

Desagües de superficie para comunidades de bajos ingresos



Publicado por la
Organización Mundial de la Salud
en colaboración con el
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

La Organización Mundial de la Salud es un organismo especializado de las Naciones Unidas que se ocupa fundamentalmente de asuntos sanitarios internacionales y salud pública. Por conducto de esta organización, creada en 1948, los profesionales de la salud de más de 170 países intercambian sus conocimientos y experiencias con objeto de que todos los ciudadanos del mundo puedan alcanzar en el año 2000 un grado de salud que les permita llevar una vida social y económicamente productiva.

Mediante la cooperación técnica directa con sus Estados Miembros y el fomento de dicha cooperación entre éstos, la OMS promueve el establecimiento de servicios completos de salud, la prevención y la lucha contra las enfermedades, el mejoramiento de las condiciones ambientales, el desarrollo de recursos humanos para la salud, la coordinación y el desarrollo de las investigaciones biomédicas y sobre servicios de salud y la planificación y ejecución de programas de salud.

Un programa tan vasto comprende actividades muy variadas, entre las que cabe destacar el establecimiento de sistemas de atención primaria de salud que alcancen a todas las poblaciones de los Estados Miembros; el mejoramiento de la salud de la madre y el niño; la lucha contra la malnutrición; la lucha contra el paludismo y otras enfermedades transmisibles, como la tuberculosis y la lepra; la coordinación de la estrategia mundial de prevención y lucha contra el SIDA; conseguida ya la erradicación de la viruela, el fomento de la inmunización en masa contra cierto número de otras enfermedades evitables; el mejoramiento de la salud mental; el abastecimiento de agua potable; y la formación de personal de salud de todas las categorías.

El mejoramiento de la salud en todo el mundo requiere también la colaboración internacional en ciertas actividades como el establecimiento de patrones internacionales para sustancias biológicas y de normas sobre plaguicidas y preparaciones farmacéuticas; la formulación de criterios de higiene del medio; la recomendación de denominaciones comunes internacionales para medicamentos; la administración del Reglamento Sanitario Internacional; la revisión de la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas de Salud Conexos; y la compilación y difusión de estadísticas de salud.

Como reflejo de los intereses y prioridades de la Organización y de sus Estados Miembros, las publicaciones de la OMS contienen información de fuentes autorizadas y orientaciones encaminadas a fomentar y promover la salud y a prevenir y combatir las enfermedades.

Desagües de superficie para comunidades de bajos ingresos



Organización Mundial de la Salud
Ginebra, 1991

Catalogación por Biblioteca de la OMS

Desagües de superficie para comunidades de bajos ingresos.

1.Desagües sanitarios 2.Planificación de ciudades 3.Participación comunitaria
4.Paises en desarrollo

ISBN 92 4 354416 0

(Clasificación NLM: WA 671)

© ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD 1991

Las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones sobre reproducción de originales del Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Los interesados en reproducir o traducir íntegramente o en parte alguna publicación de la OMS deberán solicitar la oportuna autorización a la Oficina de Publicaciones, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. La Organización Mundial de la Salud dará a esas solicitudes consideración muy favorable.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Secretaría de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o de nombres comerciales de ciertos productos no implica que la Organización Mundial de la Salud los apruebe o recomienda con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las marcas registradas de artículos o productos de esta naturaleza se distinguen en las publicaciones de la OMS por una letra inicial mayúscula.

Indice

	Pág.
Nota de reconocimiento	V
1. Desagües de superficie en zonas urbanas	1
1.1 El problema	1
1.2 Consecuencias sanitarias	2
1.3 Repercusión en la planificación urbana	7
1.4 La necesidad de colaboración	8
1.5 Desarrollo de un programa de alcantarillado	11
1.6 Lecturas seleccionadas	13
2. Opciones de desagüe	14
2.1 Estructura jerárquica de la red	14
2.2 Factores que afectan el caudal de aguas pluviales	15
2.3 Problemas de las pendientes empinadas	16
2.4 Problemas en zonas llanas	20
2.5 Desagües abiertos o desagües cerrados	24
2.6 Diseño y construcción de canales	26
2.7 Desagües cerrados	31
2.8 Construcción	33
2.9 Desagües de «fabricación propia»	38
2.10 Lecturas seleccionadas	44
3. Rehabilitación y mantenimiento	45
3.1 Causa de los fallos del desagüe	45
3.2 Rehabilitación de redes existentes	47
3.3 Mantenimiento: aspectos técnicos	55
3.4 Mantenimiento: aspectos institucionales	58
3.5 Lecturas seleccionadas	58
4. Participación de la comunidad	59
4.1 La necesidad de participación	59
4.2 Instituciones comunitarias	61
4.3 Concienciación	63
4.4 Un programa de acción	67
4.5 Participación en el mantenimiento	70
4.6 Lecturas seleccionadas	73

