograr esta velocidad. En general, esto significa aumentar el diámetro o el largo de la criba ya que el tamaño de sus aberturas está en relación con el tamaño del grano de la formación acuífera. Distintas clases de cribas proporcionan distintas áreas de toma por metro cuadrado de superficie de criba para un tamaño dado de sus aberturas. La criba de ranura continua es la que proporciona un área abierta mayor para un tamaño dado de abertura, mientras que al mismo tiempo es

lo suficientemente sólida para resistir las tensiones necesarias durante su instalación y en el desarrollo y funcionamiento del pozo.

En el Apéndice se dan recomendaciones específicas de prácticas que se deben seguir en la construcción de pozos en distintas clases de formaciones geológicas. Lo que antecede se ha limitado principalmente a explicar ciertas normas de criterios de diseño. Los distintos métodos de construcción se presentan aparte en el Apéndice para mayor claridad.

APENDICE

En la mayoría de los lugares, el agua subterránea en su estado natural es de buena calidad sanitaria y apta para beber. Esto es especialmente cierto cuando el agua se encuentra en los acuíferos formados de arena y gravilla fina. El agua subterránea que se encuentra en esas formaciones ha tenido la ventaja de la filtración natural que se logra al pasar a través de materiales porosos no consolidados.

Buenas prácticas de construcción y buenos reglamentos protegen la salud de los usuarios de agua, mediante la aplicación de medidas razonables para impedir la contaminación de la fuente.

Las medidas de protección que se requieren varían según el lugar y las formaciones geológicas penetradas por el pozo. Las prácticas que se recomiendan sirven de guía para establecer buenos procedimientos de construcción bajo las condiciones descritas. Estas condiciones son típicas de la mayoría de los casos donde se pueden utilizar pozos para obtener agua tanto para usos particulares como para abastecimientos públicos. Se pueden introducir modificaciones para hacerle frente a condiciones extraordinarias en un lugar determinado, siempre que se tomen las medidas fundamentales para proteger la calidad sanitaria del agua.

Ubicación

El pozo debe ser ubicado en el terreno más alto posible y siempre a una elevación superior a cualquier fuente de contaminación que se encuentre cerca. La superficie del terreno alrededor del pozo se debe elevar, cuando sea necesario, para que el agua de la superficie pueda deslizarse alejándose del pozo en todas direcciones. El pozo se debe situar de modo que quede accesible para pruebas, inspección, reparación de bombas y, si es necesario, para el tratamiento químico. Cuando el pozo se encuentra al lado de un

CUADRO No. 1.—Diámetros recomendados para pozos.

Capacidad anticipada de bomba (litros/segundo)	Diámetro nominal de bomba (mm)	Diámetro óptimo de tubería de revestimiento (mm)*	Diámetro mínimo de tubería de revestimiento (mm)*
Menos de 7	100	153	125
5-12	125	203	153
10-20	153	254	203
16-35	204	305	254
33-55	254	356 (DE)	305
50-80	305	406 (DE)	356 (DE)
75-110	330	508 (DE)	406 (DE)
100-180	380	610 (DE)	508 (DE)

* Hasta el diámetro de 305 mm inclusive, los tubos de acero se denominan por su diámetro interior; los tubos mayores se denominan por su diámetro exterior.

edificio, debe quedar por lo menos a 2 metros de distancia de toda proyección o alero del edificio.

La distancia mínima de un pozo a un posible foco de contaminación debe ser lo suficiente para asegurar que el flujo subterráneo del agua contaminada no llegue hasta el pozo. No pueden establecerse distancias mínimas arbitrarias, ya que las distancias mínimas y seguras varían mucho según las características de las formaciones subterráneas.

Las siguientes distancias pueden utilizarse como guía cuando los materiales subterráneos reúnen las características de filtración natural de la arena:

Fuente de contaminación	Distancia de aislamiento (en metros)
Cámara séptica.....	20
Cloaca de barro.....	20
Pozo negro.....	30
Pozo absorbente o campo de drenaje.....	20
Corral de granja con buen drenaje.....	30
Cloaca de hierro fundido con juntas bien cerradas.....	5
Corriente de agua abierta.....	30

Cuando las formaciones cerca de la superficie son de grava gruesa, caliza o de roca desintegrada, las distancias indicadas no sirven de referencia, ya que se requieren distancias mayores. Se puede confiar en distancias sólo en medida limitada cuando materiales subterráneos de esta clase permiten una filtración rápida del agua con muy poca purificación natural.

La tubería hermética del pozo debe sobresalir por lo menos medio metro sobre la superficie, y el extremo superior del caño debe estar por lo menos un metro sobre el nivel máximo registrado de la marea.

Diámetro del pozo

Un pozo puede o no tener igual diámetro desde su parte superior hasta la inferior. Es posible que después de iniciada la construcción con un tubo de cierto diámetro,

algunas condiciones subterráneas hagan necesario la reducción del diámetro del pozo a cierta profundidad, para terminar después el pozo con un tubo de un diámetro más pequeño. El pozo debe ser lo suficientemente grande para acomodar la bomba con espacio libre adecuado. En la mayoría de los casos éste es el factor principal en la selección del diámetro de la parte superior del pozo. El cuadro 1 muestra los tamaños que se recomiendan para la cañería de acero para revestimiento, de acuerdo con la capacidad de distintas bombas.

Los tubos de revestimiento, inclusive las juntas entre tramos, deben ser completamente herméticos. Otros requisitos serán estudiados más adelante en un párrafo sobre materiales y accesorios para tubos de revestimiento.

Pozos construidos en formaciones no consolidadas

Un pozo perforado y construido en materiales no consolidados tales como formaciones glaciales o aluviales, debe tener un revestimiento permanente o una combinación de revestimiento y criba que llegue hasta la profundidad total del pozo. La profundidad mínima en la cual debe instalarse el revestimiento hermético depende del nivel de bombeo del pozo.

Las reglas generales a seguir varían según la existencia o la ausencia de capas estables de arcilla que pudieran tener poca tendencia a derrumbarse alrededor del revestimiento encima de la arena acuífera.

En los casos en que el pozo penetra en arena o en grava que tiende a derrumbarse por toda su profundidad, y donde el nivel de bombeo no es mayor de 6 metros, el revestimiento debe extenderse por lo menos 3 metros por debajo del nivel de bombeo. Para niveles de bombeo de 6 a 8 metros debajo de la superficie, el revestimiento debe extenderse hasta los 10 metros, y para niveles de bombeo más profundos que 8 metros, el revestimiento debe extenderse por lo menos 2 metros por debajo del nivel más bajo anticipado.

En lugares donde la arcilla, la tosca y otros materiales relativamente estables se encuentran encima de la arena o grava acuífera, la parte superior del tubo de revestimiento debe ser sellada en la perforación a través de la formación de estos materiales, por medio de inyecciones cementicias u otro método similar. La parte superior del hoyo de perforación debe tener un diámetro mayor que el tubo de revestimiento para poder llevar a cabo esta cementación alrededor del revestimiento.

Si la sobrecapa encima del acuífero contiene capas de arena o grava a una profundidad menor de 6 metros, es conveniente extender la perforación mayor para la cementación por lo menos un metro hacia adentro de la arcilla que se encuentre debajo de estas capas sueltas que están a menos de 6 metros de profundidad. El espacio anular debe llenarse con cemento o con otros materiales de esa naturaleza. El revestimiento permanente debe extenderse por lo menos 2 metros debajo del nivel de bombeo anticipado.

Cuando el material superyacente es solamente arcilla o algo similar hasta una profundidad de 8 metros o más, el hoyo superior de perforación debe tener una profundidad de 6 metros por lo menos. El revestimiento permanente debe extenderse hasta 2 metros debajo del nivel de bombeo. Durante la instalación del revestimiento permanente, el hoyo superior debe mantenerse parcialmente lleno con una mezcla de arcilla líquida. Después de instalarse la criba en la arena acuífera, el espacio anular debe llenarse completamente con una mezcla espesa de arcilla o con cemento. Todo esto supone que el pozo ha sido construido por el método de percusión y que se ha instalado la criba

enchufándola por dentro del tubo de revestimiento, retirando este último después para así descubrir la criba en la arena acuífera.

Cuando se perfora por el método rotativo corriente, se requiere un procedimiento distinto para asegurar un sello hermético alrededor del revestimiento en el hoyo superior. El lodo de perforación puede servir de sello en el espacio anular siempre que el perforador no remueva el lodo de la parte superior del hoyo cuando se instala la criba, ni cuando se desarrolla el pozo. Si durante estas operaciones este lodo se deslava, será necesario llenar la parte superior del hoyo con inyecciones cementicias o una mezcla espesa de arcilla líquida como una de las últimas medidas para completar el pozo, usando un método similar al que se utiliza para un pozo perforado a percusión.

El método de enchufamiento para instalar la criba ofrece ventajas precisas para la construcción de pozos sanitarios. Permite que el revestimiento se coloque inicialmente en su posición permanente con cemento, o que no se le mueva durante un tiempo suficiente para que el lodo de perforación en el espacio anular alcance su máxima capacidad hermética y su mayor resistencia. Una vez que el revestimiento esté correctamente sellado a través de los materiales de sobrecapa, se puede perforar más abajo en la formación acuífera para permitir la instalación de la criba enchufándola por dentro del revestimiento.

Cuando se desea perforar hasta la profundidad máxima del pozo para obtener muestras de la formación acuífera antes de decidir sobre la profundidad donde se instalaría el revestimiento, puede primero hacerse la perforación y la toma de muestras y después rellenar la parte inferior del pozo con arena. Luego se puede instalar el revestimiento a la profundidad requerida, y sellar con cemento la perforación en la forma antes descrita.

Después se puede deslavar la arena utilizando lodo de perforación con preferencia al agua, para así permitir la instalación de la criba sin estorbar al sello alrededor del revestimiento.

También pueden emplearse otros sistemas para obtener los resultados que se deseen. El principio fundamental es proceder de tal modo que el revestimiento quede herméticamente sellado en la formación, con atención especial a los 5 metros superiores del revestimiento. El método de enchufe para instalar la criba facilita este procedimiento. También permite retirar la criba y volver a instalarla si fuese necesario, sin estorbar el sello hermético del revestimiento ni el de sus alrededores.

Para obtener la capacidad máxima del pozo después de instalar la criba correctamente, es necesario "desarrollar" la formación en una zona lo más extensa posible alrededor de la criba. El tamaño de la abertura de la ranura de la criba se selecciona generalmente para retener de un 40 a un 50% de la arena, a fin de que los granos más finos de la formación puedan pasar por las aberturas durante el proceso de desarrollo. La extracción de los granos más finos deja una envoltura de materiales gruesos alrededor de la criba. Si las aberturas de la ranura son demasiado pequeñas, el desarrollo no será eficaz y se reducirá el rendimiento del pozo. Si las aberturas son demasiado grandes, durante el desarrollo será extraído demasiado material, lo que causará una sedimentación del material subyacente. Además, quizás sea imposible obtener un pozo libre del paso de arena.

El proceso de desarrollo consiste en agitar el agua a través de las aberturas de la criba, hacia afuera y hacia adentro, de modo que los granos penetren en ella. A medida que se acumulan materiales dentro de la criba, se extraen periódicamente por bombeo o por achique. Este ciclo de agitación y de limpieza se continúa hasta que se estabiliza la formación para que así el pozo ofrezca agua libre de arena.

Los métodos de agitación incluyen el manejo de un émbolo macizo para equipo de

percusión, el uso de aire comprimido, o usando alternativamente el enjuague y el bombeo, incluyendo también la técnica de inyección horizontal del agua a presión. El empleo de estos métodos varía según las formaciones acuíferas y el equipo disponible. Sin embargo, el objetivo de cada sistema es aumentar la permeabilidad de la formación alrededor de la criba y asegurar que se bombeará agua libre de arena del pozo terminado.

En vez de recurrir al desarrollo natural para crear una zona de gran permeabilidad alrededor de la criba, esta zona puede consistir también de una envoltura de gravilla fina seleccionada especialmente, colocada artificialmente alrededor de la criba. Primero se coloca la criba bien centrada en una perforación de un diámetro de 140 a 400 mm mayor que la criba. El espacio anular de 70 a 200 mm de espesor se llena entonces con material graduado uniformemente con granos 4 a 5 veces más grandes que la arena de la formación acuífera. La gravilla debe consistir de partículas redondeadas de preferencia al material triturado. La gravilla debe introducirse por medio de un tubotrompa de 50 mm de diámetro, aproximadamente, para asegurar su colocación sin segregación de tamaños.

Después de colocar la envoltura de gravilla artificial, debe efectuarse una agitación fuerte del agua en el pozo. Siempre ocurre que una capa impermeable de arcilla y de sedimento queda atrapada entre la envoltura de gravilla artificial y la formación natural. Este material fino debe ser extraído a través de las porosidades de la gravilla para que el pozo rinda su máxima capacidad. Además, parte del material más fino del acuífero mismo debe ser extraído a través de la envoltura de gravilla para terminar el pozo libre de arena.

Pozos construidos en formaciones consolidadas

Dos tipos de rocas acuíferas deben tenerse en cuenta cuando se están trazando los detalles de construcción de pozos sanitarios perforados en formaciones consolidadas. La piedra arenisca es un tipo de roca donde se encuentra agua, la que circula a través de pequeñas porosidades similares a las que se encuentran en una formación de arena no consolidada. El tamaño de las aberturas generalmente es lo suficientemente pequeño para filtrar el agua de manera eficaz a medida que pasa a través del acuífero.

Por otro lado, los acuíferos de basalto y de caliza son rocas en las cuales se encuentra el agua en hendiduras, fracturas y canales. En muchos casos estas aberturas son de un tamaño tan grande que no se produce ningún efecto de filtración cuando el agua corre a través de ellas. En general, debe emplearse caliza y otras formaciones fracturadas o con hendiduras como fuente de agua subterránea sólo cuando se encuentran por lo menos 10 metros por debajo de una sobrecapa de materiales no consolidados, y donde esta sobrecapa se extiende por lo menos hasta 1.000 metros en todas direcciones desde el lugar donde está el pozo.

Estas condiciones no pueden reunirse en algunos sitios, y posiblemente no haya otra fuente disponible. En tales situaciones el único procedimiento seguro es emplear una cloración continua para desinfectar el agua.

Cualquiera que sea el espesor de la sobrecapa, el tubo de revestimiento debe atravesar completamente los materiales no consolidados y asentarse firmemente en la formación de roca. Cuando el espesor de la sobrecapa es de 10 metros o más, deben cementarse los 5 metros superiores del revestimiento a través de todo el espesor de material no consolidado. Se permite una excepción cuando los materiales de la sobrecapa consisten íntegramente de arenas flojas que pueden derrumbarse alrededor del revestimiento y así impedir la filtración directa de agua por los canales afuera del revestimiento.

Los pozos construidos en formaciones de piedra arenisca deben tener el revestimiento cementado a una profundidad mínima de 10 metros cuando los materiales no consolidados tienen un espesor de 8 metros o menos. Si se encuentran más de 8 metros de arena floja encima de la piedra arenisca, debe asentarse el tubo de revestimiento en roca firme, pero la cementación no es imprescindible, aunque sí preferida. Sin embargo, si la sobrecapa es arcilla, es necesario que los 5 metros superiores del revestimiento sean sellados con cemento en una perforación de sobretamaño.

A veces la piedra arenisca está cubierta por roca hendida. En tales circunstancias, el agua superficial contaminada puede correr fácilmente a través de la roca hendida hasta la parte superior de la formación de piedra arenisca sin filtración natural adecuada. Para construir correctamente un pozo bajo estas condiciones, debe revestirse la formación hendida hasta 5 metros hacia adentro de la formación de piedra arenisca, y debe ser sellada a todo lo largo.

Inyecciones cementicias para sellar el revestimiento

Se practica la cementación del revestimiento para evitar la filtración vertical del agua por su parte exterior. También dura más al protegerlo contra la corrosión exterior. Cualquier espacio anular que se produjera alrededor del revestimiento, ya sea accidentalmente o a propósito, proporcionará un canal para filtración del agua hacia abajo, a no ser que se haga algo para sellar este espacio.

En formaciones móviles como la arena, el espacio alrededor del revestimiento se sellaría por sí solo en el momento que la arena lo encierra herméticamente alrededor del tubo. En muchos casos, también se comprimiría alrededor del tubo arcilla blanda y saturada. En las formaciones más estables como la arcilla dura o roca, debe emplearse algún método artificial para sellar el espacio alrededor del revestimiento, con el fin de proveer protección sanitaria.

El mejor material para rellenar y sellar el espacio anular alrededor del revestimiento es el cemento. En algunos casos, una mezcla de arcilla servirá para sellarlo adecuadamente, pero hay que asegurarse que ésta no se seque al grado que cause rajaduras a cualquier profundidad donde se requiera el sellado.

El cemento debe ser pórtland u otro de endurecimiento rápido, mezclado con no más de 22 litros de agua por bolsa de cemento. Se puede agregar de 3 a 5% de bentonita para mejorar sus propiedades de flujo y para reducir la contracción a medida que se endurece el cemento. Cuando se requiere un endurecimiento más rápido debido a temperaturas bajas, se puede agregar hasta 1,5% de cloruro de calcio por peso, en proporción al cemento.

Para este tipo de construcción de pozo, el hoyo superior de perforación debe tener un diámetro de 50 a 100 mm mayor que el diámetro nominal del tubo de revestimiento. El ensanche de 100 mm es necesario cuando se coloca el cemento en el espacio anular por medio de una cañería. Si se coloca el cemento por dentro del revestimiento, el ensanche puede disminuirse hasta 50 mm.

Terminación superior del pozo

En cualquier pozo, el tubo de revestimiento debe sobresalir por lo menos 200 mm por encima del piso de la casa de bombas, la cual debe haber sido instalada encima de la superficie establecida de acuerdo con lo recomendado en la parte de este trabajo intitulada "Ubicación".* Cualquier respiradero o salida para mangueras de equipo de

* Véase pág. 130.

aire debe prolongarse desde la terminación superior del pozo en forma de cañería hermética, hasta 30 cm por lo menos encima del piso de la casa de bombas. El extremo abierto de esta cañería debe estar protegido para evitar la entrada de cuerpos extraños o de sabandijas.

Cuando se instala la base de la bomba directamente sobre el revestimiento, debe asegurarse que éste encaje en un receso adecuado de la bomba. En tales casos, la base de la bomba debe cerrar la parte superior del pozo herméticamente. Cuando la bomba no se instala directamente sobre el pozo, el tubo de admisión de agua desde el pozo hasta la bomba debe conectarse al tubo de revestimiento con un cierre hermético de expansión.

Materiales de construcción—Caños para revestimiento

La cañería utilizada para revestimiento sirve de retención estructural a la pared de un pozo de agua, para excluir al agua indeseable que se encuentra en algunas formaciones acuíferas, y para conducir el agua verticalmente desde la sección de toma hasta la bomba. El espesor y resistencia de la cañería deben ser suficientes para resistir las cargas impuestas durante y después de su instalación, sin peligro de que fracase la construcción.

La cañería de acero, con los espesores y el peso que se señalan en el cuadro 2, debe considerarse como norma mínima de calidad para ser usada en revestimientos de pozos de agua. La experiencia ha demostrado que la cañería de acero que reúna estas especificaciones es adecuada para satisfacer los requisitos de resistencia y para lograr una duración económica satisfactoria para el pozo en casi todas las condiciones.

CUADRO NO. 2.—Cañería de acero estándar, negra o galvanizada.

Tamaño nominal (mm)	Diámetros			Peso por metro	
	Interior (mm)	Exterior (mm)	Espesor de la pared (mm)	Extremos lisos (Kgs)	Extremos enroscados, con cuplas (Kgs)
153	154	168	7,1	8,60	8,70
203	205	219	7,0	11,20	11,58
254	259	273	7,8	15,52	16,20
305	307	324	8,4	19,85	20,61
356 (DE)	337	356	9,5	24,75	25,85
406 (DE)	387	406	9,5	28,38	—
508 (DE)	489	508	9,5	35,63	—
610 (DE)	591	610	9,5	42,79	—

Cuando se necesita protección adicional contra agua o terreno corrosivo, se pueden utilizar cañerías de acero más gruesas. Como medida alternativa, se puede emplear cañería de metal anticorrosivo tal como bronce o acero inoxidable. El espesor de la pared de estos últimos tipos de cañería puede ser considerablemente menor de lo detallado en el cuadro 2 siempre y cuando la cañería reúna las condiciones estructurales necesarias para el método a emplearse en la instalación del revestimiento.

Los tramos de cañería para revestimiento pueden ser unidos por soldadura o por cuplas enroscadas. Cuando son hincados, el extremo inferior debe proveerse con una zapata.

Cuando se utiliza cañería de maniobra para facilitar las operaciones de perforación bajo ciertas condiciones, ésta puede tener un espesor menor de lo detallado en el cuadro 2 siempre y cuando reúna las condiciones necesarias para el método a emplearse en la instalación. Si se deja colocada la cañería de maniobra, el espacio anular entre ésta y el revestimiento debe llenarse con cemento. Si se retira la cañería de maniobra, el espacio anular fuera del revestimiento permanente debe ser rellenado con cemento.

En los casos donde se pueden emplear métodos especiales para instalar la cañería sin que sufra daños estructurales, puede ser utilizado el revestimiento de cañería plástica y de cañería de cemento y amianto mezclado. Los métodos disponibles actualmente para unir los tramos de estos tipos de cañería dificultan su uso como revestimiento y causan mucha pérdida de tiempo. En los casos en que se encuentre agua excesivamente corrosiva, se puede emplear cañería plástica como forro dentro de las cañerías de acero. En este caso la tubería de acero puede tener menos espesor que lo especificado en el cuadro 2.

En pozos de poca profundidad perforados por el método rotatorio, se puede emplear cañería de cemento armado. Esta solamente se encuentra disponible en tramos cortos que no puedan conectarse herméticamente. Para tener una instalación sanitaria, la cañería debe revestirse entonces con hormigón introducido en un espacio anular de 100 a 150 mm a su alrededor. Este revestimiento debe llegar a una profundidad de 10 metros si es posible.

Materiales de construcción—Cribas para pozos

Los pozos que suministran agua desde formaciones no consolidadas generalmente están provistos de cribas. La criba es la sección de toma de agua de la instalación que permite la entrada libre de agua desde el acuífero, evita que entre arena con el agua y sirve de soporte estructural del material suelto de la formación.

El diámetro exacto de la criba para un pozo determinado dependerá del método de instalación. El largo útil de la criba debe ser calculado tomando en cuenta el espesor de la formación acuífera, el tipo de criba, el tamaño y espaciamiento de las aberturas, el caudal requerido y otros factores relacionados. La criba debe ser diseñada para producir una depresión mínima entre la capa acuífera y el pozo.

La forma de las aberturas o ranuras de la criba debe ser tal que no permita que se obstruyan. Las aberturas deben estar libres de bordes desiguales y de otras irregularidades que puedan acelerar su obstrucción o corrosión.

El diseño de la criba debe ser tal que provea un área descubierta máxima de acuerdo con el tamaño de las aberturas necesarias para controlar la arena del acuífero, y suficientemente fuerte como para soportar la formación. La criba debe construirse de material que no sea susceptible al efecto de la acción química del agua subterránea, ni de soluciones químicas que pudieran utilizarse para disolver cualquier incrustación mineral que pudiera aparecer después de varios años de usar el pozo. La longitud de la criba y su ubicación en el pozo deben ser tales como para evitar que las aberturas de la criba queden sobre el nivel de bombeo.

Los materiales que se utilizan con más frecuencia para cribas son bronce silíceo, acero inoxidable tipo 304 y latón rojo que contenga menos del 20 % de zinc. La correcta selección del material para la criba es un asunto de economía en el cual el carácter

químico del agua juega un papel importante. Cuando no existen datos para determinar con exactitud el material adecuado, la selección debe basarse en la experiencia que se tenga en la zona o en las recomendaciones de un fabricante de cribas digno de confianza. Si se anticipa que en el futuro será necesario un tratamiento de ácido para disolver las incrustaciones de depósitos minerales sobre la criba, el material elegido debe ser capaz de resistir la acción corrosiva del tratamiento.

La criba debe estar provista de accesorios en los extremos para sellar la parte superior del revestimiento y así evitar la entrada de arena, y también para cerrar el extremo inferior. Generalmente se emplea un obturador de plomo en el extremo superior si se instala la criba enchufándolo por dentro del revestimiento. Este obturador debe colocarse de modo que quede un traslape de 250 mm entre la criba y el revestimiento. Todos los accesorios, salvo el obturador de plomo y otros accesorios que a veces se emplean deben ser del mismo metal que la criba. Para evitar la corrosión galvánica, la criba debe ser toda de un solo metal, con excepción de los accesorios mencionados anteriormente.

Verticalidad y alineamiento de un pozo

La verticalidad y el alineamiento de todo pozo deben ser comprobados. El pozo no debe salirse de la vertical y la variación del alineamiento no debe afectar la instalación ni la operación del equipo de bombeo.

Desinfección

Todo pozo nuevo, modificado o reacondicionado, debe ser desinfectado, incluyendo el equipo de bombeo, antes de ser puesto en servicio para uso general. El interior del tubo de revestimiento debe estar bien lavado para remover el aceite, la grasa y el preservativo de juntas. Después de completar la construcción del pozo y de instalar el equipo de bombeo, debe limpiarse el pozo y todo su equipo para remover cuerpos extraños. La desinfección debe hacerse con una solución de 100 ppm de cloro por lo menos. El volumen de la solución de cloro debe igualar el volumen total del agua en el pozo.

El abandono de pozos

Cuando se retira un pozo temporalmente del servicio o se le mantiene como pozo de observación, debe ser cerrada su parte superior con un tapón hermético enroscado o soldado.

Cuando un pozo de agua se abandona permanentemente, debe notificarse al departamento gubernamental pertinente. Si no se mantiene el pozo para observación o para otros fines, debe rellenarse completamente con hormigón, cemento u otro material impermeable, para evitar la filtración de agua de la superficie hacia el interior del pozo o por el exterior del tubo de revestimiento hasta el acuífero.

El propósito fundamental del sellado de pozos abandonados es restaurar, en lo posible, las condiciones geológicas que existían antes de construir el pozo. Si se cumple esta restauración, el objetivo de pozos para eliminar los riesgos físicos y evitar la contaminación del agua subterránea se habrá realizado adecuadamente.

Registros de pozos

Debe elevarse a las autoridades gubernamentales pertinentes un informe de los resultados de toda perforación y de toda construcción de pozos. El informe debe incluir también datos sobre fracasos habidos en perforaciones exploratorias y sobre pozos abandonados. El registro debe detallar con exactitud las ubicaciones de pozos, las elevaciones de la superficie, diámetros de los hoyos de perforación, orden correlativo de cada tamaño y longitud de los tramos del revestimiento, descripción completa de la criba, profundidad de sellos de cemento, niveles de agua, profundidades en las cuales se ha utilizado dinamita, perfil geológico de las formaciones penetradas, y los análisis de muestras de cada formación acuífera tomadas a intervalos de no menos de 2 metros y en cada cambio pronunciado de la formación. También deben registrarse los análisis químicos y bacteriológicos de muestras de agua y todos los datos referentes a pruebas de bombeo. Cuando se efectúa el reacondicionamiento, reparación o profundización de un pozo, deben ser registrados los mismos datos que en el caso de una construcción nueva.

Tema IX

CONSIDERACIONES DE DISEÑO EN LA SEDIMENTACION Y FILTRACION DEL AGUA

KENNETH V. HILL

Socio, Greeley and Hansen, Consulting Engineers, Chicago, Illinois, E.U.A.

Introducción

Mucho hemos pensado en el tamaño de las instalaciones a las cuales se referirán estos comentarios, a fin de que sean los más apropiados para los problemas actuales de abastecimiento de agua de la América Latina.

El Anuario Demográfico de las Naciones Unidas correspondiente a 1960 enumera un total de 96 ciudades y áreas metropolitanas de Centro y Sur América que tienen poblaciones de más de 100.000 habitantes. La distribución de estas ciudades, por países, es la siguiente:

<i>América del Sur</i>	<i>América Central</i>
Argentina 20	Costa Rica 1
Bolivia 1	El Salvador 1
Brasil 20	Guatemala 1
Colombia 13	Honduras 1
Chile 4	México 19
Ecuador 2	Nicaragua 1
Paraguay 1	Panamá 1
Perú 3	República Dominicana 1
Uruguay 1	—
Venezuela 5	26
—	70

La población total de estas ciudades se calcula en 39.553.000 aproximadamente, o sea, alrededor del 26 % de la población total calculada de todos los países, que es de 150.500.000 habitantes aproximadamente.

De acuerdo con las estadísticas anteriores, los participantes en este Seminario deben de tener más interés en las plantas para ciudades pequeñas que para las ciudades grandes. Por lo general, el diseño de grandes plantas de tratamiento de agua presenta dificultades que requieren soluciones especiales que no tienen aplicabilidad general.

Por consiguiente, estos comentarios se referirán a las instalaciones medianas y pequeñas.

1. *Relación entre las características de las aguas crudas y el tratamiento necesario*

Existen cinco tipos de fuentes de abastecimiento de agua, que son las siguientes: ríos, embalses, lagos naturales y aguas subterráneas procedentes de pozos y de manantiales.

Las primeras tres fuentes de abastecimiento pueden tener características muy variables que son afectadas por las épocas de seca y de lluvia, por las inundaciones y por los períodos de sequía. En condiciones de mucha precipitación, la turbidez tiende a aumentar mientras que la alcalinidad y dureza disminuyen. En tales casos también el color puede aumentar. En condiciones de poca o ninguna precipitación, o en períodos de considerable sequía, la alcalinidad y la dureza tenderán a aumentar mientras que la turbidez y el color tienden a disminuir. Los olores y sabores producidos por organismos

microscópicos disminuirán durante la época de lluvias mientras que aumentarán en los períodos de sequía.

Por lo general, las aguas provenientes de fuentes superficiales requerirán en todo momento de sedimentación, filtración y desinfección, con el objeto de convertirlas en potables. Existen, sin embargo, embalses de cuencas colectoras estrictamente controladas que no necesitan más tratamiento que la desinfección y aereación en algunas ocasiones.

Las fuentes de abastecimiento provenientes de pozos instalados en depósitos glaciales o en roca, o de manantiales, serán menos variables en sus características. Algunas de estas aguas cumplirán los requisitos de potabilidad tal como emergen a la superficie de la tierra. Sin embargo, otras requerirán de procesos de ablandamiento o de remoción de hierro y manganeso con el objeto de convertirlas en aguas apropiadas para el consumo doméstico.

Con el objeto de que se adapten a las características variables de las aguas superficiales, las plantas de tratamiento de éstas deberán ser mucho más flexibles que aquéllas de abastecimientos de aguas subterráneas.

2. Relación entre la calidad deseada del agua tratada y el grado de tratamiento necesario

Esta relación es algo que depende mayormente del factor económico. Por lo general, puede obtenerse agua potable libre de turbidez, color, sabores y olores mediante procesos de sedimentación, filtración y desinfección. El costo de producir esa clase de agua es relativamente razonable y aceptado en centenares de casos. Sin embargo, en numerosos casos, después de años de experiencia, muchas comunidades no están satisfechas con la calidad del agua tratada debido a su dureza, y entonces se ha modificado el proceso de tratamiento a fin de incluir ablandamiento.

Así, una ciudad que se abastece del Lago Erie construyó una planta de tratamiento de agua que incluía sedimentación, filtración y desinfección, para tratar 80 millones de galones por día. La dureza del agua tratada era de 135-150 partes por millón, aproximadamente. Veinte años después se modificó esta planta de tratamiento para incluir ablandamiento a fin de reducir la dureza a 80-100 partes por millón.

Otra ciudad que tiene como fuente de abastecimiento el Río Misisipí, construyó una planta de tratamiento para coagulación, filtración y desinfección del agua. A los 16 años de construida esta planta fue también modificada para incluir ablandamiento.

En otro caso, el agua proveniente de pozos poco profundos en terrenos de formación glacial contenía cantidades objetables de hierro y manganeso así como dureza considerable. Se utilizaba aereación y superclorinación para eliminar el hierro y el manganeso. Después de operar por 17 años con ese procedimiento la ciudad procedió a construir una nueva planta de tratamiento químico para precipitar el hierro y el manganeso y reducir la dureza del agua.

En los Estados Unidos, el agua, en su estado natural, tiene características sumamente variables. Las aguas en los estados de la Nueva Inglaterra así como en algunos de los estados del noroeste del Pacífico y de la región del Lago Superior contienen cantidades muy bajas de sólidos disueltos. La población de estos estados está acostumbrada y satisfecha con estas aguas blandas. Sin embargo, la gente que vive en aquellos lugares del país en donde las aguas naturales son duras está también acostumbrada a ellas y prefiere su sabor al del agua blanda.

A pesar de lo anterior, actualmente existe la tendencia de aumentar el tratamiento de las aguas duras con el objeto de que sean más adecuadas para el consumo doméstico. Por tal razón, cuando se proyecten plantas de coagulación y filtración, es conveniente el

prever su conversión a plantas de ablandamiento en el futuro.

3. Información sobre las características de las aguas crudas para diseño

Este tema es tan amplio que resulta imposible desarrollarlo adecuadamente en este trabajo. Lo más que podemos hacer es señalar algunas de las medidas de seguridad que deben ser consideradas en el diseño de una planta de tratamiento con relación a una fuente particular de abastecimiento. En todos los casos asumiremos que no existe otra alternativa en lo que a la fuente se refiere.

En primer lugar, en el caso de un río, es esencial que se tenga el mayor conocimiento posible sobre la cuenca colectora y los usos que se da al río. Así, debemos preguntarnos:

- a) ¿Está la cuenca colectora densamente poblada?
- b) ¿Se tratan adecuadamente las aguas servidas del área en cuestión?
- c) ¿Utilizan las industrias locales el agua del río, y tratan las aguas de desecho antes de retornarlas al río?
- d) ¿Tiene el río un flujo o volumen altamente variable, y contiene grandes cantidades de sedimento y arenilla o cascajo?

Las respuestas a estas preguntas determinarán lo siguiente: la necesidad de proveer mecanismos de remoción de la arenilla a fin de proteger las bombas de carga baja; la utilización de precloración a fin de asegurar una desinfección adecuada; el uso de carbón activado y/o dióxido de cloro para controlar olores y sabores y, por último, la utilización del lavado superficial de filtros con el objeto de mantenerlos limpios.

En el caso de un embalse, la ubicación de la toma y su diseño son de gran importancia en la selección de un agua de la mejor calidad.

En el caso de fuentes de origen subte-

rráneo, debe efectuarse una investigación lo más detenidamente posible con el objeto de localizar agua de la mejor calidad en relación a su contenido de minerales y pureza bacteriológica. La amplitud de tal investigación dependerá, naturalmente, de los fondos disponibles.

4. Normas de diseño

La palabra "guías" para diseño parece ser más apropiada que la de "normas", ya que esta última da la sensación de inflexibilidad.

Se sugiere que ciertas prácticas o métodos de diseño podrán producir economías considerables sin afectar el rendimiento de las plantas, siempre que estas tengan una supervisión técnica competente. Tales prácticas incluyen lo siguiente:

- a) La aplicación de coagulantes químicos en la tubería de succión de las bombas de carga baja, o antes de un canalón de Parshall, o en una tubería antes de un medidor, con el objeto de asegurar la mezcla de las sustancias químicas con toda el agua cruda. Esta práctica elimina la utilización de un aparato mecánico de mezcla.
- b) En lugar de floculadores mecánicos utilizar deflectores o desviadores en el proceso de floculación.
- c) La utilización de antracita en los filtros, en lugar de arena, a fin de disminuir la frecuencia del lavado, resultando en el uso de bombas de lavado más pequeñas, menores orificios de salida del agua de lavado, y tubería, válvulas y conexiones de menores diámetros. Si se pudieran utilizar planchas de carborundo como material recolector del agua filtrada así como para servir de soporte a la antracita, podría pensarse en la eliminación de la grava o piedra y, por consiguiente, resultaría en el uso de tanques menos profundos.
- d) La aplicación de las sustancias químicas mediante tanques de solución y cajas de orificio de alimentación constante en reem-

plazo de alimentadores mecánicos-químicos gravimétricos.

e) La utilización de válvulas de control y compuertas operadas manualmente, en lugar de unidades operadas hidráulicamente o por aire comprimido.

f) El uso de una persiana de madera para encubrir y proteger los filtros y las galerías de operación, reemplazando las losas de concreto y las superestructuras de albañilería.

g) El uso de canales abiertos en la base de los filtros para eliminar el agua de lavado, en lugar de tuberías o conductos en una galería de tubos.

Todas las sugerencias anteriores, con excepción de a) y e), son más aplicables al diseño de plantas pequeñas que al de las grandes.

5. Eficiencia de las plantas de tratamiento

En 1929, el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos publicó un boletín titulado *Studies of the Efficiency of Water Purification Processes* ("Estudios de la Eficiencia de los Procesos de Purificación del Agua").* Este informe trataba sobre la operación de un grupo selecto de plantas municipales de purificación localizadas a lo largo de los Grandes Lagos, y siguió a un informe similar relacionado con la operación de plantas de purificación a lo largo del Río Ohío y de otros ríos.

El estudio del Río Ohío indicó: "que el tipo promedio de planta de filtración bien diseñada y operada, que trata agua del tipo de la del Río Ohío, debería ser capaz de producir un efluente final clorado de acuerdo a la norma revisada del Gobierno Federal sobre el contenido de *B. coli* partiendo de un agua cruda con un contenido de 5.000 *B. coli* por cada 100 cm³, aproximadamente. Excluyendo la cloración, el máximo fue mucho más bajo, de 60 a 100 por cada 100 cm³, aproximadamente.

* *Public Health Bulletin No. 193*, H. W. Streeter.

Una de las conclusiones del estudio realizado en la región de los Grandes Lagos fue: "que la planta tipo promedio del grupo estudiado, cuando contaba con postcloración de los filtros, era capaz de producir un efluente final que llenaba los requisitos primarios de las normas revisadas de contenido de *B. coli* provenientes de aguas crudas con un índice *B. coli* que no excedía de 3.300 por cada 100 cm³ . . . Que sin contar con cloración la planta promedio de la mayoría más representativa del grupo no era capaz de producir un efluente que cumpliera con las mismas normas partiendo de agua cruda con un índice *B. coli* que excedía una cantidad entre 5 y 10 por cada 100 cm³".

Los datos proporcionados por el informe indican las relaciones entre los promedios del número de bacterias descubierto diariamente en el agua cruda y los promedios del número correspondiente observado en los efluentes de varias de las etapas del tratamiento, en tres de las plantas estudiadas, según aparece a continuación:

Contenido bacteriano, en 24 horas, a 37° C.
Tipo de agua

Ciudad	Cruda	Sedimentada	Filtrada	Clorinada
1	6.850	1.500	278	0
2	2.880	1.500	200	32
3	2.290	896	243	12
4	1.920	254	82	11

Ninguna de las plantas investigadas en la región de los Grandes Lagos disponía de equipo de coagulación o mezcla por medios mecánicos. En todas las plantas la turbidez del agua por filtrar excedía de 5 partes por millón.

En general, puede decirse que las prácticas modernas de diseño y operación deben producir un agua tratada con una turbidez de cero y libre de bacterias capaces de producir gas.

Pedimos disculpas por la relativa antigüedad del ejemplo anterior, que se considera

como un estudio clásico en los anales del tratamiento de agua. Pocas plantas en los Estados Unidos efectúan análisis bacteriológicos rutinarios de la eficiencia lograda en la eliminación de bacterias en sus procesos de sedimentación y coagulación. Verdaderamente, la mayoría de las plantas pequeñas (aquellas que sirven a poblaciones menores de 25.000 habitantes) no cuentan con controles de laboratorio en una forma rutinaria. Muchas de ellas utilizan el sistema de tomar 5 muestras del agua tratada en la planta y en el sistema de distribución semanalmente, y enviarlas al Departamento de Salud Pública estatal para su análisis.

El punto esencial de este asunto es el hecho de que un diseño adecuado y una hábil operación de la planta, combinado con una desinfección cuidadosa del agua, son las garantías más seguras de producir agua potable en todo momento.

6. Criterios de diseño para plantas de tratamiento de agua

Al final de este trabajo se incluye un cuadro en el que se resumen, en orden cronológico, las bases de diseño de 48 plantas de tratamiento construidas en los últimos 43 años en los Estados Unidos. Podrá observarse que las plantas diseñadas en los últimos años incluyen implementos mecánicos para coagulación, lavado de filtros y ocasionalmente el uso de tanques de contacto de sólidos en suspensión. Se llama la atención también sobre la variedad de tipos de fondo de filtros utilizados desde 1938.

El cuadro no muestra la utilización de dióxido de cloro como desinfectante en las

plantas de Niágara Falls y de Napoleón, Ohío, en donde existen facilidades para tal propósito. En estas dos plantas la fuente de abastecimiento es un río en donde ocasionalmente se vierten desechos que contienen fenoles.

7. Ocasiones en que se justifica el uso de tanques de contacto de sólidos en suspensión

Los tanques de contacto de sólidos en suspensión han demostrado ser capaces de funcionar satisfactoriamente y con gran eficiencia en plantas de ablandamiento, siempre que se haya determinado adecuadamente su capacidad y no se les someta a cargas muy variables.

En el caso de coagulación su rendimiento no ha sido tan preciso. En una sola ocasión en nuestra práctica hemos utilizado este tipo de tanque para coagulación. En ese caso, la fuente de abastecimiento era un río que tenía una turbidez mínima de 100 ppm aproximadamente, y existía una planta de tipo convencional con tanques de sedimentación y de coagulación. La nueva planta fue diseñada para operar a una capacidad constante, mientras que la planta antigua continuó operando bajo cargas variables. Se estima que el rendimiento de la nueva planta es adecuado pero no mejor que el de la planta antigua.

Habrán ocasiones en que el terreno obligue a utilizar este tipo de tanque en lugar del tipo convencional de tanque de dos pisos, y en tales casos se deberá tratar de operar los tanques a una capacidad constante y bajo una supervisión técnica competente.

***BASES DE DISEÑO DE 48 PLANTAS
DE TRATAMIENTO DE AGUA***

BASES DE DISEÑO DE 48 PLANTAS

CIUDAD	WHITING INDIANA	JACKSONVILLE ILLINOIS	HARRODSBURG KENTUCKY
Población de diseño	15.620	20.200	5.000
Año del diseño	1919	1920	1921
Fuente de abastecimiento	Lago Michigan	Recodo del Mauvoise-Terre	Salt Creek
Tratamiento	Coag. & Filtración	Coag. & Filtración	Coag. & Filtración
Capacidad calculada de la planta (MGD)	4,0	1,5	0,6
Aireadores, número y tamaño, boquillas	22-3"	28 boquillas	6-2½
Tanques de mezcla			
Rápido—Período de retención (min)	0	0	0
Lento—Número	1	1	1
Capacidad total (gal)	11.500	4.450	5.000
Período de retención (min)	4	4,25	12
Tanques de sedimentación			
Tipo	Convencional	Convencional	Convencional
Número	1	1	1
Capacidad total (gal)	700.000	130.000	65.000
Período de desplazamiento (horas)	4,2	2,1	2,6
Profundidad media (pies)	15	12	13,5
Tasa de aliviadero (gal/pies²/min)			
Eliminación de lodos			
Filtros			
Número	6	3	2
Capacidad calculada para c/u (MGD)	0,667	0,500	0,300
Superficie de c/u en pies² (superficie de filtración)	234	174	108
Área total en pies cuadrados	2.004	522	216
Material filtrante y profundidad total	45	45	48
Profundidad de arena (pulg)	30	30	30
Profundidad de gravilla (pulg)	15	15	15
Tipo de drenajes inferiores	(‡)	(‡)	(‡)
Método de lavado	Bomba de lavado	Válvula reguladora a presión	Contracorriente de las tuberías
Ascenso del lavado inferior (pulg/min)			
Ascenso del lavado de superficie (pulg/min)			
Depósito de agua filtrada			
Capacidad (gal)	900.000	56.400	100.000
Profundidad (pies)	14	9,5	14,5
Depósito en las tuberías principales (gal)	0	2.300.000	300.000
Capacidad de depósito total (gal)	900.000	2.356.400	400.000
Proporción del depósito con la capacidad de la planta	0,225	1,57	0,667
Tanques de depósito químico—número	2	2	2
Capacidad total (gal)	3.400	2.000	1.600
Máquinas de alimentación en seco			
Cloradores			
Amoniadores			
Fluoradores			

Greeley and Hansen, Engrs., 14 E. Jackson Blvd., Chicago, Illinois, E.U.A.

‡ Tanques de contacto de sólidos en suspensión.

‡ Múltiple y laterales de hierro fundido.

DE TRATAMIENTO DE AGUA

WINNETKA ILLINOIS	BENTON HARBOR MICHIGAN	WARSAW INDIANA	LITCHFIELD ILLINOIS	PORTAGE WISCONSIN
19.600	20.000	14.000	8.000	6.300
1921-26-31 Lago Michigan	1922 Río St. Joseph	1923 Lago Winona	1924 Presa de embalse	1924 Río Wisconsin
Coag. & Filtración 6	Blando 2	Coag. & Filtración 1,5	Coag. & Filtración 1,5	Coag. & Filtración 1,5
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
2 127.800 31	5 75.000 54	1 5.000 5	1 5.000 5	3 12.500 12
Convencional 2 695.000 2,8 14	Cont. Sol.† 2 665.000 8,0 17	Convencional 1 120.000 1,9 13	Convencional 1 120.000 1,9 12	Convencional 2-Sub. Div. 137.500 2,2 13
8 0,750 262,5 2.100 48 30 18 (†)	4 0,500 174 696 48 30 18 (†)	3 0,500 174 522 48 30 18 (†)	3 0,500 174 522 48 30 18 (†)	3 0,500 174 522 48 30 18 (†)
Bomba de lavado	Tanque de gravedad	Bomba de lavado	Bomba de lavado	Bomba de lavado
2.230.000 13,5 50.000 2.280.000 0,38	750.000 12,5 Tanque elevado	130.000 14	300.000 13,5 200.000 500.000 0,333	160.000 14 290.000 450.000 0,300
2 2.000 1	3	2 2.200	2	2 Concreto 1.200

BASES DE DISEÑO DE 48 PLANTAS

CIUDAD	CENTRALIA ILLINOIS	EVANSTON ILLINOIS	DANVILLE KENTUCKY
Población de diseño	18.000	100.000	5.100
Año del diseño	1924	1913-24	1924
Fuente de abastecimiento	Presa de embalse	Lago Michigan	Río Dix
Tratamiento	Coag. & Filtración	Coag. & Filtración	Coag. & Filtración
Capacidad calculada de la planta (MGD)	3,0	24,0	1,5
Aireadores, número y tamaño, boquillas	18-3"	0	0
Tanques de mezcla			
Rápido—Período de retención (min)	0	0	0
Lento—Número	1	2	1
Capacidad total (gal)	19.800	340.000	17.100
Período de retención (min)	9,5	20	16
Tanques de sedimentación			
Tipo	Convencional	Convencional	Convencional
Número	2	4	2
Capacidad total (gal)	245.600	1.700.000	250.000
Período de desplazamiento (horas)	2,0	1,7	4,0
Profundidad media (pies)	15	15	15
Tasa de aliviadero (gal/pies ² /min)			
Eliminación de lodos			
Filtros			
Número	4	12	3
Capacidad calculada para c/u (MGD)	0,750	2.000	0,500
Superficie de c/u en pies ² (superficie de filtración)	260	740	174
Area total en pies cuadrados	1.040	8.850	522
Material filtrante y profundidad total	48	47	48
Profundidad de arena (pulg)	30	27	30
Profundidad de gravilla (pulg)	18	20	18
Tipo de drenajes inferiores	(‡)	—	(‡)
Método de lavado	Bomba de lavado	Tanque de gravedad	Bomba de lavado
Ascenso del lavado inferior (pulg/min)			
Ascenso del lavado de superficie (pulg/min)			
Depósito de agua filtrada			
Capacidad (gal)	474.000	2.666.000	500.000
Profundidad (pies)	17,5	10-12	16
Depósito en las tuberías principales (gal)	0	0	226.000
Capacidad de depósito total (gal)	474.000	2.666.000	726.000
Proporción del depósito con la capacidad de la planta	0,158	0,111	0,483
Tanques de depósito químico—número	2	3	2 Madera
Capacidad total (gal)	2.000	1.700	2.000
Máquinas de alimentación en seco			
Cloradores			
Amoniadores			
Fluoradores			

Greeley and Hansen, Engrs., 14 E. Jackson Blvd., Chicago, Illinois, E.U.A.

‡ Múltiple y laterales de hierro fundido.

DE TRATAMIENTO DE AGUA (cont.)

SOUTH HAVEN MICHIGAN	BLOOMINGTON INDIANA	LAKE FOREST ILLINOIS	CHAUTAUQUA NUEVA YORK	KENILWORTH ILLINOIS
7.500	17.000	15.000		
1926 Lago Michigan Coag. & Filtración 1,5	1927-31 Griffy's Creek Coag. & Filtración 2,0	1926-31 Lago Michigan Coag. & Filtración 7,2	1928 Lago Chautauqua Coag. & Filtración (1,125 (3 Filt.) (0,75 (2 Filt.))	1928 Lago Michigan Coag. & Filtración 1,02
0	12-3"	0	Tipo fuente	0
0 1 15.500 15	0 1 14.200 10	0 1 26.400 5,3	0 1 16.700 (32 min. (2 Filt.) (21 min. (3 Filt.))	0 1 15.900 23
Convencional 1 260.000 4,2 15	Convencional 1 167.000 2,0 13	Convencional 246.000 2,6 11,5	Convencional 2 114.000 1,5 14,4	Convencional 1 84.200 2,0 10,75
3 0,500 174 522 48 30 18 (‡) Bomba de lavado	4 0,500 175 700 48 30 18 (‡) Bomba de lavado	8 0,9 312 2.500 48 30 18 (‡) Bomba de lavado	3 0,375 132 396 48 30 18 (‡) Bomba de lavado	2 0,51 175 350 48 30 18 (‡) Bomba de lavado
57.000 12,5 1.500.000 1.557.000 1,04	320.000 14 1.500.000 1.820.000 0,91	200.000 9,5 280.000 480.000 0,067	90.000 14 300.000 390.000 (0,52 (2 Filt.) (0,312 (3 Filt.))	80.000 12,5 200.000 280.000 0,28
2	2	2	2 1.000	2

BASES DE DISEÑO DE 48 PLANTAS

CIUDAD	BARRANQUILLA COLOMBIA AMÉRICA DEL SUR	HIGHLAND*PARK ILLINOIS	GRAND HAVEN MICHIGAN
Población de diseño	125.000	35.000	
Año del diseño	1928	1929	1927
Fuente de abastecimiento	Río Magdalena	Lago Michigan	Río Grand
Tratamiento	Coag. & Filtración	Coag. & Filtración	Coag. & Filtración
Capacidad calculada de la planta (MGD)	8,0	7,0	2,0
Aireadores, número y tamaño, boquillas	50-3"	26-4"	12-1 $\frac{5}{16}$ "
Tanques de mezcla			
Rápido—Período de retención (min)	0	0	0
Lento—Número	2	2	1
Capacidad total (gal)	250.000	239.000	20.800
Período de retención (min)	45	49	15
Tanques de sedimentación			
Tipo	Convencional	Convencional	Convencional
Número	2	2	2
Capacidad total (gal)	2.000.000	900.000	336.000
Período de desplazamiento (horas)	6,0	3,1	4,0
Profundidad media (pies)	14,75	15	12,5
Tasa de aliviadero (gal/pies ² /min)			
Eliminación de lodos			
Filtros			
Número	4	4	4
Capacidad calculada para c/u (MGD)	2,0	1,75	0,5
Superficie de c/u en pies ² (superficie de filtración)	720	610	175
Area total en pies cuadrados	2.880	2.440	700
Material filtrante y profundidad total	45	48	48
Profundidad de arena (pulg)	27	30	30
Profundidad de gravilla (pulg)	18	18	18
Tipo de drenajes inferiores	(‡)	(‡)	(‡)
Método de lavado	Tanque de gravedad	Tanque de gravedad	Bomba de lavado
Ascenso del lavado inferior (pulg/min)			
Ascenso del lavado de superficie (pulg/min)			
Depósito de agua filtrada			
Capacidad (gal)	1.375.000	1.400.000	105.000
Profundidad (pies)	10,33	14	11,0
Depósito en las tuberías principales (gal)	3.000.000	500.000	1.000.000
Capacidad de depósito total (gal) |	4.375.000	1.900.000	1.105.000
Proporción del depósito con la capacidad de la planta	0,547	0,27	0,55
Tanques de depósito químico—número			
Capacidad total (gal)			
Máquinas de alimentación en seco	6	4	2
Cloradores			
Amoniadores			
Fluoradores			

Greeley and Hansen, Engrs., 14 E. Jackson Blvd., Chicago, Illinois, E.U.A.

* Tipo bandeja perforada.

‡ Múltiple y laterales de hierro fundido.

DE TRATAMIENTO DE AGUA (cont.)