Anexo 1.	Glosario	75
Anexo 2.	Cálculos de diseño	78
Anexo 3.	Términos de referencia para consultores	89
Anexo 4.	Fuentes de orientación para el comité de alcantarillado	93

Nota de reconocimiento

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Mundial de la Salud desean expresar su gratitud a todos aquellos que han participado en la elaboración de esta publicación, en particular a sus dos autores principales: el Dr. S. Cairncross, de la London School of Hygiene and Tropical Medicine, y el Dr. E.A.R. Ouano, ingeniero consultor, Manila, Filipinas. Para su trabajo, los autores han extraído abundante material de un módulo de adiestramiento preparado por el United Nations Centre for Human Settlements (Habitat), cuya colaboración al suministrar dicho material es reconocida con agradecimiento. Merece gratitud finalmente la GTZ (Agencia de Cooperación Técnica, República Federal de Alemania) por su generosa ayuda financiera, que hizo posible la publicación del presente libro.

I. Desagües de superficie en zonas urbanas

I.1 El problema

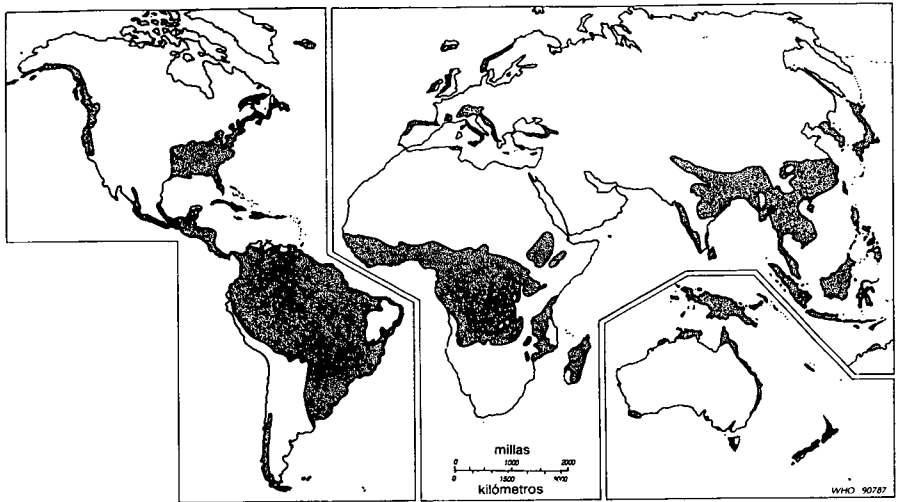
En lo que a infraestructura urbana se refiere, muchas comunidades de bajos ingresos de los países en desarrollo consideran que su necesidad más urgente es el drenaje de aguas pluviales. En parte, esto obedece a que frecuentemente sus casas han sido construidas sobre terrenos inadecuados. En zonas cuya proximidad al centro de la ciudad permitiría a los residentes pagarse el transporte hasta el lugar de trabajo, el precio de la tierra está fuera de sus posibilidades económicas. La única tierra a la que tienen acceso, o en la que los propietarios les permiten quedarse como ocupantes ilegales, es tierra inservible para otros fines. A menudo se trata de empinadas laderas expuestas a la erosión y a los desprendimientos de tierra, y en otros casos, de tierras bajas y cenagosas expuestas a menudo a inundaciones.

Históricamente, la mayor parte de las principales ciudades del mundo en desarrollo surgió a lo largo de las costas en forma de puertos, muchas veces en estuarios de ríos que servían de arterias comerciales para el transporte de bienes hacia y desde las regiones interiores. Es en las regiones costeras del mundo donde se registra el promedio de lluvias más elevado (Fig. 1), pero los terrenos llanos del estuario y las tierras de aluvión a menudo impermeables dificultan el drenaje.

Incluso en las regiones áridas, donde la media de precipitaciones es más baja, las lluvias tropicales, cuando caen, son más intensas que en climas más templados. Además, la falta de vegetación y de desagües adecuados significa que en cuestión de minutos pueden formarse torrentes de agua que causarán daños en viviendas y propiedades, que llevará años reparar. No sólo el agua de lluvia es un problema. Si no hay una red de desagües adecuada, las pérdidas en las cañerías, las aguas utilizadas para lavar y bañarse, y las aguas residuales proveniente de fosas sépticas y cloacas obturadas constituyen un peligro para la salud, además de dañar edificios y ocasionar inundaciones.