BENHAM KENTUCKY	MOLINE ILLINOIS	WILMETTE ILLINOIS	MICHIGAN CITY INDIANA	HAMMOND INDIANA
3.000	50.000	38.000	35.000	100.000
1930 Maggard Brook Scotts Brook Coag. & Filtración 0,6	1932 Río Misisipí Blando 5,0	1933 Lago Michigan Coag. & Filtración 6,0	1934 Lago Michigan Coag. & Filtración 8,0	1935-36 Lago Michigan Coag. & Filtración 20,0
Band. perf.*	24-4"	0	0	0
0	0	0	0	0
1 10.400 25	2 147.000 42	2 186.900 45	1 167.000 30	8 503.000 36
Convencional 1 82.100 4,2 15,75	Convencional 2 1.440.000 6,9 17,75	Convencional 2 904.000 3,6 15	Convencional 2 1.000.000 3,0 17,0	Convencional 2 3.510.000 4,2 20
2 0,3 108 216 48 30 18 (‡)	4 1,25 435 1.740 48 30 18 (‡) Blocks Wagner Tanque de gravedad	4 1,5 522 2.090 48 30 18 (‡) Bomba de lavado	4 2,0 715 2.860 48 30 18 (‡) Tanque de gravedad	8 2,5 878 7.024 48 30 18 (‡) Tanque de gravedad
450.000 5,0 135.000 585.000 0,97	3.016.000 860.000 18,25 3.876.000 0,777	1.280.000 14 400.000 1.680.000 0,28	1.500.000 17 750.000 2.250.000 0,28	4.000.000 18 1.500.000 5.500.000 0,28
Madera 650	4	4	3	4

BASES DE DISEÑO DE 48 PLANTAS

CIUDAD	SANDUSKY OHIO	PORTAGE, WISCONSIN Ampliado	TOLEDO OHIO
Población de diseño	36.000	7.500	670.000
Año del diseño	1938	1939	1939-40
Fuente de abastecimiento	Lago Erie	Río Wisconsin	Lago Erie
Tratamiento	Coag. & Filtración	Ablandamiento	Coag. & Filtración
Capacidad calculada de la planta (MGD)	9,0	2,0	80,0
Aireadores, número y tamaño, boquillas	0	0	0
Tanques de mezcla			
Rápido—Período de retención (min)	0	0	0
Lento—Número	2	2	4
Capacidad total (gal)	300.000	46.500	2.250.000
Período de retención (min)	48	34	41
Tanques de sedimentación			
Tipo	Convencional	Cont. Sol.†	Convencional
Número	2	2	4
Capacidad total (gal)	1.500.000	443.500	10.000.000
Período de desplazamiento (horas)	4,0	5,3	3,0
Profundidad media (pies)	15,38	15	15
Tasa de aliviadero (gal/pies² /min)			
Eliminación de lodos			
Filtros			
Número	6	4	20
Capacidad calculada para c/u (MGD)	1,5	0,5	4
Superficie de c/u en pies² (superficie de filtración)	522,5	174	1.393
Area total en pies cuadrados	3.135	696	27.860
Material filtrante y profundidad total	48	48	45
Profundidad de arena (pulg)	30	30	29
Profundidad de gravilla (pulg)	18	18	16
Tipo de drenajes inferiores	Wheeler	(‡)	Wheeler
Método de lavado	Tanque de gravedad	Bomba de lavado	Tanque
Ascenso del lavado inferior (pulg/min)			
Ascenso del lavado de superficie (pulg/min)			
Depósito de agua filtrada			
Capacidad (gal)	1.900.000	160.000	35.000.000
Profundidad (pies)	18,75	14	18
Depósito en las tuberías principales (gal)	1.000.000	290.000	1.000.000
Capacidad de depósito total (gal)	2.900.000	450.000	36.000.000
Proporción del depósito con la capacidad de la planta	0,32	0,225	0,45
Tanques de depósito químico—número			
Capacidad total (gal)			
Máquinas de alimentación en seco	5	4	6
Cloradores			
Amoniadores			
Fluoradores			

Greeley and Hansen, Engrs., 14 E. Jackson Blvd., Chicago, Illinois, E.U.A.

† Tanques de contacto de sólidos en suspensión.

‡ Múltiple y laterales de hierro fundido.

DE TRATAMIENTO DE AGUA (cont.)

NEGAUNEE MICHIGAN	ROCK ISLAND ARSENAL, ILLINOIS	PORT WASHINGTON WISCONSIN	WARSAW INDIANA	MOLINE ILLINOIS
7.000	20.000	6.000	16.000	48.000
1932 Lago Teal Coag. & Filtración 1,5	1943 Río Misisipi Coag. & Filtración 2,0	1946-47 Lago Michigan Coag. & Filtración 1,5	1949 Lago Winona Coag. & Filtración 2,0	1948 Río Misisipi Ablandamiento 7,5
0	0	0	0	No se usa
4 min. 2 46.000 40 min.	5 min. 2 70.200 45 min.	6 min. 2 43.400 36 min.	5 min. 2 28.000 20 min.	5 min. 3 147.000 28
Convencional 2 245.000 3,9 12,5	Convencional 2 485.000 5,8 15	Convencional 2 250.000 4,0 13,5	Convencional 2 120.000 1,45 13	Convencional 3 2.100.000 6,7 14,67 Mecánica
3 0,5 180 540 42 30 12 Wheeler Bomba de lavado	4 0,50 180 720 42 30 12 Wheeler Red de alta presión	3 0,50 180 540 42 30 12 Wheeler Bomba de lavado	4 0,50 174 700 48 30 18 (†) Bomba de lavado 24 6	6 1,25 435 2.610 44 & 38 30 4 Filt./14.4-8 4-(†) Leopold Bomba y tanque de lavado 24
120.000 9,33 300.000 420.000 0,36	745.000 15,5 200.000 945.000 0,475	225.000 13 200.000 425.000 0,283	234.000 14 400.000 634.000 0,32	3.000.000 18 1.000.000 4.000.000 0,535
4	4	5	3 2	5 4 1

BASES DE DISEÑO DE 48 PLANTAS

CIUDAD	ROCK ISLAND ILLINOIS	NIÁGARA FALLS NUEVA YORK	ST. PETERSBURG FLORIDA
Población de diseño	62.000	120.000	310.000
Año del diseño	1950	1950	1951
Fuente de abastecimiento	Río Misisipí	Río Niágara	Pozos
Tratamiento		Coag. & Filtración	Blando
Capacidad calculada de la planta (MGD)	13,5	32,0	25,8
Aireadores, número y tamaño, boquillas	0	0	Cascada
Tanques de mezcla			
Rápido—Período de retención (min)	0	0	0
Lento—Número	5 min.	4	
Capacidad total (gal)		500.000	
Período de retención (min)		90	
Tanques de sedimentación			
Tipo		Convencional	Cont. Sol.†
Número		4	2
Capacidad total (gal)		4.700.000	16.700.000
Período de desplazamiento (horas)		3,5	
Profundidad media (pies)		15,7	
Tasa de aliviadero (gal/pies ² /min)			1,27
Eliminación de lodos		Mecánica	
Filtros			
Número	10	8	4
Capacidad calculada para c/u (MGD)	1,0	4,0	5,5
Superficie de c/u en pies ² (superficie de filtración)	370	1.655	960
Area total en pies cuadrados	3.700	13.240	3.840
Material filtrante y profundidad total	46	35	34
Profundidad de arena (pulg)	30 Antracita	27	21
Profundidad de gravilla (pulg)	16	8	13
Tipo de drenajes inferiores	Plancha porosa	Plancha porosa	Leopold
Método de lavado		Tanque elevado	Bomba de lavado
Ascenso del lavado inferior (pulg/min)	30	30	26,6
Ascenso del lavado de superficie (pulg/min)			
Depósito de agua filtrada			
Capacidad (gal)	11.000.000	6.200.000	3.160.000
Profundidad (pies)			
Depósito en las tuberías principales (gal)	1.600.000	2.750.000	12.000.000
Capacidad de depósito total (gal)	12.600.000	8.950.000	15.160.000
Proporción del depósito con la capacidad de la planta	0,935	0,29	0,59
Tanques de depósito químico—número			
Capacidad total (gal)			
Máquinas de alimentación en seco	3	6	5
Cloradores	2	2	2
Amonadores	1 Am.		1 Anhid. carb.
Fluoradores			1

Greeley and Hansen, Engrs., 14 E. Jackson Blvd., Chicago, Illinois, E.U.A.

† Tanques de contacto de sólidos en suspensión.

DE TRATAMIENTO DE AGUA (cont.)

SIoux FALLS DAKOTA DEL SUR	BARRANQUILLA COLOMBIA AMERICA DEL SUR	CAMPBELL SOUP NAPOLÉON OHIO	LEAD BELT CO. BONNE TERRE MISSOURI	WAUKEGAN ILLINOIS
	361.300	Industria	15.000	62.000
1951 Pozos Coag. & Filtración 20,0	1952 Río Magdalena Coag. & Filtración 28,0	1954 Río Maumee Coag., abland., filtración 7,6	1953 Aguas de mina Coag. & Filtración 1,5	1954 Lago Michigan Coag & Filtración 10,0
0	0	0	0	0
6,2 min.	0	0	0 1 34.000 30	5,75 min. 35
Cont. Sol. † 3 1.125.000 1,35 16 1,46	Convencional & Cont. Sol. † 2 Cont. Sol. † 1,85 Cont. Sol. †	Cont. Sol. † 2 1,25 15,7 1,35	Convencional 2 187.000 3 13,5	Convencional 2 1.400.000 2,45 20
5 4,0 700 3.500 Antracita 30 Plancha porosa Bomba de lavado 30	14 2,0 700 9.800 Antracita 24 Plancha porosa Tanque de lavado 25,6	6 1,25 440 2.640 32 24 8 Leopold 24 1,35	3 0,5 176 528 31 27 4 Leopold Bomba de lavado	10 1,0 350 3.500 49 30 19 Bomba de lavado
5.200.000 1.905.000 7.105.000 0,36	1.250.000 10.750.000 12.000.000 0,43	640.000 21,25	495.000 14 160.000 655.000 0,43	4.100.000 15,5 & 9,5 5.570.000 0,48
5 2		5 3 1 Sol. calg.	2 2	2 1

BASES DE DISEÑO DE 48 PLANTAS

CIUDAD	LAKE FOREST ILLINOIS	HIGHLAND PARK ILLINOIS	KENILWORTH ILLINOIS
Población de diseño	17.000	51.000	
Año del diseño	1926-31-1956	1959	1959
Fuente de abastecimiento	Lago Michigan	Lago Michigan	Lago Michigan
Tratamiento	Coag. & Filtración	Coag. & Filtración	Coag. & Filtración
Capacidad calculada de la planta (MGD)	9,6	21,0	1,5
Aireadores, número y tamaño, boquillas	0	No se usa	0
Tanques de mezcla			
Rápido—Período de retención (min)	0	0,65 min.	3 min.
Lento—Número	2	4	1
Capacidad total (gal)	290.000	457.750	41.500
Período de retención (min)	45	94,2	39,4
Tanques de sedimentación			
Tipo	Convencional	Convencional	Convencional
Número	3	4	3
Capacidad total (gal)	1.150.000	1.806.000	187.000
Período de desplazamiento (horas)	3	6,18	3
Profundidad media (pies)	14	15	11,5
Tasa de aliviadero (gal/pies ² /min)			
Eliminación de lodos			
Filtros			
Número	8	8	3
Capacidad calculada para c/u (MGD)	0,9	2,63	0,5
Superficie de c/u en pies ² (superficie de filtración)	312	610	175
Area total en pies cuadrados	2.500	4.880	525
Material filtrante y profundidad total	48	42	48
Profundidad de arena (pulg)	30	30	30
Profundidad de gravilla (pulg)	18	12	18
Tipo de drenajes inferiores	(†)	(†) Wheeler	2-(†)—1-Leopold
Método de lavado	Bomba de lavado		
Ascenso del lavado inferior (pulg/min)		24	24
Ascenso del lavado de superficie (pulg/min)			0,8
Depósito de agua filtrada			
Capacidad (gal)	2.515.000	2.500.000	200.000
Profundidad (pies)		20,42	10
Depósito en las tuberías principales (gal)	200.000	4.000.000	200.000
Capacidad de depósito total (gal)	2.715.000	6.800.000	400.000
Proporción del depósito con la capacidad de la planta	0,28	0,32	0,27
Tanques de depósito químico—número			
Capacidad total (gal)			
Máquinas de alimentación en seco	5	3	3
Cloradores	2	2	2
Amoniadores	2	1 Sulf. amonio	
Fluoradores	1 Fluor. sódico		

Greeley and Hansen, Engrs., 14 E. Jackson Blvd., Chicago, Illinois, E.U.A.

† Tanques de contacto de sólidos en suspensión.

‡ Múltiple y laterales de hierro fundido.

DE TRATAMIENTO DE AGUA (cont.)

MOLINE ILLINOIS	PARK FOREST ILLINOIS	TULLAHOMA TENNESSEE	ST. PETERSBURG FLORIDA	BARRANQUILLA COLOMBIA AMÉRICA DEL SUR
48.000	38.000	17.000	364.000	1.250.000
1958 Río Misisipi Ablandamiento 12,0	1958 Pozos Ablandamiento 3,2	1942 & 1958 Manantial Coag. & Filtración 2,5	1961 Pozos Ablandamiento 65,1 (65%)	1960 Río Magdalena Coag. & Filtración 44,0
0	0	0	0	0
0	0	3,5 min. 2 52.000 30	15 seg. 4 30	0 4 572.000 30
Cont. Sol. † 2 460.000 0,9 14,67 1,65	Cont. Sol. † 3 700.000	Convencional 2 420.000 4 14,25 640	Cont. Sol. † 4 34.700.000 21	Convencional & Cont. Sol. † 25.300.000 4,5 15,88
Mecánica 8 1,25 435 3.450 44 & 38 30 4 Filt/14.4-8 4-(†) Leopold Bomba de lavado 24	Bomba de lavado 4 0,8 225 900 41 27 14 (†)	Bomba de lavado 5 0,5 171 855 48 30 18 (†) 37	Leopold 10 960 9.600 56 34 21	Antracita 37 22 2,0 720 5.760 24 Plancha porosa Tanque elevado
3.000.000 18 8.000.000 5.000.000 0,42	1.120.000 500.000 1.620.000 0,51	1.000.000 15 550.000 1.550.000 0,62		2.140.000 16.950.000 19.090.000 0,43
Granel 5 4	1 3.500 1 2	4 2	6 2	

Tema X

OTROS PROBLEMAS DE DISEÑO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA: MECANIZACION Y AUTOMATIZACION, DESINFECCION POR CLORACION Y TRATAMIENTOS ESPECIALES

VICTORIO L. INGLESE

*Profesor de Abastecimiento de Agua, Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina*

I. MECANIZACION Y AUTOMATIZACION

La mecanización y el empleo de equipos automáticos en la potabilización y distribución del agua tienen por objeto facilitar las tareas manuales y reducir el personal necesario, a fin de lograr una mayor eficiencia y un menor costo en la operación.

Como ejemplos típicos de mecanización y automatización, pueden citarse: el accionamiento eléctrico e hidráulico de válvulas; los dosificadores de productos químicos secos; los reguladores de filtración; los equipos indicadores y graforregistratoros; el comando a distancia; los dispositivos automáticos para detener y poner en marcha motores eléctricos y ciertos aditamentos, tales como flotantes, etc.

También puede ser necesario llevar a cabo un conjunto de operaciones, como por ejemplo, el lavado de un filtro en forma automática, con equipo de arranque manual y de suficiente elasticidad como para poder variar los factores que contribuyen a un buen lavado.

En todos los casos, el diseño respectivo deberá adecuarse a las condiciones locales, teniendo en cuenta el equipo, manutención y servicios disponibles, etc. Con todo, y muy especialmente en instalaciones pequeñas, resulta aconsejable evitar el uso de disposi-

tivos complicados que exijan personal muy especializado para conservarlo.

En instalaciones medianas o grandes no es conveniente que haya una excesiva centralización de los controles a cargo de una sola persona, pues puede resultar una responsabilidad muy pesada y puede también tener serias consecuencias en caso de accidentes.

Además, no debe olvidarse que toda instalación mecanizada o automática debe estar construida de manera que pueda funcionar manualmente ante cualquier eventualidad, y que es necesario disponer de personal capaz de reparar las fallas de los respectivos aparatos. La disposición general del diseño debe ser tal que dichas fallas no puedan provocar nunca graves inconvenientes, sobre todo en la calidad del agua tratada.

En resumen, se estima que debe haber una tendencia hacia la mecanización y automatización progresiva de las instalaciones, adecuándolas a las condiciones locales y dotándolas de los elementos de registro y de control necesarios para obtener el máximo rendimiento posible.

II. DESINFECCION POR CLORACION

La desinfección del agua de consumo tiene por objeto asegurar su calidad bacterio-

lógica, y ésta constituye la etapa más importante de su tratamiento. No es necesario esterilizar el agua o destruir todas las bacterias, sino que basta con su desinfección, es decir, con obtener una reducción apreciable de su contenido bacteriano y la destrucción total de las bacterias patógenas.

En la mayoría de las aguas, las bacterias patógenas pueden eliminarse por cloración en media hora, con una dosis de 0,2 ppm. Si hay materia orgánica abundante, la dosis indicada puede ser insuficiente o la acción efectiva muy retardada. También influye el pH del agua, ya que, por ejemplo, el colibacilo, tomado generalmente como índice de contaminación, se elimina:

A	pH	6-7	en	menos	de	2	minutos
"	"	8	"	"	"	4	"
"	"	9	"	"	"	6	"

Recordemos que, en general, el proyecto de toda planta de potabilización de agua incluye, por lo menos como etapa final, la desinfección del agua para asegurar que no sobrevivan bacterias patógenas; además, se admite que una parte del desinfectante debe llegar, sin excepción, a todos los lugares de la red de distribución, aun a los más apartados, a fin de evitar la reinfeksió del agua o las contaminaciones secundarias. Esto último es válido también para el caso de suministros con aguas microbiológicamente puras de origen, así como las provenientes de fuentes subterráneas profundas.

Entre los distintos métodos de desinfección empleados en la actualidad, nos ocuparemos a continuación de la cloración, por ser éste el método casi exclusivamente utilizado en América. Para comenzar, recordemos que el cloro se usa generalmente en dos formas distintas: a) hipoclorito y b) cloro puro.

a) *Hipoclorito*—Cuando el consumo de cloro de una planta de tratamiento es inferior a 5-10 Kg/día, resulta aconsejable efectuar la desinfección a base de hipoclorito, por su sencillez y facilidad de

manejo que no requiere personal especializado.

El hipoclorito de sodio tiene aproximadamente un 10% de cloro activo, almacenándose en demajuanas de 10 a 20 litros de capacidad, que deben mantenerse en lugares frescos y oscuros para evitar la reducción del tenor del cloro. Puede diluirse hasta el 1% antes de usarse, y aplicarse en forma de solución acuosa mediante dosificadores de regulación manual y accionamiento mecánico o hidráulico, de caudal constante o proporcional, en cámara abierta o cañería a presión.

El empleo de demajuanas de vidrio, exige gran manipulación de envases y un lugar adecuado para almacenamiento. En lugar de usarse cloro líquido, también pueden usarse sales de cloro o equivalentes en estado sólido. Este cloro sólido generalmente es suministrado en recipientes herméticos, y hasta con un 70% de cloro activo. En el momento de utilizarse, este producto se mezcla con agua (sólo diluida) y esta mezcla se usa finalmente para tratar el agua.

Estimamos recomendable, como solución práctica y económica para preparar la dilución de hipoclorito que se va a inyectar al agua, el empleo de depósitos prefabricados de cemento de asbesto de 50, 100 ó 200 litros de capacidad.

b) *Cloro puro*—Cuando el consumo de cloro es superior a 5-10 Kg/día, resulta conveniente utilizar cloro puro.

El cloro puro se almacena a presión, generalmente en cilindros de acero de 50 a 100 Kg, siendo el contenido una mezcla de gas y líquido, en función de la temperatura y de la presión interna. Para su aplicación se pueden seguir dos métodos: a) aplicación directa y b) aplicación en solución, disolviendo previamente el gas en agua para lograr la solución requerida. En ambos casos debe ponerse el mayor cuidado para lograr una mezcla perfecta con el agua que se va a tratar.

El equipo alimentador de gas de cloro es de dos tipos: a) a presión, y b) al vacío, efectuándose normalmente el control de la cantidad agregada por medición directa y por diferencia de pesadas a intervalos regulares. Para esto último resulta recomendable colocar los cilindros de cloro directamente sobre una balanza de plataforma, equipada con indicador instantáneo y graforregistrador.

La elección de la capacidad de los cilindros de cloro (50 a 1.000 Kg neto), dependerá del consumo diario y del espacio disponible, debiendo evitarse una manipulación excesiva de aquéllos. Las balanzas que se utilicen dependerán del tipo de cilindros que se seleccionen. Finalmente, se proyectará la instalación, separando el local de dosificación del recinto destinado a recepción y depósito.

Las descargas de gas de cloro provocan una disminución de temperatura, tanto más acentuada cuando mayor sea dicha descarga. Para evitar los inconvenientes derivados de ello se recomienda proveer de calefacción al local de dosificación y colocar estufas eléctricas cerca de los cilindros de cloro. Para cilindros de gran capacidad puede utilizarse un rocío continuo de agua que evite el enfriamiento de los gases que contiene. Si la cantidad de cloro que se va a utilizar es muy grande, puede obtenerse de varios cilindros, o mejor aún utilizando evaporadores especiales calentados eléctricamente.

Medidas de seguridad

Cuando se utiliza cloro puro hay que adoptar algunas precauciones especiales.

Recordemos al respecto que un kilogramo de cloro líquido evaporado a 15°C produce aproximadamente 300 litros de cloro gaseoso, cantidad que, liberada en un ambiente de 3.600 m³ de aire, causa a las personas irri-

tación bronquial grave, con accesos de tos. Por consiguiente, es fundamental evitar los escapes de gas de cloro, manejando los cilindros con cuidado y manteniendo siempre el equipo en buenas condiciones de funcionamiento.

Los cilindros de cloro deben ser siempre probados en la fábrica antes de ser cargados. No deben almacenarse cerca de radiadores, estufas, cañerías de calefacción, calderas, o cerca de materiales inflamables. También se aconseja verificar si están provistos de válvulas de seguridad y fusible que permita salir el gas en caso de incendio, o sea, cuando la temperatura sea superior a 65°C.

Cuando se recibe de la fábrica un cilindro de cloro (lleno), contiene aproximadamente 88 % de su volumen útil de cloro líquido, y el 12 % restante de cloro gaseoso seco. Si el gas de cloro se extrae seco del cilindro, no es corrosivo; pero en presencia de humedad es sumamente corrosivo.

El caucho, el vidrio y algunos materiales sintéticos son bastante resistentes al cloro, ya sea en forma gaseosa o líquida. El tantalio, el oro, la plata y el platino son también resistentes a los gases de cloro.

Por otro lado, las grasas y los aceites, cuando están en contacto con los gases de cloro, forman hidrocarburos (compuestos complejos de cloro), y el alcohol y el éter son transformados en sólidos, impidiendo el escurrimiento del cloro.

El cloroformo, el alcohol metílico y el tetracloruro de carbono son los únicos disolventes seguros para limpiar los equipos de cloración.

Cuando se buscan posibles escapes de cloro debe tenerse siempre a mano una careta especial en buenas condiciones y un frasco con amoníaco, pues es sumamente irritante para la vista y la garganta. Hay que recordar que el cloro es un gas letal. Para descubrir una pérdida de cloro gaseoso, se pasa un algodón mojado en amoníaco por la zona sospechosa y si hay algún

escape se originan inmediatamente vapores blancos y densos de cloruro de amonio. Además, en los locales de cloración (especialmente con cloro gaseoso), deben mantenerse condiciones de ventilación forzada, sin olvidar que el cloro es más pesado que el aire, por lo que debe proyectarse la extracción del gas desde el punto más cercano al piso.

Si la instalación es de grandes dimensiones, pueden colocarse eyectores de agua a vapor en la parte inferior del local, para que en caso de accidente puedan eliminar al cloro por aspiración, formando con el mismo una solución acuosa que se descarga en la cloaca. También se recomienda tener una fosa con cal, donde se pueda arrojar el cilindro de cloro en caso de graves pérdidas que no admitan reparaciones.

Primeros auxilios

En caso de accidentes, se deben seguir las instrucciones siguientes:

a) Ataque a la vista: Lavar los ojos con ácido bórico y usar gotas oculares.

b) Quemaduras: Lavar con una solución de bicarbonato de sodio, aplicando luego aceite.

c) Intoxicación: Llamar inmediatamente al médico y mientras éste llega dar de beber leche o crema fría, manteniendo al accidentado en reposo y bien abrigado.

Métodos de cloración

El término cloración significa que se agrega cloro al agua. En una planta de tratamiento de agua puede haber pre o postcloración, según si el cloro se aplica antes o después de la filtración.

Cloración simple se considera la aplicación de cloro a un agua no tratada que entra directamente a un sistema de distribución. *Recloración* es el procedimiento de aplicar

cloro al agua que ya ha sido tratada con cloro anteriormente.

El *grado de cloración* depende de las características del agua a tratar y de la intensidad o seguridad que se requiere. Además, muchas veces la elección del tipo de cloración está condicionada al tiempo de contacto que permitan las instalaciones.

Generalmente, el tiempo mínimo de contacto se fija en media hora cuando queda en el agua "cloro residual libre", y en 2 horas cuando solamente hay "cloro residual combinado".

La *postcloración* es la aplicación de cloro al agua a la salida de los filtros. El tiempo mínimo de contacto necesario es de media hora antes de estar disponible para consumo público. Este método se usa frecuentemente cuando hay una reserva de agua filtrada a continuación de los filtros, y cuando hay depósitos elevados de distribución. Tiene como ventaja que la desinfección se hace empleando cantidades mínimas de cloro.

La *precloración* tiene lugar cuando se aplica el cloro directamente al agua natural. Tiene grandes ventajas en el funcionamiento de las plantas, pero exige el agregado de grandes cantidades de cloro. Por ello muchas veces la precloración se hace aplicando el cloro al agua decantada.

Lo más común es utilizar pre y postcloración, pudiendo recomendarse como norma de diseño de una planta de tratamiento el prever la posibilidad de efectuar las dos operaciones: precloración con inyección de cloro al agua natural y/o al agua decantada, y postcloración con inyección de cloro en el agua filtrada y antes de la postalcalinización, pues ya hemos visto que el cloro es más eficiente a un pH bajo.

La cloración de un agua que contiene amoníaco, ya sea éste natural del agua o agregado antes o después del cloro, puede formar monocloramina (NH_2Cl) o dicloramina (NHCl_2). Si se agrega un exceso de cloro, habrá formación de cloruro de nitró-

geno (NCl_2), destruyéndose las cloraminas y anulando su acción bactericida, pues el cloruro de nitrógeno casi no tiene valor desinfectante. Todo el cloro que existe en el agua combinado químicamente con amoníaco o con compuestos nitrogenados, se define como "cloro combinado disponible". Todo el cloro que existe en el agua como ácido hipocloroso o ion hipoclorito se define como "cloro libre disponible".