La falta de drenaje es especialmente grave cuando el suelo tiene una fuerte pendiente o cuando es muy plano. En sitios muy empinados, como algunas zonas de Luanda, Río de Janeiro y Hong Kong, las aguas de lluvia corren con rapidez y violencia, dañando

Fig. 1. Zonas con promedios de precipitación anuales superiores a 1,5 m.

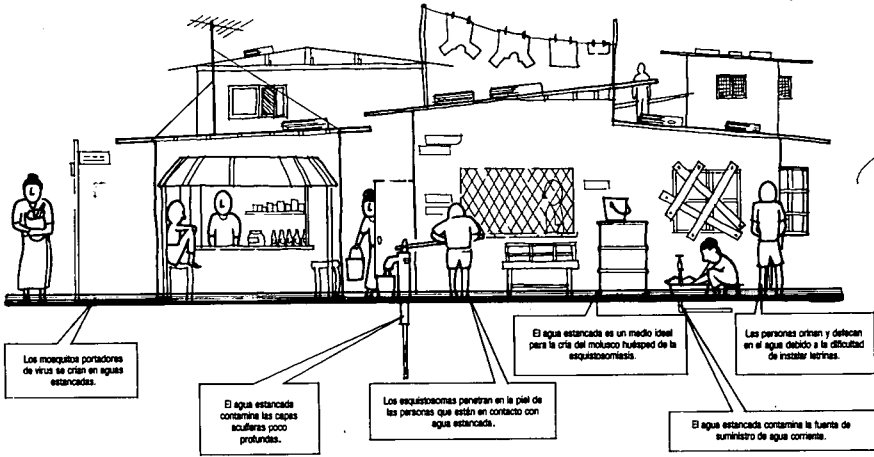


edificios, erosionando el suelo y a veces causando desprendimientos de tierras. El suelo erosionado de una ladera se deposita por lo general al pie de la misma; así, se ha dado el caso de viviendas que han quedado totalmente sepultadas por tierra erosionada en una sola tormenta. En otros casos el suelo es plano. En ciudades como Bangkok, Calcuta, Colombo, Dar es Salam, Guayaquil, Lagos, Manila, Recife y Yakarta, se inundan muchos barrios al menos una o dos veces por año, y la gente tiene que aprender a enfrentarse con el agua dentro de sus viviendas. A veces los habitantes construyen sus casas sobre pilares y las comunican mediante vías peatonales elevadas; sin embargo, la construcción de éstas es inestable y resulta muy fácil perder el equilibrio y caerse a las fangosas y contaminadas aguas.

1.2 Consecuencias sanitarias

La gente que muere ahogada en inundaciones, sepultada por desprendimientos de tierra o bajo los escombros de casas derrumbadas es quizá el ejemplo más dramático de los sufrimientos que una red de alcantarillado puede ayudar a mitigar. Menos visible para el forastero, pero de mayor impacto en la vida de los residentes en una comunidad pobre, es la suma constante de enfermedades, invalidez y muerte que causa el agua estancada.

Fig. 2. Aguas estancadas y transmisión de enfermedades. Consecuencias sanitarias de un desagüe deficiente.



El primer lugar por orden de importancia sanitaria corresponde a las diversas infecciones «fecal-orales» transmitidas por el consumo de agua y alimentos contaminados. Los microscópicos gérmenes patógenos que las originan se encuentran en las excreciones de gente o de animales infectados. Las aguas de superficie se contaminan con esos gérmenes a través de cloacas obturadas y fosas sépticas desbordadas, y en ocasiones, por la defecación al aire libre de animales o de personas que no disponen de cuartos de aseo. Así, esta agua contaminada puede infectar a las personas de varias maneras. Puede contaminar sus manos, sus utensilios o sus reservas de agua potable (Fig. 2). Los niños, al jugar y bañarse en el agua, están especialmente expuestos a infectarse.

Entre las enfermedades fecal-orales relacionadas con el agua se cuentan algunas tan conocidas como el cólera y la fiebre tifoidea, que son a menudo mortales, pero también las múltiples enfermedades diarreicas que afectan particularmente a niños pequeños de países en desarrollo, contribuyendo así a la malnutrición y la muerte. En realidad, estas enfermedades diarreicas son a menudo responsables de más mortalidad infantil que ninguna otra causa de muerte. Mejoras en el saneamiento y en el abastecimiento de agua constituyen importantes medidas para combatirlas, pero son imposibles de aplicar en zonas sujetas a frecuentes inundaciones.

En los países en que la esquistosomiasis es endémica, las zonas urbanas con alcantarillado deficiente ofrecen grandes posibilida-



Foto: S. Cairncross

Fuente pública en una comunidad pobre de Pondicherry, India, con un desagüe deficiente. Los servicios de saneamiento, como los de suministro de agua y evacuación de excretas, carecen de la higiene suficiente en ausencia de un sistema de desagüe adecuado.

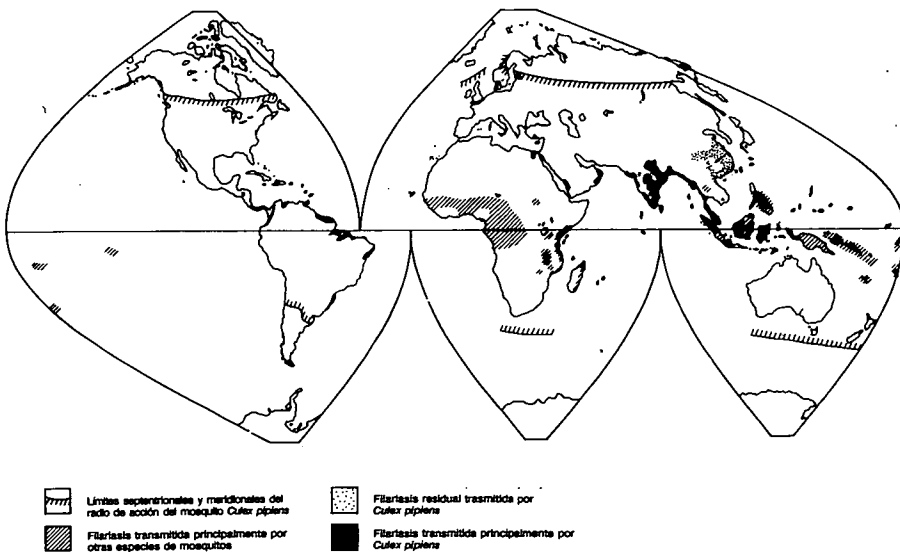
des para la transmisión de esta enfermedad (Fig. 2). La contaminación de aguas estancadas por las heces de personas infectadas (y, para uno de los tipos de esquistosomiasis, por su orina) permite a los esquistosomas, parásitos microscópicos que producen esta infección, llegar hasta los pequeños moluscos de agua en cuyos cuerpos se multiplican. De cada molusco infectado surgen miles de esquistosomas que nadan en las aguas. Los habitantes locales se infectan cuando entran en el agua y los esquistosomas atraviesan su piel.

Puede a veces considerarse la esquistosomiasis como una enfermedad rural, pero con frecuencia no es menos prevalente en zonas urbanas donde no hay alcantarillado. Algunas de las especies del molusco huésped prosperan y se reproducen rápidamente en las aguas estancadas y fuertemente contaminadas que se acumulan a menudo en dichas zonas. Además, una sola persona infectada en una zona urbana puede producir suficiente contaminación para infectar a un gran número de personas que viven en su mismo barrio superpoblado, ya que incluso un pequeño número de moluscos, una vez infectados, pueden producir muchos miles de esquistosomas durante un largo período de tiempo.

Otro importante grupo de enfermedades originadas por un alcantarillado deficiente son transmitidas por mosquitos. Distintos tipos de mosquitos transmiten diferentes enfermedades, y cada especie elige distintos tipos de aguas para reproducirse. Algunas prefieren aguas fuertemente contaminadas, otras las prefieren limpias; unas se reproducen en zonas inundadas, otras en los propios desagües cuando éstos se encuentran bloqueados por basura o vegetación o han sido construidos con una pendiente irregular que permite la acumulación de agua estancada.

El paludismo es la más conocida de las infecciones transmitidas por mosquitos, en este caso especies de *Anopheles*, muchas de las cuales pican tanto a los animales como al hombre. La transmisión puede ser particularmente intensa en las zonas urbanas, en las que hay relativamente pocos animales que puedan desviar a las especies vectoras de mosquitos de su fuente de alimentación de sangre humana. Por lo general, los mosquitos anofelinos no se reproducen en aguas fuertemente contaminadas, pero pueden multiplicarse en pantanos, pozos, charcas y también en arroyos y colectores de aguas pluviales en los que haya agua estancada. Los mosquitos anofelinos que se crían en zonas con alcantarillado deficiente pueden transmitir el paludismo a zonas adyacentes de la ciudad. Un peligro especial en una ciudad es el elevado número de viajeros in-

Fig. 3. Distribución geográfica de la filariosis de Bancroft transmitida por mosquitos *Culex pipiens* (tomado de Curtis, C. F. y Feachem, R. G. Sanitation and *Culex pipiens* mosquitoes: a brief review. *Journal of tropical medicine and hygiene*, **84**: 17 - 25 (1981).



ternacionales que pasan por ella, lo que aumenta el riesgo de importar nuevas estirpes del parásito del paludismo; quizá fármacos resistentes.