A igualdad de pH, temperatura y tiempo de contacto, para obtener el mismo efecto bactericida se requieren 25 veces más de "cloro combinado disponible" que de "cloro libre disponible", y a igualdad de dosis, pH y temperatura, para obtener una desinfección equivalente se requiere un tiempo de contacto muchísimo más largo. De ahí que, en general, y salvo cuando haya dificultades especiales, sea aconsejable efectuar la cloración con "cloro residual libre". La cantidad que se use debe ser tal que se mantenga en la planta o en el sistema de distribución 0,10 ppm, aproximadamente.

Control de la desinfección

El control de la desinfección debe hacerse tanto en la planta como en la red de distribución mediante determinaciones de "cloro residual libre" y "cloro residual combinado", utilizando el método de ortotolidina-arsenito (OTA), mediante la comparación con patrones.

El número diario de pruebas que se deben efectuar en la planta depende de las variaciones de la calidad del agua, pero en promedio puede establecerse entre 3 y 12, siendo 6 un valor frecuente (1 cada 4 horas), con toma de muestras de agua a la salida del establecimiento.

En la red de distribución, el número de muestras a analizar debe estar en función del número de habitantes y de acuerdo a lo establecido en la práctica de la localidad

para los análisis microbiológicos. El siguiente sistema se lleva en algunas ciudades:

Población servida			No. de muestras mensuales
Menor de	2.500 habitantes	...	2
De	2.500 a 10.000	"	10
"	10.000 " 25.000	"	25
"	25.000 " 100.000	"	100
"	100.000 " 1.000.000	"	300
Mayor de	1.000.000	"	500

Para estudios especiales, lógicamente debe tomarse un número mayor de muestras.

III. TRATAMIENTOS ESPECIALES

A. Fluoruración

La fluoruración artificial del agua de consumo tiene por objeto poder alcanzar la concentración de flúor considerada óptima (aproximadamente 1 ppm). Recordemos al respecto que tal práctica resulta ser la mejor prevención contra las caries dentales, especialmente en los niños.

Ahora bien, una vez que las autoridades sanitarias competentes deciden llevar a cabo la fluoruración del agua, es necesario determinar: el compuesto de flúor que se va a agregar, la dosis necesaria, el equipo dosificador y el punto de aplicación, para proceder al diseño de la instalación respectiva.

El agente activo de la fluoruración es el ion flúor y como fuente de aporte se utilizan varios compuestos, a saber:

- a) Fluoruro de sodio (NaF)
- b) Fluosilicato de sodio (Na_2SiF_6)
- c) Acido fluosilícico (H_2SiF_6)
- d) Acido fluorhídrico (HF)
- e) Fluosilicato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$)
- f) Fluoruro de calcio (CaF_2)

De estos compuestos, se sabe que el ácido fluorhídrico es un producto líquido sumamente tóxico y corrosivo; el fluoruro de calcio es insoluble en agua, pero es soluble en soluciones de ácidos diluidos o en soluciones diluidas de coagulante (sulfato de aluminio); los otros son solubles en agua.

Las dosis necesarias se determinan, en general, por diferencia entre la dosis óptima fijada para el agua tratada y la cantidad contenida en el agua natural. La dosis óptima es de 1 ppm aproximadamente, pero puede darse también en función de la temperatura ambiente, dado que de ella depende principalmente, la cantidad de agua que bebe una persona. Así, considerando dicha variable, pueden recomendarse los siguientes límites de concentración de flúor en el agua para beber.*

Promedio de temperatura ambiente (°C)	Límite de flúor recomendado (ppm)		
	Inferior	Óptimo	Superior
10,0-12,0	0,9	1,2	1,7
12,1-15,0	0,8	1,1	1,5
15,1-18,0	0,8	1,0	1,3
18,1-21,5	0,7	0,9	1,2
21,6-26,0	0,7	0,8	1,0
26,1-32,5	0,6	0,7	0,8

Con respecto a la elección del método y del compuesto fluorado que se ha de emplear, deberán decidirse con base en un estudio comparativo que tome en cuenta lo siguiente: las condiciones locales; el costo de los productos químicos utilizables, existentes o que puedan adquirirse; el personal competente o la posibilidad de formarlos; equipo disponible y costo del mismo; seguridad en la continuidad del servicio, etc. Este estudio debe realizarse previendo no solamente la situación inmediata, sino también los posibles cambios

futuros que surjan como resultado de la experiencia y de la investigación.

El Informe Técnico No. 146 de la OMS, preparado por un "Comité de Expertos en Fluoruración del Agua", recomienda vigilar cuidadosamente la exactitud de la dosificación de los productos agregados y utilizar equipos alimentadores que no permitan desviaciones de más de 0,1 ppm respecto de la dosis establecida. También se recomienda que estén provistos de un dispositivo de protección eficaz que impida una dosificación excesiva del flúor en caso de avería en el mecanismo de alimentación.

Los dosificadores pueden ser del tipo volumétrico o gravimétrico, en seco o en solución, de regulación manual o automática, y construidos con materiales adecuados que no resulten afectados por la acción corrosiva del producto químico empleado.

La instalación de la planta de dosificación de flúor debe diseñarse tomando medidas de precaución como las que se señalan a continuación para proteger a los operarios contra los riesgos de intoxicación inherentes al manejo de los compuestos fluorados: uso de caretas, guantes y ropa protectores; instalación de ventiladores y extractores, canales de descarga, tolvas y transportadores cerrados, etc.

Cuando se utiliza un compuesto fluorado soluble en agua puede elegirse como punto de aplicación, la salida del agua filtrada, a fin de aprovechar íntegramente el producto químico agregado, debiendo asegurarse una mezcla uniforme con todo el volumen de agua tratada.

En plantas de tratamiento de aguas superficiales, de pequeña o de mediana capacidad, puede resultar conveniente efectuar el agregado de flúor utilizando dos soluciones de sulfato de aluminio: una con fluoruro de calcio, para dosificar así el flúor necesario, y otra sin flúor, con la que se

**Journal of the American Works Association* 53: 943, 1961.

puede ajustar la dosis de coagulante requerida por el agua a tratar.

B. Ablandamiento

Ablandamiento, edulcoración o suavización, es el proceso a que se someten las aguas duras para remover parcial o totalmente su contenido de sales de calcio y de magnesio. Llamando dureza carbonatada o temporal a la constituida por bicarbonatos y carbonatos, y dureza no carbonatada o permanente a la debida a sulfatos, cloruros, nitratos y silicatos, tendremos que la dureza total será la suma de las dos anteriores, expresándose todas ellas en el equivalente de CO_3Ca .

De acuerdo con su dureza, podemos clasificar las aguas de la forma siguiente:

Dureza total (ppm)	Clasificación
0-50.....	Agua blanda (dulce o fina)
50-100.....	Agua moderadamente blanda
100-150.....	Ligeramente dura
150-200.....	Moderadamente dura
200-300.....	Dura
Mayor de 300.....	Muy dura o excesivamente dura

En general, el suministro de aguas blandas puede ocasionar inconvenientes de corrosión o agresividad, principalmente en estructuras y cañerías metálicas, por lo que resulta aconsejable que la dureza del agua de consumo no sea inferior a 30-50 ppm con un remanente de CO_3Ca en su alcalinidad y con pH_s (pH de saturación) bien ajustado.

Por el contrario, el empleo de aguas duras o muy duras puede ocasionar inconvenientes en muchos casos, principalmente de orden económico, que pueden justificar el ablandamiento del agua. Ahora bien, el primer problema a resolver es determinar desde qué valor de dureza y hasta qué punto

conviene ablandar toda el agua que se suministra a una población, si se considera que no resulta nociva para la salud y que gran parte del agua se utiliza en el arrastre cloacal, riego, lavado de calles, etc. ¿No es más conveniente el ablandamiento domiciliario optativo, a cargo del usuario?

Consideramos que solamente un estudio económico que considere por un lado el ahorro de jabón y de combustibles de la población, y por otro lado los costos de productos químicos necesarios, gastos de personal, servicio financiero del capital invertido en instalaciones, etc., puede indicar la conveniencia o no, de un ablandamiento centralizado. Por supuesto, ello resulta tanto más factible cuanto más dura sea el agua a tratar.

Una vez decidido el ablandamiento centralizado, el segundo problema importante que se debe resolver es la elección del método de ablandamiento a utilizar. Recordamos a continuación los principales tipos de tratamiento que pueden aplicarse:

- | | | |
|---------------|---|--|
| 1) Simples | } | a) cal (para dureza carbonatada o temporal) |
| | | b) soda (para dureza permanente o no carbonatada) |
| | | c) zeolita |
| d) resina | } | Intercambio iónico en cloruro sódico, para ambas durezas |
| | | |
| 2) Combinados | } | a) Cal-soda (en frío) |
| | | b) Cal-zeolita |
| | | c) Cal-resina |

Para aguas ácidas o de tendencia corrosiva, con materia en suspensión, hierro o manganeso, con alto contenido de sales de sodio y microbiológicamente impuras, generalmente se prefiere el ablandamiento con cal o cal-soda. En otros casos puede resultar más conveniente hacer un tratamiento previo con cal y coagulante, seguido de filtración, y luego ablandamiento por intercambio de bases (zeolita o resina).

Las aguas con elevado contenido de sales de manganeso o dureza permanente, se

ablandan mejor por intercambio de bases que por precipitación química, en especial cuando el agua natural está sujeta a variaciones en su composición.

Las instalaciones para el ablandamiento con cal o con cal-soda, deben comprender: recepción, almacenamiento y conducción de productos químicos; apagado de la cal; alimentador de productos químicos; decantación del precipitado; recarbonatación; filtración; evacuación de los barros cloacales, etc.

Todo ello constituye un sistema complejo que exige un control continuo y mucho espacio, debiendo reservarse con tiempo el espacio necesario para las ampliaciones futuras.

En cambio, una planta de intercambio de bases requiere mucho menos espacio y el equipo puede ser más compacto, con controles casi automáticos y poco personal de mantenimiento. Además, el grado de ablandamiento puede variarse a voluntad, dentro de límites más amplios, pudiendo responder muy bien frente a demandas eventuales extraordinarias.

En el tratamiento con cal, se disminuye el total de sólidos del agua y queda dureza, en su mayor parte permanente, produciendo un agua tratada no agresiva. La eliminación de los barros cloacales constituye uno de los problemas más difíciles de resolver.

En el tratamiento por intercambio de bases, el total de sólidos en el agua permanece prácticamente igual, la dureza residual es preferentemente temporal y hay una tendencia a aumentar la corrosividad del agua. Además, no hay defensa contra los riesgos de contaminación porque no se eliminan bacterias como en el tratamiento con cal, y muchas veces suelen encontrarse más bacterias en el agua ablandada que en el agua dura. Es necesario tener también especial cuidado en la selección, transporte y manejo de la sal ya que puede ser otra vía de contaminación.

Como se ve por lo expuesto anteriormente, la diversidad de factores que intervienen en la selección del tipo de tratamiento que se va a utilizar hace que sólo mediante un estudio comparativo se pueda determinar el procedimiento más conveniente. Dicho estudio se tendrá en cuenta para el proyecto final.

Como criterio general, aconsejamos realizar dicho estudio comparativo considerando muy especialmente las características químicas del agua a tratar y sus variaciones extremas en las distintas épocas del año; la facilidad de ablandamiento del agua con uno u otro tratamiento; la posibilidad de evacuar los productos sobrantes, el espacio disponible, etc. Con base en todo ello y de acuerdo con los elementos locales disponibles, se deben preparar varios anteproyectos con sus presupuestos respectivos, cálculo de productos químicos necesarios, costo de los mismos, gastos de personal, gastos generales, inversión de capital, etc.

C. Eliminación de hierro y manganeso

El hierro y el manganeso se presentan generalmente juntos en ciertas aguas y su eliminación o reducción se efectúa también conjuntamente. El uso de aguas con elevado contenido de hierro y/o manganeso puede ocasionar una serie de inconvenientes, tales como: manchas en las ropas y en las instalaciones sanitarias; sabor desagradable en el agua; corrosión de cañerías metálicas y obstrucciones en las mismas, etc.

Si bien para algunas industrias se necesitan aguas prácticamente sin hierro ni manganeso, para los abastecimientos públicos generalmente pueden fijarse los siguientes límites máximos permisibles: 0,3 ppm para el hierro; 0,2 ppm para el manganeso, y 0,4 ppm para la suma de ambos.

Recordaremos brevemente a continuación, los métodos de eliminación de hierro y

manganeso que pueden utilizarse en el tratamiento de las aguas naturales, para eliminar o reducir su contenido:

- | | | | |
|--|---|---|-------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1) Por aeración <ol style="list-style-type: none"> a) Bandejas con coque b) Rociadores c) Inyección de aire 2) Por agregado de productos químicos <ol style="list-style-type: none"> a) Cal b) Cloro c) Permanganato de potasio 3) Por zeolitas <table border="0" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 10px;"> <ol style="list-style-type: none"> (a) De sodio (intercambio iónico) (b) De manganeso (oxidación) </td> </tr> </table> | { | <ol style="list-style-type: none"> (a) De sodio (intercambio iónico) (b) De manganeso (oxidación) | } Oxidación |
| { | <ol style="list-style-type: none"> (a) De sodio (intercambio iónico) (b) De manganeso (oxidación) | | |

En forma general, puede mencionarse que en algunas aguas, sobre todo profundas, el hierro se encuentra disuelto en estado ferroso, ya sea como bicarbonato o como sulfato, pudiendo ser precipitado fácilmente al pasar al estado férrico por simple aireación del agua, al eliminarse el contenido de CO_2 en la misma. En otras aguas el hierro aparece combinado con ácidos fijos o con materia orgánica y debe recurrirse al agregado de productos químicos (cal, cloro, etc.), para conseguir su precipitación, y finalmente, hay aguas que requieren procesos combinados para obtener la precipitación del hierro que contienen.

Algo similar ocurre con el manganeso que normalmente acompaña al hierro en este tipo de aguas aunque, en general, resulta algo más difícil de eliminar que el hierro.

Las aguas duras resultan más fáciles de tratar que las aguas blandas, ya que la presencia de materias orgánicas en éstas últimas crea dificultades. Cuanto mayor sea su contenido orgánico mayores las dificultades, dependiendo también el problema de la relación en que se encuentren el hierro y el manganeso.

El tratamiento por zeolitas o de intercambio iónico (ZeNa_2), solamente puede utilizarse con aguas limpias, que no den precipitados que impedirían el contacto necesario con la zeolita. La zeolita de

manganeso, que actúa por oxidación, tiene un campo de aplicación más amplio, y también ciertos productos filtrantes como la pirolusita (MnO_2), tienen la propiedad de provocar la oxidación catalítica de las sales ferrosas y manganosas.

Cada sistema tiene su campo de aplicación y si bien en base al análisis químico del agua a tratar y sus variaciones en las distintas épocas del año, puede preseleccionarse el tratamiento a seguir, nuestra opinión es que cada agua a tratar presenta un problema particular y que deben hacerse indefectiblemente diversos ensayos de laboratorio para poder elegir el procedimiento definitivo sobre el cual se proyectará la instalación correspondiente. Estimamos también que es muy recomendable en estos casos la construcción de una pequeña planta piloto, que teniendo en cuenta las condiciones locales y las disponibilidades de espacio, permita obtener factores de cálculo correspondientes al diseño de la planta definitiva.

D. Estabilización química contra la corrosión e incrustación

Es sabido que algunas aguas atacan y corroen las cañerías y las estructuras metálicas o de hormigón. Su acción se facilita principalmente cuando hay exceso de anhídrido carbónico y oxígeno disuelto.

Algunos autores utilizan la palabra corrosión para indicar el ataque del agua a las cañerías y a las estructuras metálicas, en tanto que emplean el término agresividad para designar el ataque químico que efectúa el anhídrido carbónico en las cañerías y estructuras de hormigón. Los fenómenos que se producen son sumamente complejos y aún hoy no están perfectamente aclarados.

Además, en el caso de los metales, el ataque puede deberse a otras causas, tales como: gases disueltos, efecto galvánico, corrientes vagabundas, erosión, etc.

Al contrario de lo que ocurre con las aguas agresivas, otras aguas producen depósitos de carbonato de calcio en las cañerías, recipientes, etc., es decir, fenómenos de incrustación, debido principalmente a la falta de anhídrido carbónico equilibrante.

En el presente trabajo nos interesa indicar las características que debe tener un agua tratada, para que no se produzca ninguno de los inconvenientes señalados.

Recordemos al respecto que en el agua puede haber anhídrido carbónico libre o combinado, y que a cada concentración de bicarbonatos de calcio y de magnesio, corresponde una concentración de anhídrido carbónico libre (CO_2 equilibrante), necesaria para evitar que los bicarbonatos se descompongan y precipiten como carbonatos. Si la concentración de anhídrido carbónico libre es superior a la concentración de equilibrio, la diferencia en exceso produce anhídrido carbónico agresivo (CO_2 agresivo), que será necesario neutralizar en la planta de tratamiento.

Para calcular el valor del CO_2 equilibrante de un agua dada, pueden utilizarse cuadros o gráficos, o bien realizar ensayos que permitan determinar experimentalmente la curva de equilibrio del carbonato de calcio (CO_3Ca) de esa agua, en función de la alcalinidad y de la temperatura, con medición del valor correspondiente al pH de saturación (pH_s).

Lo que interesa es suministrar un agua en equilibrio que no disuelva el CO_3Ca , sino que por el contrario precipite, si es posible, una pequeña película protectora de CO_3Ca sobre las cañerías, para evitar el ataque de las mismas, aunque sin llegar a producir incrustaciones. Esto puede conseguirse fácilmente efectuando la corrección final del pH del agua tratada mediante el agregado de cal, preferentemente después de la cloración, para llegar al pH_s o hasta 0,2 en exceso.

Como norma de diseño en plantas de

tratamiento de aguas superficiales, recomendamos prever la pre y postcalcinización, con dosificación de cal en el agua natural y/o en el agua decantada y en el agua filtrada.

En plantas pequeñas o medianas puede utilizarse cal hidratada en polvo, la que es suministrada en envases de papel de 50 Kg de peso, aproximadamente, y resulta muy práctica para almacenar y manipular. Los equipos dosificadores pueden ser del tipo "en seco" o "en suspensión acuosa", de accionamiento mecánico y regulación manual. Una objeción que debe recordarse es que los dosificadores "en seco" no resultan aconsejables en climas húmedos, debido a la propiedad higroscópica de la cal, que provoca apelmazamientos del material, con alteración de la dosificación.

En plantas medianas o grandes puede utilizarse cal viva (CaO), la que es recibida a granel, debiendo ponerse cuidado en su recepción, trituración, almacenamiento, conducción, apagado y dosificación. Deben adoptarse precauciones especiales para proteger al personal en los lugares donde se guarda la cal y se le manipula.

La adopción del sistema que se va a utilizar dependerá lógicamente de un estudio comparativo que tenga en cuenta, principalmente, las condiciones locales, equipo disponible, personal, provisión y costo de la cal viva o hidratada, gastos generales, inversión de capital, etc.

Finalmente, aunque su costo es a veces prohibitivo, indicaremos como otra forma de prevención, el empleo de inhibidores químicos agregados al agua tratada, tales como silicatos, fosfatos o metafosfatos. De ellos, el más usado es el hexametáfosfato de sodio (Calgon-Nalco-18, etc.), en dosis de 1 a 2 ppm, aproximadamente, para abastecimientos públicos.* que es lo que se llama "tratamiento umbral con hexametáfosfato".

*Véase el manual de la *American Water Works Association*, 1951, Pág. 304.

E. *Control de olores y sabores*

La razón principal para no suministrar agua con sabor u olor desagradable en un servicio público, estriba en el hecho muchas veces comprobado que el consumidor rechaza esa agua y recurre a una fuente no fiscalizada, con gran riesgo para la salud.

Por otra parte, el público consumidor siempre supone que cuando se alteran las condiciones organolépticas del agua, no hay tampoco garantía de su pureza microbiológica.

En aguas superficiales, las causas que pueden originar gustos y olores desagradables son generalmente: a) descargas cloacales y/o industriales próximas a las tomas de agua; b) desarrollo de microorganismos, especialmente en embalses y orillas de ríos.

En aguas subterráneas, es común un contenido de hierro superior al límite permisible, lo que da al agua un sabor estíptico, o bien la presencia de hidrógeno sulfurado (SH₂), de marcado olor pútrido.

En las plantas de potabilización de agua pueden señalarse dos causas principales de malos sabores y olores: a) dosificación deficiente de cloro, que puede llegar en cantidad excesiva al consumidor, y b) lavado deficiente de los filtros, que permite gran desarrollo de microorganismos.

Antes de aconsejar un tratamiento para la eliminación o corrección de un agua con sabores u olores desagradables, y como primera medida, debe recomendarse estudiar y encontrar la causa que los provoca. Muchas veces la eliminación o atenuación de dicha causa soluciona el problema o lo simplifica.

En cuanto a los métodos de tratamiento, pueden clasificarse en: a) métodos preventivos, y b) métodos correctivos.

Entre los métodos preventivos citaremos: control de descargas cloacales y/o residuales, para que se pueda regular la cantidad que entra en las tomas de agua; utilización de algicidas en lagos y embalses; correcta dosificación de cloro y correcto lavado de filtros en las plantas de potabilización, etc.

Entre los métodos correctivos que se pueden aplicar cuando los anteriores no sean eficientes y deba recurrirse necesariamente a ellos, debemos recordar: aireación; precloración; supercloración; carbón activado; ozono; arcillas especiales, etc. Cada uno de ellos tiene su propio campo de aplicación, dependiendo generalmente la elección del método más conveniente de las condiciones locales. Como norma de diseño, antes de decidir el método a utilizar, recomendamos efectuar ensayos de laboratorio y un estudio económico comparativo.

Tercera Parte

Conferencias pronunciadas durante el Seminario

OBJETIVOS DE LOS DISEÑOS DE PROYECTOS DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA*

RICHARD HAZEN

*Consultor, Hazen and Sawyer, Engineers,
Nueva York, N.Y., E.U.A.*

Puede decirse que el objetivo principal de la planificación y diseño de acueductos es ofrecer la seguridad de un abastecimiento de agua potable, continuo y adecuado, a un costo razonable. En esto termina la sencillez, no por las dificultades técnicas, sino por la incertidumbre de las necesidades futuras y por la inevitable acción recíproca de los objetivos por una parte y de la economía por otra. La extensión de los trabajos de plomería en la vivienda del consumidor, los arreglos para medir y pagar el agua, y los esfuerzos para controlar los escapes y desperdicios, ejercen mucha influencia sobre la demanda de agua, cualquiera que sea la ubicación y el tamaño de la ciudad.

Durante el Congreso Internacional sobre Abastecimientos de Agua, celebrado en Berlín en 1961, al comentar sobre el programa global de la Organización Mundial de la Salud para suministrar agua a las comunidades, el autor indicó que dicho programa no alcanzaría su propósito a menos que se establecieran normas realistas y se construyeran obras que hicieran frente a las verdaderas necesidades de las comunidades durante un tiempo razonable y se utilizaran en la mayor escala posible los materiales y recursos locales.

Estas observaciones no fueron sólo un argumento a favor de la economía, sino también un recordatorio de que pueden construirse sistemas de abastecimiento satis-

factorios sin necesidad de copiar las obras de Chicago o de Londres, y sin necesidad de instalar todos los aparatos modernos. Por otra parte, no se estaba aconsejando la construcción de acueductos de segunda clase. Sus comentarios se basaron sencillamente en la convicción de que es mejor construir sistemas modestos para hacer frente a las verdaderas necesidades de los consumidores, que planear obras elaboradas incapaces de cumplir sus propósitos en el futuro.

Otro factor importante es que, en la mayoría de las comunidades, la construcción de un acueducto nuevo y grande es una empresa de mayor envergadura, sujeta a presiones económicas, sociales, políticas, etc., las cuales, con frecuencia, son más difíciles de superar que los mismos problemas técnicos. Si las nuevas obras no son suficientemente amplias, y, años más tarde, la ciudad queda sin agua, los resultados pueden ser desastrosos. En América Latina, donde se contempla una financiación a largo plazo mediante el Banco Interamericano de Desarrollo y otras organizaciones, los argumentos a favor de "machacar mientras el hierro está caliente", y construir pródigamente, gozan de gran favor y son difíciles de refutar. La misma situación se dio en Estados Unidos durante los años de la depresión, cuando se hicieron concesiones federales por primera vez para construir obras previamente financiadas en su totalidad por los gobiernos locales. Sin embargo, si se aspira a utilizar fondos disponibles en

*Publicado en el *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, Vol. LV, No. 3 (1963), págs. 295-300.

beneficio de los países de Centro y Sur América, son esenciales el buen juicio y la restricción al decidir qué obras han de construirse y qué capacidad ha de tener cada una. Por consiguiente, el primer paso es decidir qué cantidad de agua se necesita y qué medidas deben tomarse para mantener el consumo dentro de limitaciones razonables.

¿Qué cantidad de agua se necesita?

Las estadísticas al respecto en América Latina muestran un consumo de agua *per capita* comprendido entre prácticamente cero y más de 400 litros diarios. El alcance de las necesidades reales es considerable, pero la gran discrepancia de las cifras se debe en parte a estadísticas no comparables o inexactas. En Río de Janeiro, Brasil, la cifra de 458 litros diarios por persona, notificada en 1959, sin duda incluía cantidades considerables de agua para uso industrial y comercial, y puede que no haya sido corregida en cuanto al agua obtenida por empleados y otras personas por medio de servicios medidos de sus patronos o vecinos. En Asunción, Paraguay, el consumo promedio de los clientes servidos por el sistema municipal es aproximadamente 125 litros diarios por persona. El 83% de estos servicios es medido, los servicios restantes proveen válvulas para controlar el gasto, limitando el consumo a 1.440 litros diarios. En estos casos ocurren escapes y desperdicios considerables que ascienden a una cantidad de agua no contabilizada de 25% a 40% del bombeo total.

Excepto en comunidades donde el consumo industrial o comercial es excepcionalmente grande, es difícil justificar un consumo por encima de 300 litros diarios por persona, aun en áreas donde se hallen los más modernos edificios de apartamentos y casas. En vecindarios más modestos, de

40% a 60% de esa cifra parece lo razonable, y en casas subestándar, o "ranchos" sin plomería, es más probable del 10% al 15%. Cuando el consumo de agua excede de estas cifras, es casi seguro que el exceso se debe a escapes y desperdicios. Estos son siempre costosos y constituyen cargas intolerables para ciudades con recursos de agua limitados. En sistemas anticuados, se necesita tiempo y dinero para localizar y reparar los escapes. Un servicio abandonado y con escapes es siempre causa de dificultades. Sin embargo, los escapes en sistemas de distribución nuevos, debieran ser hoy menos frecuentes que en el pasado, por contar con uniones mejor ajustadas y más flexibles para toda clase de tuberías.

En muchos lugares, las pérdidas por uso de fuentes o hidrantes públicos exceden el agua aprovechada. La información más interesante al respecto que ha llegado a nuestro conocimiento aparece en un reciente informe sobre un experimento hecho en Asunción, Paraguay,* con el grifo denominado "Fordilla". Este está diseñado para verter una cantidad determinada de agua en cada operación. Una presión sobre el émbolo hace surtir de medio litro a un litro de agua. El secreto está en que la presión dentro de la tubería madre cierra la válvula. Estos grifos no gotean. Tampoco pueden amarrarse para que permanezcan abiertos y provean un flujo continuo. El consumo de agua resultó ser, por término medio, de 35 a 40 litros diarios *per capita*, en contraste con 134 litros diarios *per capita*, durante el mismo período, del servicio doméstico convencional. Se colocan frente a las viviendas. La cantidad de agua diaria para una familia promedio puede obtenerse en menos de 30 minutos. Esto es mucho más

* E. K. G. Borjesson y Carlos M. Bobeda: *Un Nuevo Concepto sobre el Servicio y Distribución de Agua*, ("A New Concept in Water Service and Distribution"), Corporación de Obras Sanitarias de Asunción, Paraguay.

fácil que caminar hasta una fuente comunal y hacer cola para obtener el agua, pero, sin embargo, se requiere un esfuerzo suficiente para evitar el desperdicio.

A juzgar por la información presentada, el experimento de Asunción debiera ejercer verdadera influencia sobre la planificación de acueductos en América Latina. El informe debiera estudiarse cuidadosamente, no sólo para comprender el sistema propuesto, sino para obtener sugerencias sobre métodos y procedimientos de hallar información exacta sobre el consumo de agua. Debieran hacerse análisis similares en otras ciudades. La información obtenida de una muestra representativa y amplia de consumidores puede resultar más útil y digna de crédito que las estadísticas generales y dispares de consumo.

¿Para cuántos años deben planearse los acueductos?

Naturalmente, la contestación a esta pregunta depende de la situación en que se halle la ciudad respectiva, así como de qué partes del acueducto se pretende construir. La población de Centro y Sur América está creciendo a mayor ritmo que la de otras partes del mundo. Obviamente, en unas décadas más, las ciudades de América Latina serán mayores. Posiblemente, lo más importante sea evitar predicciones exageradas por parte de funcionarios y planificadores municipales entusiastas.

A riesgo de simplificar más de lo necesario, el autor propone que el abastecimiento de agua de ciudades y poblaciones sin acueductos, se proyecte para no más de 25 a 30 años. Respecto a ampliaciones de los sistemas existentes, de los cuales es mucho más fácil predecir la tendencia futura del consumo de agua, podrían tenerse en cuenta períodos más largos, pero, frecuentemente, no se justifica una construcción que pro-

duzca más del doble de la capacidad actual. Es conveniente planificar para más allá de estos límites, y deben hacerse esfuerzos para desarrollar las obras por etapas, de manera económica y en forma tal que se pueda hacer frente a las necesidades de los consumidores a medida que aumentan.

¿Cómo determinar el tamaño de los sistemas de distribución?

Al diseñar tuberías madres, no es necesario tener en cuenta las necesidades que pueda haber muchos años más tarde. Con el sistema de rejillas, las tuberías pequeñas pueden reforzarse a un costo razonable siempre que sea necesario, instalando tuberías madres paralelas o construyendo alimentadores circunferenciales para reforzar desvíos y terminales largos. Esa ha sido una práctica corriente en Estados Unidos, aun en sitios donde los requisitos para el flujo de agua contra incendios han impuesto el tamaño de las tuberías, y la demanda inmediata de agua es pequeña. En América Latina, la protección contra incendios no ha sido un factor importante, a pesar de que en algunos sistemas de distribución modernos se han instalado hidrantes de acuerdo con la práctica de Estados Unidos.

Las tuberías madres pueden ser más pequeñas en las ciudades de América Latina que en las de Estados Unidos. En el capítulo sobre abastecimiento público de agua, del libro "Práctica de Ingeniería Civil Americana",* aparece un cuadro que da idea de la práctica seguida en Estados Unidos. El cuadro indica el número de personas que puede servirse con una sola tubería madre de gradiente hidráulico supuesto. Donde se requiera protección contra incendios, la tubería madre satisfactoria más pequeña

* Abbett, Robert W., ed.: *American Civil Engineering Practice*. John Wiley & Sons, Nueva York, 1956 (Vols. 1 y 2)-1957 (Vol. 3).

es de 8 pulgadas de diámetro por lo general, aunque los ramales de 6 pulgadas alimentados desde dos direcciones sirven igualmente. Donde no se requiere protección contra incendios, una tubería madre de 4 pulgadas abastecerá de 500 a 1.000 personas, dependiendo del gradiente hidráulico que haya. Con una tubería de 6 pulgadas, el número de personas servidas varía de 1.000 a 2.000. Con tubería de 8 pulgadas, dicho número varía de 3.700 a 7.500, y con tubería de 12 pulgadas, de 8.500 a 17.000 personas.

En América Latina, con suministros medidos, un consumo promedio de 300 litros diarios por persona y máxima demanda de 600 litros por día y persona, el número de personas abastecidas por una tubería madre de un tamaño dado es, aproximadamente, 50% mayor que las cifras citadas. En ciertas áreas que no cuentan con plomería, parecidas a las ya citadas en Asunción, las tuberías madres servirían a siete u ocho veces más personas de las que pueden servirse en Estados Unidos. No obstante, debe notarse que, a pesar de que la demanda por persona en estas áreas es baja, los hábitos uniformes de vida crean demandas máximas de cinco a seis veces mayores que el promedio, y las tuberías madres deben ser de tamaño adecuado.

Al planear los sistemas de distribución para poblaciones y ciudades de crecimiento rápido, con frecuencia es ventajoso preparar dos diseños separados. El primero debe basarse en condiciones anticipadas para 25 años. El segundo debe mostrar tuberías madres para hacer frente a la demanda inmediata y a la demanda calculada para los próximos diez años. Generalmente, al comparar los dos diseños, es patente que las tuberías debieran ser de un tamaño mayor que el necesario y pueden ser paralelas o reforzadas de una manera económica más tarde.

Excepto en pequeñas comunidades, el

almacenamiento para distribución y las tuberías madres pueden construirse económicamente por etapas. Cuando el abastecimiento es nuevo y más que adecuado, se necesita poco almacenamiento. Luego, a medida que la demanda promedio se acerca al rendimiento seguro y la demanda máxima excede la capacidad de las obras de abastecimiento, puede obtenerse un almacenamiento adicional distribuido en varios depósitos en el sistema de distribución.

En la mayor parte de América Latina, el bombeo es relativamente caro debido al alto costo de los combustibles y de la energía eléctrica. Puede obtenerse economía en energía bombeando el agua a los depósitos de almacenamiento a presiones bajas y continuas, y suministrando a los lugares altos y aislados, o a los edificios, mediante bombas de refuerzo pequeñas. También el servicio eléctrico es mucho más seguro de lo que era hace unos años y puede esperarse que las estaciones de refuerzo automáticas rindan un buen servicio. Las bombas seleccionadas deben tener las características adecuadas para bombear la cantidad de agua deseada sin estrangulación, y a menudo se necesitan bombas paralelas de diversos tamaños. Debe estudiarse la posibilidad de instalar nuevos propulsores cuando es seguro que la demanda de agua y las condiciones de presión cambiarán en pocos años.

Si las obras están concebidas y hechas para suministrar agua continuamente y para tener agua a cualquier hora del día y de la noche, y para que no haya medios días "sin agua", ni racionamiento en algunas partes de la ciudad en días alternos, el sistema de distribución y de depósitos debe estar preparado para hacer frente a la demanda máxima. Al mismo tiempo, si la demanda máxima no se mantiene dentro de lo razonable mediante el control de desperdicios y escapes, la situación se hará imposible.

¿Qué factores deben tomarse en consideración al diseñar acueductos?

Por lo general, las obras de abastecimiento se diseñan para suministrar agua en menor cuantía que la demanda máxima, pero, en vista de que la operación total depende de ésta, se debe procurar que no haya interrupciones serias. Ningún proyectista se ha encontrado jamás con más agua cruda de la necesaria, excepto en sitios como Buenos Aires, al lado del Río de La Plata; Barranquilla, en el Río Magdalena; o San Luis, en el Río Missouri. Generalmente se confronta con flujos inadecuados, almacenamiento insuficiente o nivel de agua subterránea en rápido descenso. Con mucha frecuencia, los datos hidrológicos son pocos o inseguros, y no se sabe exactamente el rendimiento que se puede mantener. No obstante, en la práctica, es necesario con frecuencia hacer lo mejor que se pueda con el abastecimiento limitado y planear su refuerzo luego.

Frecuentemente, en Estados Unidos hay la alternativa entre un embalse de captación ubicado en una corriente pequeña, y el caudal no regulado de un río grande. En regiones áridas y semi áridas, la segunda solución se limita a los ríos más grandes, ya que durante el estiaje el caudal es pequeño.

En gran parte de América Latina, la situación no es tan favorable como en Estados Unidos para los embalses de almacenamiento, porque el sedimento de muchos ríos pronto llena de lodo los embalses y los inutiliza. Es posible que los embalses de almacenamiento ubicados cerca de la corriente principal, utilizados cuando la turbiedad es baja, sean la solución cuando la geología y la topografía son adecuadas. Con frecuencia, la capacidad del almacenamiento disponible en esa forma no es suficiente o cuesta mucho obtenerla.

Al considerar las alternativas de fuentes de abastecimiento y las posibilidades de

posponer la construcción de obras mayores, el proyectista debe investigar cuidadosamente coyunturas como las sugeridas a continuación:

1. Cuando una capa adecuada de agua subterránea se extiende sobre gran parte de la ciudad, deben abrirse pozos según sea necesario y conectarlos directamente al sistema de distribución. En esa forma se combinan las funciones de transmisión y distribución, y las múltiples fuentes de abasto permiten el uso de tuberías madres de menor tamaño. Sin embargo, si se cree que habrá que eliminar hierro y ablandar o filtrar el agua, podría resultar más económico descargar toda el agua cruda en una sola planta para su tratamiento.

2. Cuando los recursos de agua subterránea son satisfactorios, si bien limitados, y pueden aprovecharse económicamente, debe estudiarse la posibilidad de aumentar el abastecimiento mediante el refuerzo de las reservas durante la estación de lluvias. Esa recarga puede hacerse por medio de canales de corrientes naturales o cuencas artificiales y filtros.

3. Con abastecimientos superficiales, las posibilidades son casi ilimitadas: a) Un aprovechamiento inicial de un río pequeño, adecuado a las necesidades inmediatas, construyendo un embalse de retención más tarde. b) La construcción, por etapas, de una presa para aumentar la capacidad del embalse, a medida que sea necesario. En la actualidad, este procedimiento es menos común que antes, en especial cuando la carga adicional puede usarse para producir energía eléctrica. c) Un embalse inicial de retención con provisión para bombear o desviar agua de cuencas de drenaje vecinas hacia el embalse a medida que se necesite mayor rendimiento. d) Una tubería inicial hasta un río lo bastante grande para hacer frente a la demanda inmediata y alargar después la tubería hasta otra fuente mayor.

Este procedimiento es tan obvio que escasamente necesita mención.

Al planear un proyecto por etapas, la regla cardinal es tener una fuente última que satisfaga todas las demandas durante muchos años. La gente aceptará una etapa inicial y quizás una segunda etapa intermedia que rinda una cantidad de agua menor que la esperada si ello puede obtenerse a cambio de economías considerables. Pero cuando el consumo de agua ha llegado al punto en que la comunidad puede sostener un programa de abastecimiento de agua a largo plazo, no debe haber dudas en cuanto a que es el que debe adoptarse.

Objetivos de la calidad del agua

Primero, el agua ha de ser pura y estar libre de gérmenes patógenos. Esto puede obtenerse mediante cloración o filtración y cloración, dependiendo de la fuente. En casos muy raros, puede que se necesite poca o ninguna cloración, según se ha visto en Europa y en algunos sitios de Estados Unidos. Sea cual fuere el método de tratamiento, si el servicio de agua está sujeto a interrupciones por baja presión en la red de distribución, ninguna clase de tratamiento evitará la contaminación por aguas negras. Por lo tanto, nuestro primer objeto en cuanto a calidad es un abastecimiento adecuado.

En América Latina, es necesario filtrar la mayoría de las aguas superficiales debido a su grado de turbiedad. El color puede eliminarse, al mismo tiempo que se cumplen las normas bacteriológicas, mediante cloración adecuada. El consumidor advierte pronto la turbiedad, si excede las cinco unidades. Además ésta interfiere con el funcionamiento de los medidores y válvulas, y causa dificultades de mantenimiento. El color es indeseable pero no crítico hasta que alcanza 15 ó 20 unidades. Si el agua es

satisfactoria en otros sentidos, no es necesario exigir inmediatamente la eliminación del color en las nuevas obras para comunidades pequeñas. El hierro, a pesar de que no tiene significación sanitaria en la concentración en que, por lo general, se encuentra, puede causar muchas dificultades. Afortunadamente, el manganeso, mucho más difícil de eliminar, es menos común.

Dentro de la planta de tratamiento en sí, lo principal es la higiene y una operación económica. Esto es más importante que un grado de pureza en extremo elevado, y el proyectista debe proceder en consecuencia. En muchas partes de América Latina es necesario presedimentar el agua para evitar la carga de sedimento y ahorrar coagulante. La limpieza del tanque es una tarea que si se descuida, puede obstruir la producción de agua. Varios de los aditamentos mecánicos probados para ello, han resultado muy livianos y de funcionamiento incierto. Hay una verdadera necesidad de equipo de confianza y económico para eliminar el sedimento.

Por lo general, la eficacia de la coagulación y de la sedimentación se mide por la cantidad de coagulante requerida e, indirectamente, por el rendimiento del filtro. Pueden obtenerse buenos resultados con tanques de flujo horizontal convencional o de los más modernos de flujo ascendente o unidades de contacto sólido. Estas últimas son más pequeñas y su construcción puede costar un poco menos. Sin embargo, a veces son más difíciles de operar y generalmente requieren mayor gasto de mantenimiento. A menudo son la mejor solución en plantas pequeñas. En plantas grandes no ofrecen grandes economías.

El diseño básico de los filtros ha cambiado poco durante los últimos cincuenta años. Pueden construirse y operarse para producir casi cualquier effluente que se necesite. Para algunos procedimientos industriales se nece-

sita un agua sumamente refinada, y muchas plantas municipales la producen excepcionalmente pura. Hay considerable actividad en Estados Unidos dirigida hacia el mejoramiento de los requerimientos de la calidad del agua.

En la cloración, nada es tan importante como la alimentación y regulación continua para lograr una segura dosificación mínima de adecuada duración. La seguridad es el objetivo principal y se debe tener siempre a mano equipo de reserva.

Para terminar, unas palabras sobre la calidad del agua cruda. En las áreas pobladas, las corrientes y fuentes de agua se encuentran sujetas a más y más contaminación, y la calidad del agua se está deteriorando. Indudablemente, esa tendencia seguirá a pesar del tratamiento de las aguas cloacales y de los desechos industriales.

Puede que, en la actualidad, el problema sea más serio que antes; sin embargo, no es nuevo. Desde los primeros días de la historia de la purificación del agua, los ingenieros sanitarios han tenido que escoger entre fuentes pequeñas y caras, pero de buena calidad, y fuentes grandes cercanas, si bien de agua menos conveniente. A medida que el consumo de agua vaya aumentando, se recurrirá más a los ríos grandes y habrá más demanda para que el agua se purifique. No hay que desesperar. Si los métodos y el equipo de tratamiento disponible en la actualidad se utilizaran con un poco más de cuidado, el agua contaminada podría convertirse en agua de excelente calidad. Las mejoras que se hagan en el futuro, quizá en el aspecto físico, si bien más probablemente en el químico, debieran brindar un margen de seguridad aún mayor.

EL ABASTECIMIENTO DE AGUA A BUENOS AIRES Y SUS PROBLEMAS

M. A. MARZINELLI

*Jefe de División, Dirección de Estudios y Proyectos
Obras Sanitarias de la Nación, Buenos Aires, Argentina*

RESUMEN*

Este trabajo presenta un análisis detallado del desarrollo del abastecimiento de agua a Buenos Aires, desde la construcción del primer sistema público, en 1869, hasta el momento actual.

En ese año, se traía el agua desde el Río de la Plata, llevándose a cabo el abastecimiento por medio de surtidores públicos ubicados en las plazas y mercados, en las principales calles cada cuatro cuadras, y en todos los hospitales y edificios públicos. El tratamiento del agua incluía sedimentación y filtración lenta de arena.

El establecimiento, denominado Planta Ricoleta, fue más tarde ampliado para servir una población de 400.000 habitantes, con una dotación de 182/litros/habitantes/día, o sea, una producción total de 72.700 m³. Posteriormente fue ampliada de nuevo, llegando a alcanzar una capacidad de tratamiento de 250.000 m³/día, y en 1928 el servicio fue abandonado.

El actual Establecimiento Libertador General San Martín comenzó a funcionar parcialmente en 1913 y también se provee de agua del Río de la Plata. El proyecto contemplaba llegar a servir 6.000.000 de personas, con

una dotación de 300/litros/habitante/día, o un total de 1.800.000 m³. Consistía de una nueva torre de toma, ubicada frente a Palermo, a unos 1.000 metros de la margen del río; tanques de floculación con tabiques; depósitos de decantación y filtros lentos de arena. En 1918, debido a mayores exigencias de consumo, se inició la transformación de los filtros lentos en rápidos. De nuevo en 1924 fue necesario efectuar mejoras y se preparó un proyecto que contemplaba el aumento de la capacidad de tratamiento a 3.000.000 m³/día, por un período de 40 años. La primera etapa se completó en 1928, elevándose el caudal diario del establecimiento a 1.000.000 m³.

El trabajo del Ing. Marzinelli contiene datos sobre las adiciones y las mejoras que se hicieron a través de los años, incluyendo la construcción de una fábrica de coagulante y la instalación de conductos de madera para conducirlo hasta el Establecimiento Palermo. También se describen las mejoras realizadas en la capacidad de las bombas y la instalación de cuatro depósitos elevados emplazados en la ciudad.

Hoy en día, la planta trata un promedio diario de 2.000.000 m³ en 12 decantadoras de corriente horizontal que permiten una permanencia de 2 horas y 40 minutos, y 10 baterías de filtros rápidos integradas por 94 unidades, logran una velocidad media de filtración de 6 m³/m² por hora. Se construirán dos nuevas baterías de filtros que

* El trabajo completo del Ing. Marzinelli fue publicado en *Saneamiento*, Revista de Obras Sanitarias de la Nación, año 27, No. 192 (enero-febrero-marzo/63), Buenos Aires, Argentina. Págs. 29-38.

harán que la superficie total cubierta sea de 18.750 m². El agua sedimentada se somete a cloración.

La capacidad para el pretratamiento se aumentará por medio de cuatro decantadores de corriente vertical, con una superficie de 3.360 m², de lo que resulta una carga super-

ficial de 4 m³/m² por hora, y un período de retención de 1 hora y 5 minutos solamente.

Las obras de reformas que están en construcción harán que la planta tenga una capacidad de 2.330.000 m³ diarios, para servir un área de cerca de 1.900.000 Km², donde habitan 6.500.000 personas.

PROBLEMAS RELATIVOS A LA CALIDAD DEL AGUA EN AMERICA LATINA

FAUSTO GUIMARÃES

*Asistente del Instituto de Ingeniería Sanitaria
Río de Janeiro, Brasil*

Hasta hace pocos años, los sistemas de abastecimiento de agua en la mayoría de los países latinoamericanos funcionaban de manera satisfactoria, casi exclusivamente, en la capital del país y en las ciudades más importantes. En las poblaciones menores su calidad era muy deficiente, y en las áreas rurales la situación era aún peor, como era de suponer.

En muchísimos casos, los sistemas de abastecimiento de agua eran propiedad de las autoridades municipales, quienes cuidaban de su funcionamiento, y la influencia de la política local, entre otras causas, contribuía a que algunos de estos servicios estuvieran mal administrados. En la mayoría de los países latinoamericanos, el ministerio o secretaría de salud, a través de su división o departamento de ingeniería sanitaria o de saneamiento ambiental, ejercía cierto control sanitario del agua suministrada a la población. En la práctica, ese control no era muy perfecto porque los organismos encargados de la ingeniería sanitaria no tenían la fuerza necesaria a causa de la escasez de fondos, de personal competente, de instalaciones de laboratorio y de otros medios que les permitieran realizar su trabajo de modo satisfactorio. En dichos casos, la situación podía resumirse en los siguientes términos: deficiente administración local de los servicios de abastecimiento de agua y control sanitario ineficiente por parte de los organismos gubernamentales.

Durante la última guerra se llevaron a cabo programas de salud de tipo cooperativo

entre los Estados Unidos de América y la mayor parte de los países latinoamericanos. Gracias a esos programas fue cada vez mayor el número de ingenieros latinoamericanos que pudieron seguir cursos de adiestramiento posgraduado en ingeniería sanitaria. Posteriormente, algunos países latinoamericanos organizaron su propia enseñanza posgraduada en ingeniería sanitaria.

En la América Latina, el desarrollo económico de la posguerra, la expansión demográfica y la elevación del nivel de vida de su población, la importancia conferida al saneamiento básico en los programas de salud y el creciente número de ingenieros sanitarios, hicieron que cada vez se sintiera con mayor apremio la necesidad de mejorar en cantidad y en calidad los abastecimientos de agua.

Casi todos los países latinoamericanos tienen un sistema de gobierno centralizado; de ahí que en algunas naciones se observara la tendencia a que las autoridades encargadas de los asuntos de agua tuviesen jurisdicción en todo el país. El fenómeno no era completamente nuevo, pues esta clase de organización existía desde hacía bastante tiempo, por ejemplo, Obras Sanitarias de la Nación, en Argentina, y Obras Sanitarias del Estado, en el Uruguay, ambas perfectamente conocidas. En México y Colombia, se concedieron a la Secretaría de Recursos Hidráulicos y al Ministerio de Fomento, respectivamente, medios suficientes para ejercer un control eficaz del abastecimiento de agua en dichos países. Esos organismos disponen de fondos y de personal para

planificar, construir y operar sistemas de abastecimiento de agua.

El modo de mejorar los sistemas de abastecimiento de agua ya existentes pero mal administrados, consistió en facilitar a la mayoría de esos sistemas los medios necesarios para ampliaciones, reformas, etc. El hecho de haberse obtenido fondos con préstamos a largo plazo de las organizaciones centrales, o gracias a sus gestiones, dieron lugar a que esas organizaciones tuvieran intervención en la administración local del servicio en garantía de las inversiones realizadas.

Por ejemplo, en un país, el organismo de asuntos hidráulicos pondrá en ejecución un programa para la instalación de 16 laboratorios de control del agua en todo el país, a fin de controlar la calidad del agua en más de 700 sistemas de abastecimiento de agua. Como esos poderosos organismos de control no dependen del ministerio de salud pública ni de su división de ingeniería sanitaria, los funcionarios de salud tendrán cada vez menos intervención en el control de la calidad del agua, para convertirse progresivamente en instituciones puramente normativas. En algunos casos, aun los exámenes del agua, que en teoría tienen que ser certificados por ellos, raras veces los llevan a cabo ellos mismos, sino que se dan por satisfechos con una copia de los análisis realizados por otros laboratorios.

Esta tendencia a despojar a las autoridades de salud de la solución de los problemas de agua, incluyendo el control de la calidad, puede observarse en varios países latinoamericanos, y debe ser considerado detenidamente. Ello pudiera reflejar una creciente inconformidad entre los grupos de ingenieros sanitarios de América Latina sobre lo que ellos consideran como atención negligente que algunas autoridades de salud dan a problemas básicos de saneamiento tales como el agua y el alcantarillado.

En la actualidad hay en la América Latina cuatro clases de laboratorios que

intervienen en el control de la calidad del agua:

1. *Laboratorios centrales de agua.* Generalmente, éstos forman parte de los organismos centrales de control del agua o de departamentos municipales de aguas. A veces están instalados en una planta de tratamiento de agua, en cuyo caso se ocupan también de controlar su funcionamiento. En general, tanto el equipo como el personal es satisfactorio, y, además de sus tareas ordinarias, realizan algunas investigaciones sobre problemas relativos al agua.

2. *Laboratorios de plantas de tratamiento.* La mayoría de ellos son del tipo tradicional que sólo se ocupa del funcionamiento de la planta. No obstante, nosotros visitamos uno de esos laboratorios que controlaba además la calidad del agua en el sistema de distribución, según las normas más estrictas.

3. *Laboratorios de salud pública.* Algunos tienen solamente una sección para pruebas bacteriológicas, mientras que las pruebas químicas se realizan en otro laboratorio, por ejemplo el de bromatología, lo cual representa ya un proyecto más complicado. En algunos laboratorios de salud pública las secciones de análisis del agua no están muy desarrolladas y a veces existe la tendencia a postergar los exámenes del agua para dar prioridad y urgencia a los ensayos médicos.

4. *Laboratorios de escuelas.* Estos suelen formar parte de una escuela de salud pública o de ingeniería. Pueden trabajar más o menos esporádicamente, según los programas docentes, pero en la actualidad tienden a trabajar con carácter más permanente para ciertos organismos gubernamentales, de suerte que las instalaciones de laboratorio se utilizarán continuamente.

En la mayoría de los países latinoamericanos visitados hay normas de agua que, a los efectos de su comparación, se indican en el cuadro adjunto. Cuando no aparecen normas en el cuadro es porque se

emplean como guía primordial las del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de América.

Los métodos analíticos adoptados suelen ser los de las normas norteamericanas (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*). En algunos laboratorios no se han adoptado las modificaciones radicales introducidas en las dos últimas ediciones de las normas arriba mencionadas y siguen empleándose los métodos anteriores. En dos países, las pruebas bacteriológicas se llevan a cabo según el método británico de Wilson, que emplea el caldo de McConkey para la inoculación primaria de la muestra de agua.

Los filtros de membrana para las pruebas bacteriológicas se han empleado sólo en escala experimental. Una de las razones alegadas para explicar este hecho es el precio relativamente elevado de las membranas; sin embargo, en algunos países se proyecta usarlas en trabajos de campo.

Existe la tendencia a recoger un número mínimo de muestras según las normas del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de América para la población abastecida. Hay algunos casos en que se recoge un número de muestras superior al mínimo exigido.

En casi todos los países latinoamericanos se procura tener mejor personal para operar y controlar las plantas de tratamiento del agua y también para tener laboratorios mejor equipados y dotados de personal más competente. En varios países se dan cursos

para operadores de plantas hidráulicas, con asistencia, en algunos de ellos, de estudiantes de otros países.

Por lo que respecta a la calidad bacteriológica del agua en la América Latina, los problemas más importantes son los planteados por la contaminación del agua por las aguas servidas y los desechos. En relación con esto, en la mayoría de los países existen dos fuentes de importancia: una proviene de la presión intermitente en las cañerías, que puede permitir la entrada de aguas servidas que lleven contaminación local, a veces muy considerable, y otra son los depósitos o tanques domiciliarios, especialmente los subterráneos mal contruidos o defectuosamente conservados.

Resumiendo estas breves consideraciones puede decirse:

1. Que aumenta en América Latina la preocupación por el control de la calidad del agua y por los criterios sobre la calidad del agua.
2. Que en estos últimos años se ha trabajado mucho en este problema.
3. Que la calidad del agua en América Latina puede y debe mejorarse. Algunos países se preocupan mucho por este problema y es seguro que se realizarán grandes progresos en los próximos 5 ó 10 años.
4. Es preciso mejorar el intercambio de información entre los países latinoamericanos sobre los problemas de la calidad del agua, a fin de que sus experiencias puedan ponerse a la disposición de otros países que confrontan problemas análogos.

CUADRO I
NORMAS DE AGUA POTABLE EN ALGUNOS PAISES LATINOAMERICANOS

PAIS Y ORGANISMO	CALIDAD																OBSERVACIONES																
	QUÍMICA (concentración = mg/l)																																
	FÍSICA								QUÍMICA																								
Color	Turbidez	Sabor	Olor	Número del olor umbral	pH	Alcalinidad	Dureza Total (CaCO ₃)	Sólidos Totales	Hierro (Fe)	Hierro + Manganeso (Fe + Mn)	Manganeso (Mn)	Cobre (Cu)	Zinc (Zn)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Sulfato (SO ₄)	Cloruro (Cl)	Magnesio + Sulfato Sódico	Fenol	Alquil Benceno (ABS)	Extracto de Cloroformo	Nitrato (NO ₃)	Plata (Ag)	Plomo (Pb)	Selenio (Se)	Cromo (Cr. hexav.)	Cloruro (CN)	Fluoruro (F)	Vanadio (V)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)		
MEXICO Secretaría de Salud- bidad y Asistencia	20	10	inobjet.	inobjet.	6,0 a 8,0	(a)	300	Pref. 500 1.000	0,3	0,3	*	3,0	15,0	125	250	250	250	0,001	0,001	*	*	*	*	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05	1,5	1,5	1,0		
GUATEMALA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
COLOMBIA Ministerio de Salud Pública	20	10	inobjet.	inobjet.	7,0 a 10,6		1.000	1.000	0,3	0,3		3,0	15,0	125	250	250	250	0,001	0,001					1,0	0,10	0,05	0,05	0,05	1,5	1,5	1,0		
ECUADOR Servicio Sanitario Nacional	15	5	inobjet.	inobjet.			disuelto: 500	disuelto: 500	0,3	0,3	0,05	1,0	5,0	250	250	250	250	0,001	0,001	0,5	0,2	45	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
PERU Ministerio de Salud Pública y Asisten- cia Social	20	10	inobjet.	inobjet.	<10,6	en CO ₃ = 120	Pref. 500 1.000	Pref. 500 1.000	0,5	0,5		3,0	15,0	125	250	250	250							0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	2,0	2,0			
CHILE Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización	20	10	inobjet.	inobjet.	<10,6	(a)	disuelto: 500	disuelto: 500	0,3	0,3		3,0	15,0	125	250	250	250	0,001	0,001					0,05	0,10	0,05	0,05	0,05	1,5	1,5			
ARGENTINA Obras Sanitarias de la Nación	12	2	inobjet.	inobjet.		30	2.000	2.000	0,3	0,3	0,20	0,2		300	700	300	700							0,12	0,05				2,0	0,5			
URUGUAY Obras Sanitarias del Estado	30	10	inobjet.	inobjet.		(a)			0,3	0,3		3,0	15,0									100		0,10	0,10	0,05		1,5					
BRASIL Estado de São Paulo	10	2	inobjet.	inobjet.			500	500	0,3	0,3				250	250	250	250					10 en N											
INTERNACIONAL o.m.s.	5	5	inobjet.	inobjet.	7-8,5 6,5-9,2		500	1.500	1,0	1,0	0,1	1,0	5,0	15,0	200	150	400	500	500	0,001			(h)					1,0					
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA Servicio de Salud Pública	15	5	inobjet.	inobjet.			disuelto: 500 (f)	disuelto: 500 (f)	0,3	0,3	0,05	1,0	5,0	15,0	200	150	400	1.000	1.000	0,002			45	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,5	1,5	1,0	0,01	0,01
EUROPA o.m.s.			inobjet.	inobjet.					0,1	0,1	0,1	(i)	5,0	(j)			250	350	0,001			50	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,01	1,5	1,5	0,05	0,05	

* Emplean como guía las normas de agua potable del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de América.

OBSERVACIONES SOBRE EL CUADRO I
Normas de agua potable en algunos países latinoamericanos

- (a) En aguas tratadas químicamente hay tres requisitos con respecto a la alcalinidad:
I. La alcalinidad fenolftaléinica (CaCO₃) no debe ser mayor de 15 mg/l más 0,4 veces la alcalinidad total.
Este requisito limita el pH permisible a aproximadamente 10,6 a 25°C.
II. La alcalinidad carbonada normal no debe ser mayor de 120 mg/l. Este requisito puede ser cumplido con diferente pH y valores de alcalinidad total según el cuadro A.
III. Si el exceso de alcalinidad es producido por tratamiento químico, la alcalinidad total no debe exceder a la dureza en más de 35 mg/l calculada en CaCO₃.

Cuadro A

Margen del pH	Límite de la alcalinidad total mg/l (CaCO ₃)
8,0-9,6	400
9,7	340
9,8	300
9,9	280
10,0	230
10,1	210
10,2	190
10,3	180
10,4	170
10,5-10,6	160

(b) MEXICO: otros límites en mg/l
Cloro libre (Cl): 0,2-1,0
Amoniaco 0,50
Aluminoide 0,10
Nitrógeno Nitrito 0,05
Nitrato 5,00
Oxígeno consumido 3,00
Dureza no carbonada 1,50

Cuadro B

Promedio anual de la temperatura diaria máxima del aire Grados F	Límites de control recomendados Concentraciones de fluoruro en mg/l	
	bajas	altas
50,0-58,7	0,9	1,2
58,8-58,3	0,8	1,1
58,4-63,8	0,8	1,0
63,9-70,6	0,7	0,9
70,7-79,2	0,7	0,8
79,3-90,5	0,6	0,7

(c) Un promedio de concentraciones más de 2 veces mayor que los valores óptimos del cuadro B, será motivo suficiente para rechazar el suministro.
BRASIL:
Oxígeno consumido 2,50

(d) Los límites calificados de "permisibles" se aplican a un agua que en general será aceptable para los consumidores.

(e) Los valores mayores que los señalados como "excesivos" perjudicarán notoriamente la potabilidad del agua.

(f) Las sustancias enumeradas no deben estar en el agua más allá de los límites indicados siempre que existan otros suministros de agua más apropiados o si éstos pueden obtenerse a un costo prudencial.

(g) Cuando existan otros suministros de agua más apropiados a un costo prudencial, estos límites quedarán reducidos a: arsénico, 0,01; cianuro, 0,01.

(h) Cuando conste que el contenido de nitrato es superior al límite especificado, deberá avisarse al público de los peligros que encierra el empleo del agua para la alimentación infantil.

(i) En niños menores de 1 año, 50-100 puede ocasionar metahemoglobinemia infantil.

(j) No más de 16 horas de contacto con las nuevas cafeterías.

(k) No más de 30,0 si hay más de 250 de sulfato; si hay menos sulfato puede permitirse magnesio hasta 125.

DISEÑO FUNCIONAL EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

CHARLES R. COX

*Consultor de la Organización Mundial de la Salud y de la
Agencia para el Desarrollo Internacional*

I. INTRODUCCION

La práctica de la ingeniería sanitaria se va haciendo más universal y coordinada debido a la influencia de una literatura que aumenta constantemente. Sin embargo, la riqueza de detalles técnicos y de refinamientos representa un reto, especialmente cuando se evalúan para aplicarse en un ámbito internacional. El desarrollo de "normas mínimas para prácticas de diseño" o "guías para diseño" realizadas por sociedades técnicas en varios países, ha aclarado la manera de pensar con referencia al aspecto básico de la práctica. Sin embargo, es un deber fundamental de cada ingeniero diseñador seleccionar los detalles de diseño y adaptarlos a las condiciones y necesidades específicas y económicas de la población a ser servida.

La clave para adaptar la práctica de diseño técnica y económicamente a las condiciones locales parece ser el énfasis sobre la "función" más que sobre la estructura. La palabra "función" implica todos los detalles referentes a tratamiento de agua, operación y control de los procedimientos seleccionados, estructuras adecuadas que han de servir de ambiente a dichos procedimientos, y una base económica para el financiamiento adecuado de la construcción, operación, mantenimiento y personal administrativo. Esto contrasta con los diseños basados principalmente en la ingeniería estructural.

Por consiguiente, el diseño de obras de tratamiento no debe ser un concepto estructural estático, sino un concepto global,

que abarque todo el problema de proveer las facilidades necesarias para transformar un agua cruda específica en agua potable aceptable, dentro de las limitaciones del ambiente que rodea al sistema de abastecimiento de agua en particular.

Las limitaciones locales no pueden ser ignoradas, a pesar de que podrían limitar seriamente al diseñador al tratar de realizar un desarrollo atrayente, siguiendo la práctica de diseño moderna. Es muy probable que esas limitaciones representarían un reto para los proyectistas jóvenes, quienes, naturalmente, deben compensar su inexperiencia por medio del uso de la práctica recomendada en la literatura más reciente. Lamentablemente, el desarrollo de una práctica atrayente para el diseñador implica, por lo general, el uso de procedimientos más técnicos y costosos destinados a áreas de mayor capacidad económica. En consecuencia, las limitaciones económicas en muchas partes del mundo eliminan el uso de prácticas avanzadas y, de hecho, frecuentemente requieren que el diseñador transija y simplifique, para poder hacer frente más adecuadamente a las necesidades de agua potable de la comunidad. No obstante, el asunto es que esa transacción debe ser un reto para el diseñador, y no una excusa para seguir ciegamente el diseño del "texto" en forma indiscriminada. Aquí, nuevamente, la clave es el enfoque funcional, con el fin de hacer frente a las necesidades locales. En otras palabras, el diseñador debe ocupar más tiempo y esfuerzo evaluando alternativas, o realizando ensayos sobre procedi-

mientos de tratamiento en plantas pilotos precisamente cuando hay limitación de fondos y cuando no hay personal técnico experimentado.

El programa internacional de abastecimiento de agua de la Organización Mundial de la Salud, de su Oficina Regional para las Américas, la Organización Panamericana de la Salud, y de la Agencia para el Desarrollo Internacional (EUA), ha enfocado la atención sobre el dilema encarado por el ingeniero proyectista.

Por consiguiente, a continuación aparecen breves referencias a aspectos de diseño a fin de explicar cómo el enfoque funcional habilita al diseñador para utilizar tanto lo antiguo como lo moderno, lo fácil como lo complicado, para poder enfrentarse mejor a las condiciones locales y desarrollar una coordinación adecuada entre procedimientos técnicos, estructuras, operación, mantenimiento y financiamiento. La mejor selección, repetimos, no es necesariamente la más moderna sino la que más convenga a las necesidades locales.

II. FUNDAMENTOS DEL DISEÑO

Posiblemente, el problema de diseño más difícil en muchos países es el de calcular las tendencias de la población futura y el consumo de agua correspondiente. En la mayoría de las ciudades del mundo, el crecimiento explosivo de la población produce necesidades presentes que exceden los fondos disponibles, debido a la negligencia anterior de no prever dicho crecimiento y de no tomar en cuenta las necesidades futuras, a las que hay que hacer frente en todo diseño práctico. Con frecuencia, la negligencia pasada y los problemas presentes están relacionados con el financiamiento, administración y operación, y no con los aspectos técnicos del diseño. Por lo tanto, el programa mundial de abastecimiento de agua ha hecho hincapié en estos urgentes problemas.

El rápido crecimiento de la población y el consumo de agua correspondiente han obligado a muchas municipalidades a limitar el suministro de agua, de manera que el consumidor recibe solamente un servicio por horas. Ello, por sí solo, es suficientemente serio. Sin embargo, hay otro aspecto igualmente delicado, que es la contaminación secundaria del agua que ocurre en las tuberías públicas y en las instalaciones internas, causada por el contrasifonaje debido a presiones nulas o negativas durante los períodos en que se suspende el servicio. Esto último anula el tratamiento costoso del abastecimiento. Por consiguiente, muchos administradores confrontan la alternativa de servir parcialmente a todos los consumidores o de servir totalmente a un número limitado de ellos. Muchos opinan que los sistemas de distribución no deben ampliarse cuando no se cuenta con un abastecimiento suficientemente amplio para dar servicio de 24 horas diarias a los consumidores servidos en la actualidad.

Frecuentemente, la urgente necesidad de agua ha conducido a escoger un curso de agua como fuente de abastecimiento solamente porque dicho curso está convenientemente ubicado y es de amplia capacidad. Sin embargo, esa selección acarrea problemas de tratamiento, costo de operación y de personal administrativo en la planta respectiva. Por lo tanto, las fuentes de aguas superficiales deben estudiarse como alternativas, con la esperanza de que pueda evitarse el tratamiento y simplificarse la operación, limitándola a bombeo y a una posible cloración. No obstante, ocurre con frecuencia que el tratamiento de aguas subterráneas, altamente mineralizadas, resulta más costoso que la filtración de aguas superficiales.

Por consiguiente, es evidente que se deben estudiar todos los aspectos de las fuentes potenciales de abastecimiento, incluyendo entre ellos las características del agua cruda. A menudo, los proyectistas olvidan esto último, especialmente los que

no cuentan con facilidades de laboratorio. Por esa razón, el diseño funcional debe incluir estudios que determinen el tipo y grado de tratamiento, tomando en cuenta las limitaciones presupuestales y de personal de operación.

III. DETALLES DEL DISEÑO

Podrían considerarse muchos detalles de diseño. Los siguientes han sido escogidos para ilustrar la presente tesis:

a) *Sedimentación simple*. Se ha prestado muy poca atención a la eliminación del sedimento mediante la sedimentación simple, ya sea para reducir la carga de plantas de filtración rápida con arena que tratan aguas de alta turbidez, o para justificar el uso de plantas de filtración lenta con arena, o aun para producir agua de turbidez reducida que pueda someterse únicamente a tratamiento por cloración. Esto último es especialmente indicado en comunidades que cuentan con fondos muy limitados para financiar el costo de construcción de plantas de filtración y el costo de materiales químicos de operación y de personal administrativo. Una alternativa atrayente es la de utilizar pozos cercanos a las márgenes de los ríos para que sirvan como galerías filtrantes y que la filtración natural del agua filtrante provea suficiente clarificación, a pesar de que frecuentemente sea necesaria la cloración.

b) *Floculación*. A pesar de que se han realizado extensas investigaciones y desarrollos durante años, se está prestando muy poca atención a la necesidad de agitar suavemente las aguas tratadas con coagulantes para obtener una floculación eficaz. En parte, ello se debe al extenso uso en el pasado de depósitos mezcladores con tabiques que imponen tanta pérdida de carga que sus períodos han tenido que limitarse a cinco minutos o menos. Por ejemplo, si se utilizara la práctica actual, un depósito que provea 30 minutos de retención, a una velo-

cidad de flujo promedio de 0,30 m por segundo, requeriría canales deflectores de 540 m de largo. Naturalmente, esa situación ha conducido al desarrollo de floculadores mecánicos que se localizan en depósitos que proveen 20 a 30 minutos de retención. Sin embargo, el uso de floculadores mecánicos, con impulsión a motor, o el uso alterno de aire comprimido, para efectuar la agitación, es costoso. Un procedimiento de transacción es el de utilizar la energía producida por el flujo de agua para obtener una agitación controlada. Por ejemplo, a un depósito floculador, con un período de retención de 20 a 30 minutos, se le haría de forma cuadrada y con una profundidad similar a la de los tanques de sedimentación adyacentes. El agua tratada químicamente fluiría a través de una tubería, o conducto, hasta el depósito floculador en un punto cerca de una esquina y cerca de 0,60 m bajo la línea de flujo. Se utilizaría una válvula ajustable en el punto de entrada, para controlar el área y la velocidad de la corriente entrante. El área máxima debe ser tal que permita una velocidad de alrededor de 0,25 m por segundo, de manera que las mayores velocidades de trabajo sean de 0,30 a 0,45 m por segundo, que son las convenientes para obtener una agitación eficaz pero no excesiva. En cualquier caso, el grado de agitación y el período deben ser determinados para cada agua mediante ensayos de laboratorio con el coagulante que ha de ser utilizado.

La tubería o conducto de salida del depósito debe partir de un punto cercano al fondo, de manera que se produzca un flujo espiral descendente; la forma cuadrada del depósito produciría la agitación.

Puede emplearse una serie de depósitos más pequeños para dar oportunidad a que se produzca el grado de agitación gradualmente. En cualquier caso, la pérdida de carga en dichos depósitos es mucho menor que en depósitos con deflectores de igual capacidad total.

La limitación de fondos disponibles no debe permitir que el proyectista olvide la floculación, ya que la dosis de coagulante está inversamente relacionada con el grado y período de agitación para la floculación, y también porque el grado de filtración permisible y la economía en la operación de filtrar dependen directamente de la efectividad del pretratamiento. De hecho, las plantas modernas de filtración de alto rendimiento requieren un pretratamiento eficaz, seguro y continuo para lograr resultados satisfactorios con las arenas de tamaño grande usadas en tales plantas, tal como se verá más adelante. En otras palabras, la inversión de capital para obtener una adecuada floculación se compensa con creces por medio de la reducción en la dosificación de materiales químicos.

c) *Sedimentación*. Parece que existe una tendencia a simplificar en exceso el diseño de los tanques de sedimentación, dando exagerada importancia a la estructura de hormigón y a su capacidad y en consecuencia al período calculado de retención. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que muchos tanques son ineficientes debido al escaso, o a ningún control que los deflectores de admisión y las paredes amortiguadoras ejercen sobre el agua entrante, y al uso de vertederos de salida de insuficiente longitud. Como consecuencia, el período de flujo a través del depósito es mucho más corto que el período de retención calculado. Aunque los tanques sean razonablemente eficientes, no deben tener períodos de retención cortos, ya que existe la posibilidad de que la floculación sea insuficiente, ya sea por negligencia periódica del operador, o por cambios súbitos en las características del agua cruda. En otras palabras, en muchos casos debe proveerse un "factor de seguridad", utilizando períodos de retención de por lo menos cuatro horas, con deflectores y estructuras de salida adecuadas.

Lo dicho enfoca la atención sobre el

"flujo ascendente" o "tanques de contacto sólido" patentados, ofrecidos por muchos fabricantes de equipos en varios países. La función básica de estos depósitos de flocular en presencia de material previamente floculado, es reconocida universalmente como técnicamente buena y como un paso hacia adelante. Sin embargo, ha habido dificultad en la operación, cuando dichos depósitos, diseñados para reacciones de ablandamiento con cal-sosa, con el resultante flóculo pesado carbonatado, han sido usados para coagulación con alumbre en aguas coloreadas o turbias, especialmente en casos en que han ocurrido cambios súbitos en la calidad del agua cruda. Esta dificultad ha sido encarada, en parte, por medio del uso de coagulantes auxiliares, tales como sílice activado, arcilla, carbonato de calcio en polvo, o uno de los nuevos compuestos actualmente en desarrollo. Sin embargo, esa solución necesita la supervisión cuidadosa de la floculación, para asegurar el mantenimiento del contenido requerido de pasta de flóculo y la dosis correcta de coagulantes para obtener la formación de un flóculo pesado que no se eleve sobre el nivel de colchón de cieno y fluya luego sobre los vertederos de salida. Otra transacción es la de usar depósitos que proveen períodos de dos horas para la floculación y clarificación, con coagulación convencional. Por lo tanto, el uso de estos depósitos más costosos en vez de depósitos convencionales de flujo horizontal requiere una evaluación cuidadosa, especialmente a la luz de la habilidad del personal, fondos, disponibilidad de coagulantes auxiliares, etc.

d) *Filtración*. La tendencia es de utilizar filtros rápidos de arena, aun para el tratamiento de aguas de turbidez moderada, en vista de la flexibilidad que proporcionan en el control del pretratamiento químico. Sin embargo, implican la necesidad de contar con un personal de operación diestro y con fondos para materiales químicos, que posiblemente tienen que ser importados.

Sin embargo, hay muchos casos en que la turbidez menor de 30 a 60 ppm, la carencia de fondos para materiales químicos, la complicación del equipo y, muy particularmente, la carencia de personal diestro, hacen aconsejable el uso de filtros lentos de arena, que son sencillos aunque relativamente grandes. Los proyectistas pueden olvidar el hecho de que los filtros lentos de arena son, esencialmente, simples depósitos de hormigón, con desagües inferiores de tubería barata de arcilla, grava y arena, tubería de pérdida de carga, y válvulas de derrame y cajas de vertederos para medir la velocidad de flujo. Frecuentemente, la arena puede obtenerse localmente, en contraste con la arena muy uniforme y de alta calidad necesaria para los filtros rápidos de arena. La eliminación efectiva de bacterias mediante filtros lentos de arena está relacionada con el uso de arena fina y de una tasa de filtración lenta. Esto debe tomarse en cuenta frente a la necesidad de pretratar el agua adecuadamente, antes de efectuar la filtración rápida cuya efectividad depende del elemento humano, los operadores. Por lo tanto, es evidente que la atracción de lo nuevo, lo novedoso, o la eficiencia de la planta de filtración rápida con arena, no debe hacer que se pasen por alto los filtros lentos de arena, especialmente para plantas pequeñas.

Para filtros rápidos de arena se han desarrollado equipos por varios fabricantes en distintos países. Según se ha indicado anteriormente, el diseño puede consistir solamente en usar la información que aparece en los catálogos de los fabricantes y los planos típicos que dichos fabricantes tengan en disponibilidad, utilizando el equipo mostrado en los catálogos.

De hecho, pueden comprarse "plantas completas" para instalación inmediata. No hay nada inherentemente malo en dichas plantas siempre y cuando sean adecuadas para el agua que se va a tratar, que se usen procedimientos que ya hayan sido probados,

y el mantenimiento se facilite debido al diseño, y a la disponibilidad de piezas de repuesto. No obstante, la aceptación ciega de esas plantas excluye la función del diseñador, que consiste en estudiar los factores locales y preparar el diseño con equipo escogido de manera de encarar necesidades específicas.

El diseño funcional de filtros rápidos de arena puede ilustrarse haciendo referencia a factores significativos. Posiblemente, el detalle que causa más confusión es la tasa de filtración por seleccionar, debido a que la literatura existente está en conflicto sobre ese punto. Francamente, parece que la búsqueda de la guía de una norma ha conducido a dos escuelas de pensamiento que no consideran debidamente ni la flexibilidad ni la obtención de la mejor solución intermedia. Sin embargo, ambos puntos de vista son correctos si se coordinan con la función pertinente de filtrar. En primer lugar está la escuela más conservadora, representada por el ingeniero dedicado a salud pública, preocupado por la calidad bacteriológica de los efluentes, y consciente de las deficiencias en la operación y mantenimiento frecuentemente asociadas con el empleo de personal inexperto. Estos ingenieros señalan que el uso de amplias facilidades de floculación y sedimentación, de arena relativamente fina y de una tasa de filtración de alrededor de 2,0 gpm por pie cuadrado ($120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}$) de área filtrante provee el factor de seguridad necesario para las ocasiones en que se olvida la coagulación y ocurre una formación demorada de flóculos en los tanques de sedimentación y en el mismo lecho de arena, en cuyo caso la arena más fina impide la penetración total del flóculo inadecuadamente formado.

En cambio, la segunda escuela sostiene que no puede aceptarse una operación y control inferiores a un nivel técnico determinado, sino que la operación debe ser satisfactoria y estar de acuerdo con lo último en lo que a práctica de equipo y diseño se refiere,

incluyendo unidades diseñadas para altos grados de filtración de 3,5 a 6,0 gpm por pie cuadrado (210-360 m³/m². día). Por lo tanto, la selección no debe consistir en adoptar una tasa de filtración alta o baja, sino una tasa que sea aceptable dentro del diseño global. Los proyectistas de muchas partes del mundo que confrontan limitaciones de fondos y personal inexperto deben transigir entre estas dos escuelas.

Naturalmente, los costos de las estructuras están en relación con el tamaño del filtro, que a su vez depende de la tasa de filtración escogida. Los aspectos funcionales sobre los cuales se basa la selección de la tasa de filtración son tan importantes que merecen resumirse:

1. Las características del agua cruda y el grado y rapidez de cambio en su calidad.
2. La facilidad de coagular, asentar y filtrar el agua.
3. El tamaño y profundidad de la arena.
4. El grado de confianza anticipado que se tenga en la desinfección, y si ha de agregarse cloro tanto al agua cruda como a la filtrada, o solamente a la filtrada.
5. El tamaño de la planta.
6. La viabilidad económica de ampliar la planta cuando un mayor consumo lo haga necesario, de manera que cualquier alta tasa de filtración escogida no tenga que incrementarse para hacer frente a la demanda futura.
7. El adiestramiento y la confianza que pueda depositarse en los operadores, y la seguridad de que éstos podrán pretratar eficazmente el agua a pesar de que ocurran cambios en la calidad del agua cruda.

Por lo tanto, es evidente que la tasa de filtración no es exclusivamente un factor hidráulico que regula el tamaño de las válvulas y de las tuberías, sino un valor básico que debe ser escogido en vista de todos los aspectos del diseño. La inversión original debe pesarse frente a los costos de operación y mantenimiento. Así, la selección de un diseño, basada en el uso de depósitos

con largos períodos de floculación y sedimentación, bajos grados de filtración, y el uso de lechos profundos de arena más fina, puede resultar, a largo plazo, más económica y también asegurar más el suministro satisfactorio de agua de buena calidad. Dicha planta es tan "moderna" como una con menos factores de seguridad, porque su diseño es reciente y basado en conocimientos modernos.

El equipo de filtros debe evaluarse en la misma forma. Por ejemplo, los equipos controladores de la tasa de filtración simplifican la operación, pero requieren un mantenimiento constante y experto, de lo contrario no funcionarán debida y continuamente como ha sido demostrado en visitas hechas a muchas plantas atendidas por operadores inexpertos. Por ello se han utilizado alternativas sencillas, tales como válvulas de mariposa, manejadas con flotadores. De hecho, un desarrollo moderno favorece el uso de una "tasa variable de filtración", cuando la tasa no es regulada por controles automáticos, o accionada manualmente con operación de válvulas, sino que es regida por la pérdida de carga a través de la arena. Esto significa que la tasa es alta al comenzar el ciclo de filtración, pero disminuye gradualmente a medida que la arena se obstruye y se hace menos permeable. Este procedimiento no es aceptable, a menos que el agua sea pretratada satisfactoriamente; de lo contrario, un floculo inadecuadamente formado pasará a través de la arena recientemente lavada cuando subsisten las altas tasas iniciales.

En la literatura técnica se encuentran muchas referencias al lavado de filtros. Parece que existe conflicto entre la práctica actual seguida en los Estados Unidos de América, que consiste en "lavar con agua a alta velocidad", y otra más anticuada, todavía en uso en muchos países, de utilizar aire comprimido y lavado con agua a menor velocidad. No obstante, el enfoque funcional, en el lavado de filtros, permite que ambas se

combinen de manera de hacer factible un diseño adecuado. La clave para ambos procedimientos está en la suficiente agitación de los granos de arena, de manera que se froten unos contra otros y desalojen el floculo adherido, que haya suficiente flujo de agua para conducir el floculo a los canales de agua de lavado, y que haya espaciamiento adecuado de los canales, para asegurar que el floculo removido llegue a éstos, pero sin asentarse mientras el agua de lavado fluye hacia arriba y hacia los canales. Por consiguiente, la práctica actual de lavar con agua a alta velocidad es la de relacionar las velocidades de flujo del agua de lavado con el tamaño de la arena y con la temperatura del agua, todo para obtener una expansión del lecho de arena de alrededor de 40% durante el ciclo de lavado. En vista de que el comportamiento hidráulico del agua de lavado debe diseñarse para condiciones de máxima temperatura de agua y mínima viscosidad, los dispositivos deben estar previstos para velocidades máximas que produzcan un alza de 0,90 a 1,20 m por minuto, dependiendo del tamaño de la arena. Naturalmente, pueden usarse velocidades más bajas durante los períodos en que el agua tiene baja temperatura, guiándose por la observación de la expansión de arena. La práctica antigua de usar una velocidad de flujo de agua para lavado, para producir un alza de 0,60 m por minuto ($900 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{día}$), se ha encontrado ineficiente cuando las temperaturas de agua han sido altas y la viscosidad baja, ya que la arena no se ha agitado eficientemente durante el verano.

Los procedimientos para lavar filtros con aire también son efectivos cuando el volumen de aire es de 55 a $90 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hora}$ de área filtrante, y la velocidad de flujo del agua de lavado es de 0,30 a 0,45 m por minuto. El lavado defectuoso con aire y agua se ha debido al uso de menos agua que la necesaria para impulsar el sedimento hasta los canales

de agua de lavado, o al gran espaciamiento de los canales.

Por lo tanto, el diseñador puede escoger cualquiera de los procedimientos, comparando el costo de tanques de agua de lavado más grandes o de bombas, tuberías, válvulas y desagües inferiores con dispositivos menos completos de agua de lavado pero con dispositivos de aire comprimido y tubería para el aire. En cualquier caso, el diseño debe basarse en el tamaño de la arena y en la variación entre límites conocidos de la temperatura del agua. En caso de duda deben usarse velocidades más altas de flujo porque el lavado de filtros es el segundo en la serie de pasos más importantes en el tratamiento, o sea, floculación, mantenimiento de los lechos del filtro y cloración.

e) *Cloración.* El diseño esencial de los dispositivos para clorar puede resumirse en la siguiente forma: selección de equipo en el que se pueda tener confianza, capaz de ser conservado debidamente por los operadores con que se cuenta, provisión de piezas de repuesto para cloradores duplicados, capacidad de los cloradores por lo menos 50% mayor que la máxima dosificación requerida para satisfacer la demanda más alta de cloro de cada agua en particular y un período de reacción del cloro de por lo menos 30 minutos después de su aplicación en un punto donde se esté seguro que se efectuará la mezcla.

La experiencia ha mostrado que muchos operadores no comprenden el funcionamiento de los cloradores alimentados con gas, o le temen al cloro gaseoso. Por otra parte, sí comprenden el funcionamiento de los cloradores alimentados con solución y el de las bombas químicas que se usan para aplicar soluciones de compuestos de cloro. Además, los compuestos de cloro pueden obtenerse con mayor facilidad que el compuesto gaseoso en cilindros. Por consiguiente, los diseñadores deben sopesar cuidadosamente la conveniencia de utilizar unidades

alimentadas con gas y el bajo costo unitario del cloro gaseoso comprimido, frente a los cloradores alimentados con soluciones de alguno de los compuestos comerciales solubles de hipoclorito de calcio que contenga 65 a 70% de cloro en peso. Estos últimos se adaptan especialmente a los abastecimientos más pequeños, pero en todo caso, la selección deberá depender de todos los factores locales pertinentes.

También deben considerarse los aspectos funcionales de la cloración. Por ejemplo, la capacidad del equipo debe ser suficiente para proporcionar la dosificación máxima que pueda anticiparse para el agua que se va a tratar. Esto, a su vez, debe basarse en la temperatura máxima, demanda de cloro, pH del agua, y período de retención que usará para la acción contra bacterias por medio del cloro residual mantenido con propósitos de control. Más técnicamente, esto significa que el proyectista debe decidir de conformidad con el grado de contaminación del agua y su pH: a) si debe usarse cloración convencional, con dosificaciones relativamente pequeñas que reaccionan con el amoníaco contenido en el agua para formar "cloro residual combinado" o b) si debe usarse una "cloración hasta el punto de ruptura" o una "cloración residual libre". El punto es que la *efectividad y la tasa de desinfección* con el "cloro residual combinado" y la misma concentración de "cloro residual libre" son marcadamente diferentes, especialmente con bajas temperaturas en el agua y con altos valores del pH. La selección de un período de contacto más largo antes de que el agua clorada se entregue al primer consumidor, es una forma mediante la cual el proyectista puede compensar por la acción más lenta del "cloro residual combinado". La correlación de los factores mencionados puede ilustrarse mejor en el siguiente cuadro, basado en investigaciones realizadas por el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de América.

Recomendaciones para las concentraciones mínimas de cloro residual libre contra cloro residual combinado, para asegurar una desinfección eficaz

Valor pH	Concentración mínima de cloro residual libre. Período de desinfección de por lo menos 10 minutos	Concentración mínima de cloro residual combinado. Período de desinfección de por lo menos 60 minutos
6,0 a 7,0	0,2 ppm	1,0 ppm
7,0 a 8,0	0,2 ppm	1,5 ppm
8,0 a 9,0	0,4 ppm	1,8 ppm
9,0 a 10,0	0,8 ppm	No se recomienda
10,0	0,8 ppm (Con contacto más largo)	No se recomienda

La dosificación de cloro requerida se determina por medio de la demanda de cloro prevaleciente, cuando la concentración deseada de cloro residual libre o de cloro residual combinado se obtiene mediante ensayos. Se necesita mucho más cloro, aun para producir un contenido bajo de cloro residual libre, porque éste debe oxidar y alterar el amoníaco y la materia orgánica en el agua, en contraste al cloro necesario para reaccionar con amoníaco y producir un cloro residual combinado o cloraminas.

Por lo tanto, la selección de un clorador no es cosa fácil, sino algo que debe basarse en el procedimiento funcional que debe seguirse después que mediante pruebas de laboratorio se hayan determinado las necesidades locales.

IV. OPERACION, CONTROL Y MANTENIMIENTO

Las limitaciones de personal y la falta de adiestramiento constituyen una de las claves del problema bosquejado anteriormente. Los proyectistas pueden ayudar a proporcionar adiestramiento dentro del servicio, durante la construcción y en el período inicial de operación. Los proyectistas deben también suministrar planos de construcción, catálogos y manuales sobre el

equipo utilizado, y también ver que estén disponibles las herramientas especiales necesarias para el mantenimiento y la protección. De no hacerse ésto, la planta no funcionará mejor que una planta diseñada o construida económicamente.

Una de las necesidades más importantes en muchos países es la de prestar asesoría a los operadores. En algunos de ellos las autoridades sanitarias o las instituciones gubernamentales encargadas de los servicios de agua prestan esta asesoría. Otro procedimiento consiste en que los municipios de una región cooperan contratando, en común, los servicios de un consultor para que visite las plantas regularmente o cuando ocurre una emergencia. En cualquier caso, el proyectista debe tomar en consideración ese servicio al estudiar los detalles técnicos que influyen en la operación.

V. CONTROL DE LABORATORIO

Frecuentemente se cree que la palabra "laboratorio" implica instalaciones complicadas usadas por químicos profesionales. Sin embargo, el control del proceso de tratamiento de agua mediante ensayos de laboratorio puede variar, desde el uso de un equipo muy sencillo para hacer pruebas de ortotolidina para determinar la efectividad de la cloración, hasta los dispositivos complicados de las grandes plantas de filtración, donde hay químicos empleados. En muchos casos, el control puede limitarse a pruebas de turbidez, color, alcalinidad, pH, cloro residual y análisis por medio de la membrana filtrante para organismos del grupo coliforme. Estas pruebas pueden hacerse con equipos especiales o con equipos sencillos que la mayoría de los operadores puede utilizar después de que se les enseña la forma de usarlo.

Los proyectistas y los servicios gubernamentales de abastecimiento de agua y las autoridades de salud, deben fomentar el uso de estas pruebas sencillas porque son básicas para una operación eficaz y económica. En los planos de plantas de filtración, los diseñadores deben incluir anaqueles para libros, estantes para materias químicas, mesas de trabajo de 6 pies de largo, aproximadamente, y fregaderos ubicados en un extremo de las mesas.

VI. RESUMEN

El proceso de diseño funcional consiste, por lo tanto, en la integración de factores técnicos para hacer frente a las necesidades locales, con la debida consideración al aspecto financiero y al de operación. Si el presupuesto es limitado debe darse preferencia a la sencillez, a los procedimientos menos complicados y se debe transigir cuando sea necesario para poder encarar las condiciones locales específicas. Debe proveerse una base adecuada para efectuar ampliaciones en el futuro, sin que ello haga que la planta se vuelva anticuada. La sencillez y la economía logran y estimulan una operación eficiente dentro del presupuesto disponible. Esto, a su vez, depende de los ingresos que se obtienen por la venta de agua. El sistema de tarifas debe ser práctico y estar relacionado con la capacidad del público para pagar, y a la vez, debe ser lo suficientemente productivo como para cumplir con los gastos incurridos en un período de años razonable y para soportar los gastos de mantenimiento y operación.

Por lo tanto, el diseño y los costos de construcción y de operación deben planearse dentro de las limitaciones del programa de financiamiento.

IMPORTANCIA DE LOS OBJETIVOS NACIONALES PARA LAS REALIZACIONES EN MATERIA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

CHARLES PINEO

*Jefe, Departamento de Agua Potable para Municipios
Agencia para el Desarrollo Internacional*

INTRODUCCION

Mucho se ha dicho durante el Seminario acerca del diseño de sistemas de abastecimiento de agua en América Latina y del establecimiento de normas para satisfacer las necesidades y las condiciones existentes o previsibles para el futuro inmediato. En cambio, se ha hablado muy poco acerca de los aspectos más amplios del problema del abastecimiento de agua a las poblaciones de América Latina que llevó a la fijación de objetivos precisos en la Carta de Punta del Este. Esto no es de extrañar, ya que este Seminario fue organizado tomando como tema básico el diseño de sistemas de abastecimiento de agua, con especial referencia al establecimiento de normas de diseño, y el tema general ya ha sido tratado en numerosas ocasiones anteriores.

Sin embargo, conviene pasar revista a la situación una vez más, a la luz de los poderosos elementos con que se cuenta en la actualidad y que, usados sensatamente, ofrecerán un gran estímulo para llenar el vacío entre la necesidad de agua potable y las condiciones tal como existen hoy día.

Mucho se ha pensado en el problema en el pasado y se ha trabajado considerablemente con los limitados recursos financieros y técnicos disponibles. Algunos países han logrado mayores progresos que otros. Se han preparado planes de largo alcance, se ha adiestrado personal, se han diseñado y construido nuevos sistemas de abastecimiento de agua, se han ampliado sistemas

existentes, en algunos casos muy por encima de la capacidad proyectada. Pero puede decirse, sin temor a equivocarse, que lo logrado no ha podido mantener el ritmo del aumento de la población, y mucho menos poner al día el trabajo acumulado en el transcurso de los años.

Además, ¿qué podemos decir de la calidad del agua suministrada a los consumidores? De las personas servidas por sistemas de agua corriente, ¿a cuántas puede garantizársele agua pura 24 horas al día? ¿Cuántos sistemas funcionan bajo presión durante todo el día y todos los días? ¿Cuántos sistemas son administrados eficientemente y son capaces de sostenerse por sus propios medios? ¿Cuánta agua se pierde o se derrocha?

Estos no son problemas nuevos. Todos conocemos esos y muchos otros problemas y hemos vivido con ellos durante muchos años, así que ¿por qué traerlos a colación ahora? La respuesta es sencilla. En el pasado las perspectivas eran desalentadoras, la posibilidad de lograr siquiera una solución parcial a la situación en que se encuentra el problema del abastecimiento de agua era tan irremediable que generalmente se enfocaba con un criterio de improvisación, dedicándose muy poca atención al problema global o al estudio del problema de conjunto sobre una base nacional, como parte de la situación general del país. Ahora que las perspectivas son más promisorias, que se va disponiendo de recursos a un ritmo jamás soñado, y que se justifica la esperanza de

alcanzar los objetivos mínimos fijados en la Carta de Punta del Este, es hora de volver a examinar éstos y otros problemas conexos, a la luz de esos recursos y de muchos otros factores, y asegurar de que se obtengan las máximas ventajas para resolver el problema del abastecimiento de agua en conjunto, sin derrochar ni dinero ni recursos humanos.

CONSIDERACIONES PRINCIPALES

Crecimiento demográfico

Se calcula* que de los 208.000.000 de habitantes que aproximadamente tenía América Latina en 1961, 83 millones vivían en zonas urbanas y los restantes 125 millones en las zonas rurales. Se calcula que para 1975 América Latina tendrá 298.000.000 de habitantes, aproximadamente, con una población urbana de 137 millones y una población rural de 161 millones.

Población (estimada) (millones)

Año	Urbana	Rural	Total
1961	83	125	208
1975	137	161	298

Población no servida

De la población urbana actual de 83 millones, se calcula que 30 millones no disfrutan de servicios de agua y que 92 de los 125 millones de habitantes de las zonas rurales están en condiciones similares. Es decir, en la actualidad hay en América Latina aproximadamente 122.000.000 de personas que no cuentan con servicios de agua, y para 1975 habrá 90.000.000 adicionales, o sea un total de 212.000.000 (suponiendo que no se construyeran nuevos

* Henderson, John M.: *Report on Global Urban Water Supply Costs in Developing Nations*, 1961.

sistemas de abastecimiento ni se ampliaran los existentes). Esta cifra es superior a la actual población total de América Latina.

Objetivos de la Carta

Aun cuando se redujeran las cifras antedichas para satisfacer los objetivos mínimos establecidos por la Carta de Punta del Este, todavía serían lo suficientemente elevadas como para hacernos comprender que la tarea que afrontamos es tan enorme que debemos usar todos los medios y todas las técnicas de que disponemos para asegurar que cumpliremos la tarea que nos ha sido impuesta. Una de esas técnicas es el establecimiento de objetivos realistas para las diversas fases del problema en conjunto.

Población urbana (millones)

Año	Población	70% de la población	Con servicio de abastecimiento de agua	Para lograr la meta
1961	83	58	53	5
1975	137	96	53	43

Población rural (millones)

Año	Población	50% de la población	Con servicio de abastecimiento de agua	Para lograr la meta
1961	125	62	33	29
1975	161	80	33	47

Población urbana y rural (millones)

Año	Población	Para lograr los objetivos de la Carta	Con servicio de abastecimiento de agua	Para alcanzar la meta
1961	208	120	86	34
1975	298	176	86	90

Para alcanzar las metas establecidas en la Carta para la actual población de América Latina, sería necesario suministrar servicios de abastecimiento de agua inmediatamente a 34.000.000 de habitantes, debiendo preverse servicios para 56.000.000 de personas adicionales durante los próximos 13 años. Compárese esto con el número de personas que se han beneficiado a raíz de los préstamos efectuados por el Banco Interamericano de Desarrollo hasta la fecha.* la participación financiera del BID en materia de desarrollo social en América Latina, considerando los préstamos ya aprobados (agosto de 1962) y los que se espera serán aprobados en los próximos meses para el 30 de junio de 1963 habrá rendido los siguientes resultados físicos generales: 70.076 viviendas construidas, que beneficiarán a 420.143 trabajadores de reducidos ingresos; 161 sistemas de abastecimiento de agua y/o sistemas cloacales instalados; 321 localidades con una población total de 3.187.875 habitantes servidas por dichos sistemas; y 204.500 agricultores beneficiados por programas llevados a cabo en el sector agrario. Estas cifras alcanzan en total a 3.812.518 personas beneficiadas por el conjunto de estos proyectos. Para la fecha en que queden completados todos los proyectos, se espera que la cifra habrá aumentado a casi 20.000.000 de personas.

Metas de financiamiento

En su trabajo sobre "Costos globales de los programas urbanos de abastecimiento de agua", antes citado, el señor Henderson estima que costaría 1.782.600.000 dólares proveer de servicios de abastecimiento de agua al 90% de la población urbana en 1975. Mediante un cálculo de porcentaje directo, esta cifra se reduce a 1.083 millones

* Herrera, Felipe. Trabajo presentado a la Conferencia de las Partes Contratantes de la Asociación Latinoamericana de Libre Comercio. México, D.F., 1962.

de dólares para la meta del 70% fijada por la Carta. Si calculamos el costo de abastecer de agua al 50% de la población rural a razón de 10 dólares por persona, agregaríamos otros 470 millones de dólares, o sea un costo total estimado de 1.553 millones de dólares.

Costos estimados para alcanzar las metas fijadas por la Carta

Población urbana (millones)

Año	Población	Costo en dólares
1961.....	5	126
1975.....	43	1.083

Población rural (millones)

1961.....	29	290
1975.....	47	470

Población urbana y rural (millones)

1961.....	34	416
1975.....	90	1.553

Aun cuando estos cálculos son aproximados, demuestran la importancia de fijar metas para la asignación de fondos para la construcción de sistemas de abastecimiento de agua, tanto rurales como urbanos, con el objeto de asegurar que las metas establecidas por la Carta para ambos sectores sean cumplidas y que no se favorezca la asignación a un sector a expensas del otro. Deberían establecerse estas metas para cada país y para América Latina en conjunto.

Metas de personal

El financiamiento es sólo una cara de la moneda. La otra, igualmente importante, es que la organización u organizaciones deberán contar con suficiente personal debidamente capacitado para llevar a cabo el programa, no sólo de diseño y construc-

ción, sino también de dirección, funcionamiento y mantenimiento.

Durante los últimos 20 años se han adiestrado muchos ingenieros sanitarios que están trabajando en el campo de la sanidad ambiental, con especial referencia al abastecimiento de agua. En el VIII Congreso de la AIDIS celebrado en Washington, D. C. en 1962, en el que participaron 252 delegados de América Latina, se demostró en forma dramática el número de ingenieros sanitarios latinoamericanos interesados en su profesión.

Pero esto no basta, como se observará en el siguiente cuadro:

*Necesidades totales de ingenieros sanitarios**

	Número actual	Necesidades inmediatas	Probables necesidades futuras†
Ministerios de salud pública.....	300	650	1.200
Ministerios de obras públicas, municipalidades y autoridades de obras sanitarias.....	1.700	3.400	

* Organización Panamericana de la Salud: En "Enseñanza y adiestramiento del personal de salud". Documento Oficial 41: 450. Washington, D. C., 1962.

† Necesarios si los propios ministerios de salud se dedican a realizar directamente programas extensos de construcción de abastecimientos de agua y alcantarillado para zonas rurales y urbanas.

"Se observará que las necesidades mínimas inmediatas de ingenieros sanitarios, para todos los fines, es casi el doble del número actual. En las instituciones de adiestramiento existentes hoy en toda la América Latina, se gradúan unos 100 ingenieros sanitarios por año. Se necesita por término medio 400 al año durante los próximos 20 años y esto sin contar la urgente demanda inmediata para los trabajos que están a punto de iniciarse".

Lo que antecede se refiere únicamente a los ingenieros sanitarios que se requieren

para llevar a cabo estudios, diseños y construcciones antes de poner en funcionamiento los sistemas. A fin de no agotar el número, ya de por sí reducido, de ingenieros sanitarios capacitados para estas funciones, es de suma importancia la elección y capacitación de técnicos para estas actividades.

Por lo tanto, en cada país deberán fijarse metas de personal para asegurar el máximo aprovechamiento de la cantidad limitada de personal capacitado y que las necesidades de la organización u organizaciones responsables del abastecimiento de agua a las zonas rurales y urbanas sean satisfechas.

Metas de organización

En los últimos años se ha recalado mucho la necesidad de que los países coloquen en manos de un organismo autónomo o semi-autónomo la responsabilidad de realizar los estudios, diseños, construcción, financiamiento, operación y mantenimiento, habiéndose establecido varios de ellos que están funcionando actualmente. Debido a las necesidades urgentes de las zonas urbanas, algunos de dichos organismos están restringiendo sus actividades a esas zonas, en la esperanza de poder cumplir con sus obligaciones para con las rurales más adelante. Entre tanto, con el fin de asegurar que el trabajo en las zonas rurales sea acorde con el que se realiza en los centros urbanos, se recomienda especialmente que cada país determine cuál ha de ser el organismo responsable de la ejecución del programa de abastecimiento de agua a las zonas rurales. Parecería lógico que se tomaran las disposiciones del caso para que el ministerio de salud pública pudiera ampliar sus actividades en el campo de los servicios sanitarios rurales, a fin de llevar adelante el programa de abastecimiento de agua a las zonas rurales hasta tanto el organismo central estuviera en condiciones de asumir esta responsabilidad. Si se han de alcanzar las metas

fijadas en la Carta será necesario tomar alguna medida de esta naturaleza.

Una vez que se haya decidido cuál será la organización o las organizaciones necesarias en un país, y que se hayan establecido, dictándose leyes que las autoricen, éstas deberán desarrollarse para llegar a ser organismos eficientes y bien administrados, dotados de la autoridad y facultades debidas, así como de las responsabilidades correspondientes.

Ello implica fijar otras metas, en primer término para el establecimiento de los organismos necesarios una vez decidido cuál ha de ser el mejor tipo de organización que abarque las necesidades tanto rurales como urbanas en materia de abastecimiento de agua, y luego fijar las metas para esos organismos.

Metas de adiestramiento

Una vez determinadas las metas de organización y personal, deberán establecerse las metas de adiestramiento, y será menester encontrar personas y capacitarlas para satisfacer las necesidades. Será preciso establecer centros de adiestramiento nacionales y regionales, justificándose esta medida una vez que se hayan calculado las necesidades en las distintas materias. Estas metas también podrán usarse para determinar el grado de adiestramiento que deberá llevarse a cabo fuera del país y de la región.

Esta parte del programa deberá recalcarse al máximo. Se ha dicho que "... la clave del desarrollo económico es el hombre en sí y no los recursos materiales... El desarrollo de nuevos conocimientos, nuevas habilidades y capacidades, es una de las contribuciones más importantes que puedan hacerse... Los países en desarrollo tienden a descuidarse en estos aspectos. El énfasis que se le ha dado al capital humano en Puerto Rico hace

resaltar este aspecto en comparación con algunos otros países latinoamericanos".*

En este caso tenemos dos series de metas: en primer término, determinar el número de personas que deberá adiestrarse en cada una de las distintas disciplinas con las fechas en que deberán cumplirse esas metas, y de allí deberán surgir las necesidades en materia de centros de capacitación para los países individuales y, en algunos casos, para las regiones.

Metas para materiales y equipo

Un programa de construcciones parecido al que deberá desarrollarse para satisfacer las metas anteriormente indicadas, requiere el establecimiento de otras metas, por ejemplo, para obtener o suministrar las cantidades de materiales y equipo que serán necesarias. Estas metas serán de interés para los fabricantes locales y regionales, y bien podrían estimular el desarrollo de nuevas industrias. También serán de interés para las industrias de otros países y para los exportadores e importadores.

Es vuestra función ayudar a establecer las metas que deberán basarse sobre los cálculos de las necesidades y los probables programas para satisfacer esas necesidades y señalarlas a la atención de las partes interesadas en vuestros países y regiones. Cada una de las industrias que se desarrolle sobre una base sólida es un paso más hacia el desarrollo económico que se necesita con tanta urgencia.

Metas para el establecimiento de normas

Lo que antecede nos lleva de vuelta al punto de partida, que es el objeto de este Seminario, o sea, el establecimiento de

* Schultz, Theodore W.: *Human Wealth and Economic Growth*. 1959.

normas para América Latina. Se requieren normas de diseño para satisfacer las necesidades de América Latina. También se requieren normas para los materiales, equipo y métodos de construcción. Deben fijarse metas para desarrollar y establecer estas normas y luego, una vez establecidas, deberán cumplirse para asegurar el éxito de los programas de abastecimiento de agua a la población.

RESUMEN

Las metas fijadas por la Carta de Punta del Este sólo podrán alcanzarse si se fijan y cumplen metas intermedias.

a) Las normas de diseño que se desarrollarán como resultado de este Seminario serán un paso importante por la senda que conduce al logro de esas metas.

b) Otro paso sumamente importante será el de determinar con mayor precisión las necesidades que deberán ser satisfechas, en función del número de personas a servir, y de su ubicación dentro de cada país, así como por regiones y por superficie total.

c) La asignación de fondos de fuentes tanto externas como nacionales deberá ejercerse con sumo cuidado si se desea

alcanzar las metas fijadas en Punta del Este para las poblaciones tanto rurales como urbanas.

d) Deberán establecerse y cumplirse las metas de organización, personal y capacitación.

e) Igualmente, deberán determinarse las necesidades de equipo y materiales, debiendo estimular a los abastecedores locales o regionales a satisfacerlas.

Todo ello habrá de hacerse teniendo en cuenta que el esfuerzo para alcanzar las metas establecidas por la Carta de Punta del Este para los sistemas de abastecimiento de agua a la población, se llevarán a cabo en competencia con los que se están realizando para satisfacer otras metas nacionales y regionales. También será necesario fijar un régimen de prioridades.

El Banco Interamericano de Desarrollo ofreció un ejemplo interesante durante el primer año de existencia del Fondo Fiduciario de Progreso Social cuando, como resultado de la alta prioridad que estableció para el programa de desarrollo de los sistemas de abastecimiento de agua, se consiguió la asignación del 43% de dichos fondos para obras de sanidad, principalmente la construcción de sistemas de abastecimiento de agua para municipios.

EL PROBLEMA DE OBTENER SERVICIOS ADECUADOS DE INGENIERIA EN AMERICA LATINA*

ERNEST W. STEEL

*Profesor del Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Texas, Austin, Texas, E.U.A.*

Si bien nos hemos reunido aquí para discutir normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua, no debemos dejar de considerar la importancia que tiene el problema de la formación de personal de ingeniería, en número suficiente, con conocimiento de la ingeniería y con experiencia para proyectar la gran cantidad de obras de abastecimientos de agua que América Latina necesita.

Todos los países informan sobre un aumento considerable de población y que este crecimiento es más rápido en las ciudades que en el medio rural. Esto, combinado con la demanda de mejores condiciones de vida por parte de los residentes urbanos, ha resultado en demandas sin precedentes de nuevos sistemas de abastecimiento de agua, y de mejoras y expansión de los sistemas en uso. Los dirigentes de los países deben escuchar estas demandas. Algunos de ellos empiezan a comprender que un adecuado abastecimiento de agua es necesario para el progreso de la industria, y esencial para el ordenado desarrollo y beneficio de cualquier nación.

Esta creciente comprensión presenta a la profesión de ingeniería la oportunidad no sólo de construir servicios esenciales para la comunidad sino también de incrementar el prestigio de los ingenieros y de hacer patente la importancia de la ingeniería para la mejora de la salud, la seguridad y economía de cualquier país.

Se nos informó que el personal con que hoy se cuenta sería del todo inadecuado si hubiera una expansión del programa de mejoramiento del abastecimiento de agua. Además, se admitió en forma general que los actuales programas son por entero inadecuados para hacer frente a las necesidades actuales.

Se admitió también que los gobiernos no utilizan los servicios de los ingenieros en la medida en que debieran. Otra queja surge de la dificultad de atraer ingenieros recién graduados a los servicios del gobierno y la de retener ingenieros de experiencia debido a la excesiva lentitud de sus ascensos en estos servicios. Finalmente, y tal vez lo más importante, es la queja de que los salarios oficiales son muy bajos. Esta razón explica también por qué los ingenieros jóvenes y aquellos que tienen experiencia se van a trabajar en empresas privadas.

Para un observador de la América Latina la situación de los sueldos es algo sorprendente, ya que allí la profesión es más respetada que en Estados Unidos, y sin embargo esto no implica un salario adecuado o justo de los ingenieros que ocupan puestos en el gobierno.

Desconozco el proceso evolutivo de los puestos oficiales del personal de carrera en América Latina. Tal vez las escalas de sueldos, establecidas muchos años atrás y en condiciones económicas distintas, se han mantenido hasta ahora, y dichos puestos pasaron a ser a tiempo parcial en compensación. Algunos a tiempo completo están tan

* Publicado en el *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, Vol. LV, No. 3 (1963), págs. 309-311.

mal remunerados que el ingeniero tiene que suplementar sus ingresos para mantener un nivel de vida adecuado para él y su familia. Los horarios de trabajo parecen estar en ciertos casos arreglados de modo que faciliten el trabajo extra. El gobierno desde luego no gana nada por métodos tan ilógicos. Además, esta clase de empleo fortuito debe tener un efecto desalentador en los jóvenes que estén considerando seguir la carrera de ingeniería sanitaria o civil.

Tal vez esta actitud de los ingenieros civiles hacia un empleo con el gobierno haya tenido efecto en el lento desarrollo de algunos países. No se puede negar que el transporte por carretera y ferrocarril, los servicios municipales y de salud y, en general, todas las obras públicas, dependen en gran parte de la ingeniería civil y sanitaria. Se debe reconocer también que el progreso humano se gesta en las poblaciones urbanas más que en el medio rural. En palabras más simples, el progreso se estancará y el nivel de vida no podrá mejorar en la América Latina si no se estimula el desarrollo del talento y la habilidad de la ingeniería entre sus habitantes.

El asunto de los sueldos es fundamental, y se pueden tomar muchos cursos de acción, en especial si las actividades de construcción de acueductos y redes de alcantarillado aumentan como es de esperar. Esto puede dar por resultado la aparición de más empresas privadas de ingeniería, las cuales podrán pagar sueldos más adecuados de acuerdo con la habilidad de los ingenieros a quienes den empleo. Yo recomendaría que, cuando los proyectados programas de acueductos se establezcan, se dé la máxima participación posible en el trabajo a los ingenieros de práctica privada. Esto dejará en manos de los organismos gubernativos el control y la aprobación de los proyectos, y resultará también en la creación de cargos mejor remunerados por las firmas privadas. Con esta clase de competencia, los sueldos pagados por el gobierno tendrán que aumen-

tar. Incidentalmente, la competencia de las firmas privadas por los servicios de buenos ingenieros ha tenido un saludable efecto en los sueldos pagados por gobiernos locales, estatales y federales en los Estados Unidos.

Otra ventaja de utilizar la ingeniería privada es que se puede reducir el costo de las obras de ingeniería. Un presupuesto reducido y estabilizado de un departamento, a pesar del aumento de actividad en obras de abastecimiento de agua, es un buen argumento para aumentar los sueldos del personal del departamento. La ganancia es un excelente incentivo para reducir el costo y es posible que los honorarios pagados a los ingenieros privados sean menores que el costo del diseño hecho por ingenieros oficiales. Por supuesto que los ingenieros privados deberán demostrar habilidad, y su trabajo ha de ajustarse a las normas de diseño convenidas.

Se han establecido en varios países agencias autónomas para diseñar, construir y operar sistemas de agua y alcantarillado, y está bajo estudio su adopción en otros países. Estas organizaciones están dirigidas por un funcionario ejecutivo y más o menos controladas por una junta directiva. En la mayoría de los casos, estos funcionarios directivos son ingenieros y puesto que controlan el presupuesto y los sueldos, sin necesidad de previa aprobación de algún cuerpo legislativo, tienen la potestad de establecer una escala de sueldos adecuada. Ellos pueden y deben ofrecer oportunidades de ascenso a los ingenieros tanto en lo que atañe a responsabilidades como a sueldo. No poseo un amplio conocimiento de estas agencias, pero mi observación de una de ellas me lleva a pensar que son beneficiosas a la profesión de ingeniería en lo que se refiere a la escala de sueldos y a las condiciones de trabajo, incluso a la eliminación de empleos a tiempo parcial. También el uso atinado de ingenieros privados ayudará a formar un grupo de ingenieros de alta preparación técnica, los que serán de mucho valor para el progreso del país.

He notado, sin embargo, una tendencia, que no es raro encontrar en servicios de gobierno, consistente en pagar sueldos relativamente buenos a ingenieros jóvenes, y relativamente bajos a ingenieros con más años de trabajo y más experiencia, tales como jefes de departamento y de división, lo que ha ocasionado la pérdida de los elementos de más experiencia en beneficio de empresas privadas. Esto parece falta de perspicacia por parte de las agencias autónomas ya que los ingenieros jóvenes pierden contacto con los ingenieros de más experiencia y, en consecuencia, no adquieren competencia profesional al ritmo que lo harían en contacto con éstos; sin embargo, esta tendencia brinda a los mismos empleo mejor remunerado.

Por lo general los ingenieros están tan absortos en su trabajo que olvidan las relaciones públicas. Como consecuencia, el papel del ingeniero en nuestra actual civilización está olvidado por el público y tanto más por sí mismo. Rememoremos las condiciones hace 200 años. Las epidemias transmitidas entonces por el agua eran muy pocas debido a que el abastecimiento público de agua era pequeño o no existía. El transporte sólo era posible a pie, a caballo, o en barco de vela. La gente se moría de hambre, no obstante haber alimentos en abundancia a 100 millas de distancia, por falta de medios de transporte. Es innecesario seguir comentando. Lo que quiero decir es que el papel del ingeniero, al contribuir a hacer la vida más segura y placentera, no ha sido apreciado ni remunerado, tanto en el aspecto económico, como en reconocimiento por parte del público.

Fair y Ribeiro* informan que existen 60 sociedades profesionales de ingeniería en América Latina. Estas pueden y deben ser más activas en cuanto a informar al público

* Gordon M. Fair y Efraín Ribeiro: "Enseñanza de la Ingeniería Sanitaria en América Latina", VIII Congreso de AIDIS, Washington, D. C. junio 10-15, 1962.

de la importancia y la misión de los ingenieros. En Estados Unidos hemos sido un poco descuidados en lo que se refiere a informar al público, pero en los últimos años la Sociedad Nacional de Ingenieros Profesionales ha organizado actividades informativas por medio de sus secciones locales. Cada año hay una Semana del Ingeniero, en la cual la prensa publica artículos relacionados con los ingenieros y la ingeniería. Se divulgan charlas a cargo de destacados ingenieros por televisión y otros medios. Los ingenieros visitan las escuelas secundarias e informan a los estudiantes sobre lo que es la ingeniería y las oportunidades que ofrece como profesión.

Estados Unidos necesita más ingenieros, lo cual es bien sabido ahora por mucha gente, lo que sirve de estímulo a los ingenieros en lo que se refiere al prestigio de su profesión. Se están trazando planes concertados para aumentar el número de estudiantes de ingeniería, y los buenos sueldos iniciales que se ofrecen al terminar los estudios están ayudando en algo, juntamente con las mencionadas charlas que se dan en las escuelas. Se han distribuido en forma amplia folletos que contienen información sobre la ingeniería.

He mencionado estos detalles, porque los países de América Latina necesitan también más ingenieros y están preocupados, o se preocuparán en el futuro, de graduar más de ellos. En el informe antes mencionado se dice que, por término medio, el número de ingenieros civiles graduados en América Latina tal vez ascienda a 1,5 por 100.000 habitantes. Esta cifra parece muy pequeña. En Estados Unidos los graduados por cada 100.000 habitantes fueron 2,7, en 1959, en 138 escuelas de ingeniería debidamente acreditadas. Como mencioné anteriormente, se necesitan más ingenieros civiles y sanitarios para el desarrollo de los programas de obras públicas, y muchas de éstas son necesarias en América Latina. Por con-

siguiente, es evidente que hay que incrementar la preparación de ingenieros civiles en la actualidad.

La ingeniería progresará, en la América Latina, lenta o rápidamente hasta un punto cercano de lo humanamente posible para

satisfacer las necesidades de los diversos países. De todas maneras, los ingenieros, que son los mejor informados de tales necesidades, deberán hacer toda clase de esfuerzos para acelerar tal proceso de acuerdo con las condiciones locales de cada país.

ANEXOS

Anexo 1

LISTA DE PARTICIPANTES

Argentina

LUIS DUPRAT

Jefe del Distrito de Mendoza,
Obras Sanitarias de la Nación (OSN),
Mendoza, Provincia de Mendoza

EDUARDO HUMMEL

Jefe, Departamento de Estudios y Proyectos,
OSN,

Buenos Aires

GUSTAVO KATZENELSON

Jefe de Saneamiento Ambiental,
Primer Distrito de Salud,
Chaco, Provincia del Chaco

ANGEL HÉCTOR LOMAZZI

Jefe, Departamento de Perforaciones,
Dirección de Máquinas e Industrias, OSN,
Buenos Aires

LUIS MONTÁN

Jefe, Departamento de Construcciones, OSN,
Buenos Aires

ABEL A. POLONSKY

Jefe de División, Departamento de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires,
La Plata, Provincia de Buenos Aires

MANUEL PONTORIERO

Jefe, Departamento de Obras Sanitarias de la Provincia de San Juan, MOP,
San Juan, Provincia de San Juan

JUAN A. RAGGIO

Subdirector, Dirección de Laboratorios, OSN,
Martínez, Provincia de Buenos Aires

Bolivia

CARLOS GUERRERO

Jefe Asociado, División de Ingeniería,
Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP) de Bolivia,
La Paz

ROLANDO GUTIÉRREZ

Ingeniero Sanitario, División de Saneamiento Ambiental,
Ministerio de Salud Pública,
Administración Boliviana de Obras Sanitarias de Bolivia,
La Paz

Brasil

FRANCISCO BORSARI

Ingeniero, Departamento de Aguas y Desagües de Paraná,
Curitiba, Paraná

GILSON DE OLIVEIRA

Jefe, Sector de Proyectos,
Fundación Servicio Especial de Salud Pública (FSESP),
Ministerio de Salud,
Tijuca, Guanabara

LUIS O. DOS SANTOS SENA

Ingeniero Supervisor, FSESP,
Ministerio de Salud,
Salvador, Bahía

LUDWIG WERNER KOCH

Jefe de los Servicios de Ingeniería Sanitaria, FSESP,
Dirección Regional del Nordeste,
Recife, Pernambuco

JOSÉ DE FIGUEIREDO LEDO

Jefe de los Servicios de Ingeniería Sanitaria, FSESP,
Belém, Pará

FABIO M. LENZONI

Jefe, Sección de Estudios y Proyectos, FSESP,
Belo Horizonte, Minas Gerais

FUAD N. MELLEME

Jefe de la IV División de Tratamiento de Agua, Río de Janeiro,
Departamento de Aguas, Sursan,
Río de Janeiro

RENATO PINHEIRO

Ingeniero, Departamento Nacional de Endemias Rurales, Río de Janeiro

JOSÉ ARAUJO DE OLIVERA SANTOS

Ingeniero Supervisor del Servicio de Estudios y Proyectos, FSESP, São Luiz, Maranhão

WERNER SCHNARNDORF

Representante de la Escuela de Ingeniería, Universidad de Río Grande do Sul Pôrto Alegre, Río Grande do Sul

FERNANDO O. VON SPERLING

Director Adjunto, FSESP, Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais

Canadá

LAURIER BELLEVILLE

Ingeniero Regional, Departamento Nacional de Salud y Bienestar, División de Ingeniería de Salud Pública, Montreal, Quebec

STANLEY S. COPP

Ingeniero Regional, Departamento Nacional de Salud y Bienestar, División de Ingeniería de Salud Pública, Vancouver, Colombia Británica

Colombia

MANUEL CARDOZO

Jefe, Departamento Técnico, Instituto Nacional de Fomento Municipal de Bogotá, Bogotá

JAI ME MONCALEANO

Jefe, Sección de Ingeniería de Salud Pública, Ministerio de Salud Pública, Bogotá

Costa Rica

RAFAEL A. CHINCHILLA

Jefe, Departamento de Diseño, Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados de San José, San José

Chile

ALBERTO HARISTOY

Jefe de Estudios de la Empresa de Agua Potable de Santiago de Chile, Santiago

GUILLERMO RUÍZ TRONCOSO

Ingeniero, Departamento de Estudios, Ministerio de Obras Públicas, Santiago

El Salvador

OSCAR BAÑOS PACHECO

Jefe, Departamento de Ingeniería, Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, San Salvador

Estados Unidos de América

FRANK DEMARTINI

Jefe, Sección de Operaciones de Campaña, División de Agua Pura y Control de Agua Contaminada, Servicio de Salud Pública de los E. U. A., Cincinnati, Ohio

ROBERT P. MORFITT

Ingeniero del Servicio de Salud Pública de los E. U. A., Phoenix, Arizona

Guatemala

MANUEL MEDINA MARTÍNEZ

Jefe, Departamento de Aguas y Drenajes, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas Guatemala

Guayana Británica

ULRIC GIBSON

Ingeniero, Departamento de Abastecimientos de Agua Potable, Zona Rural del Gobierno de la Guayana Británica, Georgetown

Haití

FRTZ RODRÍGUEZ

Oficial Subdirector de los Servicios Hidráulicos, Port-au-Prince

Jamaica

NOEL R. GAUNTLETT
Ingeniero Ejecutivo,
División de Abastecimiento de Agua,
Ministerio de Gobierno
Kingston

MAURICE A. PORTER
Jefe Ingeniero del Ministerio de Gobierno,
Kingston

México

EDUARDO BERRÓN
Director de Estudios y Proyectos,
Secretaría de Recursos Hidráulicos,
México, D. F.

ARIEL CANO
Profesor de la Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional Autónoma de México,
México, D. F.

JOSÉ A. GODOY
Jefe, Sección de Saneamiento,
Dirección General de Salud Pública de Estados
y Territorios,
Secretaría de Salubridad y Asistencia,
México, D. F.

EDUARDO MORFIN
Subdirector de Operación y Conservación,
Secretaría de Recursos Hidráulicos,
México, D. F.

Nicaragua

RAFAEL CORRALES CHAVARRÍA
Director del Programa de Saneamiento Rural,
Ministerio de Salubridad Pública,
Managua

Panamá

JORGE I. BARNETT, JR.
Ingeniero, Instituto de Acueductos y Alcan-
tarillados Nacionales de Panamá,
Panamá

Paraguay

ANGEL R. CAMPOS
Director, División de Saneamiento Ambiental,
Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social,
Asunción

CESÁREO L. NICORA

Ingeniero de la Primera Región Sanitaria,
Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social,
Asunción

Perú

AUGUSTO CORNEJO PARRÓ
Jefe, Departamento de Estudios y Proyectos,
Subdirección de Obras Sanitarias,
Ministerio de Fomento y Obras Públicas,
Lima

VÍCTOR RICARDO CORZO
Subjefe, Dirección de Ingeniería Sanitaria,
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social,
Lima

República Dominicana

FRANK PIÑEIRO
Director, Instituto Nacional de Aguas Potables y
de Alcantarillados,
Santo Domingo

Trinidad

CURTIS KNIGHT
Ingeniero de Planeamientos,
División Económica del Gobierno de Trinidad,
Port-of-Spain

Uruguay

AMÍLCAR J. PITTAMIGLIO
Jefe, Sección de Obras Sanitarias del Estado,
Montevideo

HENYK WEITZENFELD
Ingeniero Sanitario Ayudante,
Programa de Salud Pública Rural,
Ministerio de Salud Pública,
Montevideo

Venezuela

PEDRO ARNAL
Jefe, División de Acueductos,
Instituto Nacional de Obras Sanitarias,
Caracas

MANUEL F. MEJÍAS
Jefe, División de Plantas de Tratamiento,
Instituto Nacional de Obras Sanitarias,
Caracas

Consultores Especiales de la Oficina Sanitaria Panamericana para el Seminario

HAROLDO JEZLER

Asesor Regional en Abastecimiento de Agua,
Departamento de Saneamiento del Medio,
Oficina Sanitaria Panamericana,
Washington, D. C., E. U. A.

MIGUEL A. LASALA

Jefe, Departamento Técnico de Obras Sanitarias de la Nación,
Buenos Aires, Argentina

ERNEST W. STEEL

Profesor, Departamento de Ingeniería Civil,
Universidad de Texas,
Austin, Texas, E. U. A.

Conferencistas de Temas

OSWALDO BAHAMONDE

Consultor de la OSP
Bogotá, Colombia

G. F. BRIGGS

Ingeniero Jefe, E. E. Johnson, Inc.
St. Paul, Minnesota, E. U. A.

JOSÉ CAPOCCHI

Asistente de la Facultad de Higiene y Salud Pública,
Universidad de São Paulo,
Director de la División de Tratamiento,
Departamento de Agua y Alcantarillado,
São Paulo, Brasil

WALTER A. CASTAGNINO

Consultor de la OSP
México, D. F., México

KENNETH V. HILL

Socio, "Greeley and Hansen, Consulting Engineers",
Chicago, Illinois, E. U. A.

VICTORIO L. INGLESE

Profesor de Abastecimiento de Agua,
Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de Buenos Aires,
Buenos Aires, Argentina

CHARLES A. MORSE, JR.

Consultor de la OSP,
Lima, Perú

NICOLÁS NYERGES V.

Ingeniero Jefe, Sección de Proyectos,
División de Acueductos Rurales,
Ministerio de Sanidad y Asistencia Social
Caracas, Venezuela

Disertantes sobre Temas Especiales

CHARLES R. COX

Consultor,
Organización Mundial de la Salud y
Agencia para el Desarrollo Internacional,
Washington, D. C., E. U. A.

FAUSTO GUIMARÃES

Asistente del Instituto de Ingeniería Sanitaria
de Río de Janeiro,
Río de Janeiro, Brasil

RICHARD HAZEN

Consultor, "Hazen and Sawyer, Engineers",
Nueva York, N. Y., E. U. A.

MIGUEL A. MARZINELLI

Jefe de División,
Dirección de Estudios y Proyectos,
Obras Sanitarias de la Nación,
Buenos Aires, Argentina

CHARLES PINEO

Ingeniero Sanitario, Jefe del Departamento de
Agua Potable para Municipios,
Agencia para el Desarrollo Internacional,
Washington, D. C., E. U. A.

Agencia para el Desarrollo Internacional

LEE FRANCIS

Jefe de la División de Abastecimientos de Agua,
Kingston, Jamaica

JOSEPH FREEDMAN

Asesor del Servicio Cooperativo Interamericano
de Salud Pública,
La Paz, Bolivia

Banco Interamericano de Desarrollo**HUMBERTO OLIVERO**

Jefe, Grupo Técnico de la División de Desarrollo Social,
Washington, D. C., E. U. A.

Oficina Sanitaria Panamericana**HAROLD R. SHIPMAN**

Jefe del Departamento de Saneamiento del Medio,
Washington, D. C., E. U. A.

EDMUNDO IZURIETA

Consultor de la OSP
Buenos Aires, Argentina

BASILIO PALACIOS

Consultor de la OSP,
Asunción, Paraguay

MANUEL CARRERA

Consultor de la OSP,
Bahía, Brasil

DANTE MUÑOZ

Consultor de la OSP,
Resistencia, Provincia del Chaco,
Argentina

RICARDO AGÜADE

Consultor de la OSP,
San Juan, Provincia de San Juan,
Argentina

FRANK M. HOOT

Consultor de la OSP,
Santa Lucía,
Indias Occidentales

Anexo 2

PROGRAMA

Buenos Aires, Argentina, 20-29 de septiembre de 1962

- Jueves 20**
- 9:00 a.m. Inscripción
 - 10:50 a.m. Llamado a sesión, Ing. Edmundo Izurieta
 - 11:00 a.m. Palabras de bienvenida:
 - Sr. Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Ing. Adolfo Cattáneo
 - Sr. Ministro de Obras y Servicios Públicos de Argentina, Ing. Julio César Crivelli*
 - Sr. Ministro de Asistencia Social y Salud Pública de Argentina, Dr. Tiburcio Padilla
 - Sr. Presidente del Directorio de Obras Sanitarias de la Nación, de Argentina, Ing. Julio Emilio Prats
 - Sr. Vicepresidente del Directorio de Obras Sanitarias de la Nación, Ing. Juan Carlos Calusio
 - 11:40 a.m. Sr. Jefe del Departamento de Saneamiento del Medio, OSP, Ing. Harold R. Shipman—*El programa de abastecimiento de agua en las Américas*
 - 12:00 a.m. Almuerzo
 - 2:00 p.m. Explicación del Programa del Seminario, Ing. Miguel A. Lasala
 - 2:15 p.m. *Objetivos de los diseños de proyectos de abastecimientos de agua*, Ing. Richard Hazen
 - 3:00 p.m. Avisos
- Viernes 21**
- 8:30 a.m. Llamado a sesión, Ing. Harold R. Shipman
Tema I. *Preparación y utilización de las normas de diseño de abastecimientos de agua en América Latina*, Ing. Ernest W. Steel
 - 9:15 a.m. Tema II. *Información básica e intercambio de informaciones en la formulación de normas*, Ing. Haroldo Jezler
 - 10:00 a.m. Formación de grupos de trabajo
 - 10:15 a.m. Discusiones de grupo
 - 1:00 p.m. Almuerzo
 - 3:00 p.m. *El abastecimiento de agua a Buenos Aires, y sus problemas*, Ing. Miguel A. Marzinelli
 - 4:00 p.m. Informes de grupo y discusión, Tema I
 - 4:30 p.m. Informes de grupo y discusión, Tema II

*El Ing. Raúl Curutchet representó al Sr. Ministro de Obras y Servicios Públicos.

Sábado 22	8:30 a.m.	Visita a la planta de tratamiento "Establecimiento General San Martín"
Domingo 23		Libre
Lunes 24	8:30 a.m.	Llamado a sesión, Ing. Edmundo Izurieta Tema III. <i>Aspectos socioeconómicos en la elaboración de normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua</i> , Ing. Nicolás Nyerges V.
	9:15 a.m.	Tema IV. <i>Materiales y equipos; su efecto sobre las normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua</i> , Ing. Charles A. Morse, Jr.
	10:00 a.m.	Formación de grupos de trabajo
	10:15 a.m.	Discusiones de grupo
	1:00 p.m.	Almuerzo
	3:00 p.m.	<i>Problemas relativos a la calidad del agua en América Latina</i> , Ing. Fausto Guimarães
	4:00 p.m.	Informes de grupo y discusión, Tema III
	4:30 p.m.	Informes de grupo y discusión, Tema IV
Martes 25	8:30 a.m.	Llamado a sesión, Ing. Miguel A. Lasala Tema V. <i>Elaboración de anteproyectos y proyectos completos de abastecimiento de agua</i> , Ing. Oswaldo Bahamonde
	9:15 a.m.	Tema VI. <i>Normas de calidad del agua</i> , Ing. José Capocchi
	10:00 a.m.	Formación de grupos de trabajo
	10:15 a.m.	Discusiones de grupo
	1:00 p.m.	Almuerzo
	3:00 p.m.	<i>Diseño funcional en plantas de tratamiento de agua</i> , Ing. Charles R. Cox
	4:00 p.m.	Informes de grupo y discusión, Tema V
	4:30 p.m.	Informes de grupo y discusión, Tema VI
Miércoles 26	8:30 a.m.	Llamado a sesión, Ing. Edmundo Izurieta Tema VII. <i>Normas de proyectos de sistemas de distribución</i> , Ing. Walter A. Castagnino
	9:15 a.m.	Tema VIII. <i>Normas para fuentes de abastecimientos subterráneos</i> , Ing. G. F. Briggs
	10:00 a.m.	Formación de grupos de trabajo
	10:15 a.m.	Discusiones de grupo
	1:00 p.m.	Almuerzo
	3:00 p.m.	<i>Importancia de los objetivos nacionales para las realizaciones en materia de abastecimiento de agua</i> , Ing. Charles Pineo
	4:00 p.m.	Informes de grupo y discusión, Tema VII
	4:30 p.m.	Informes de grupo y discusión, Tema VIII

-
- Jueves 27**
- 8:30 a.m. Llamado a sesión, Ing. Miguel A. Lasala
Tema IX. *Consideraciones de diseño en la sedimentación y filtración del agua*, Ing. Kenneth V. Hill
- 9:15 a.m. Tema X. *Otros problemas de diseño en el tratamiento de agua: Mecanización y automatización, desinfección por cloración y tratamientos especiales*, Ing. Victorio L. Inglese
- 10:00 a.m. Formación de grupos de trabajo
- 10:15 a.m. Discusiones de grupo
- 1:00 p.m. Almuerzo
- 3:00 p.m. *El problema de obtener servicios adecuados de ingeniería en América Latina*, Ing. Ernest W. Steel
- 4:00 p.m. Informes de grupo y discusión, Tema IX
- 4:30 p.m. Informes de grupo y discusión, Tema X
- Viernes 28**
- 8:30 a.m. Visita al depósito elevado "Ing. A. Paitoví"
Preparación del Informe Final
- Sábado 29**
- 8:30 a.m. Presentación y discusión del Informe Final del Seminario
- 11:30 a.m. Sesión de clausura
-