Otra familia de mosquitos, la especie *Aedes*, puede transmitir varios tipos de virus tales como los que causan el dengue y la fiebre amarilla. Pueden originarse epidemias urbanas. En los últimos años se ha observado una forma de dengue más virulenta, conocida como dengue fiebre hemorrágica (DFH). Tanto el DFH como la fiebre amarilla son a menudo mortales. Los mosquitos *aedes* suelen reproducirse en aguas limpias, por ejemplo en vasijas de reserva de agua para uso doméstico; pero también se ha comprobado que se multiplican en zonas pantanosas o inundadas, así como en desagües abiertos y colectores de aguas pluviales.

Por último, existe el problema específicamente urbano de la filariasis de Bancroft, que puede producir elefantiasis (hinchazón irreversible de las piernas), además de otros síntomas incapacitantes. Aunque en zonas rurales es transmitida por especies de *Anopheles*, que parecen ser los vectores originales de la enfermedad, al parecer se ha adaptado a la transmisión en zonas urbanas por el grupo *Culex pipiens*, (Fig. 3) que generalmente se reproducen en aguas fuertemente contaminadas. La transmisión de la enfermedad es un proceso relativamente ineficiente, de modo que se necesitan muchos años de exposición a intensas picaduras nocturnas de mosquitos para que se desarrolle el caso medio. No obstante, más de 80 millones de personas de los países en desarrollo están infectadas. En muchos países, como por ejemplo la India, la enfermedad es especialmente prevalente en zonas urbanas. En la actualidad, la transmisión de la filariasis por los mosquitos *Culex pipiens* es un fenómeno común en Asia, se observa en ciudades de la costa oriental de Africa y Sudamérica, y puede comenzar pronto en las grandes zonas urbanas de Africa Occidental que tienen sistema de alcantarillado deficiente, donde ya existen tanto la enfermedad como el mosquito vector.

La construcción de una red de alcantarillado es una medida eficaz de lucha contra los mosquitos. Es más barata que la aplicación de insecticidas y no tiene que repetirse con regularidad. En muchos casos, su costo es menor que el de la cantidad de insecticida necesaria para un año. A diferencia de los insecticidas, no tiene efecto perjudicial sobre el medio ambiente; por el contrario, constituye una mejora ambiental. Además, no existe el peligro de que los mosquitos se hagan resistentes como sucede con los insecticidas.

1.3 Repercusión en la planificación urbana

Si bien es cierto que a menudo los pobres de las ciudades construyen sobre suelos con problemas de desagüe, también es verdad que una buena planificación urbana puede contribuir a evitar que los problemas se agraven.

Una de las medidas de planificación más simples consiste en delimitar parcelas regulares de terreno antes de que en determinada zona se empiece a construir, dejando espacio libre para trazar bien las calles. Al tener éstas la anchura y el trazado adecuados se facilita en gran medida la construcción de desagües cuando más tarde se los necesite. Los planes de *demarcación y servicios* son caros y toman mucho tiempo de planificación y ejecución, pero un plan «sólo de demarcación» como el mencionado debería estar al alcance de todas las municipalidades. Una vez diseñado el plano general de un barrio, se puede enseñar a sus habitantes (o futuros habitantes) cómo trazar sus parcelas rectangulares individuales sin instrumentos más sofisticados que un metro o incluso una cuerda con nudos dispuestos a intervalos regulares. En la construcción de viviendas es necesario observar cierto grado de disciplina para cerciorarse de que se respetan los límites de las parcelas, y para impedir que las casas obstruyan los cauces de desagüe existentes u ocupen tierras necesarias para futuras obras de alcantarillado. Los propios residentes están en la mejor posición para hacer que esto se cumpla.

El desarrollo de zonas residenciales puede aumentar los problemas de desagüe de otras maneras. A medida que se elimina la vegetación, se reduce la capacidad del suelo para retener agua y resistir la erosión. El aumento de la superficie cubierta por techos y calzadas disminuye el área de suelo por donde pueda infiltrarse el agua, incrementándose el volumen de ésta que deben absorber los desagües. Las zonas bajas susceptibles de inundaciones cumplen la función de contener las aguas pluviales de tormentas repentinas hasta que se van retirando paulatinamente; cuando estas áreas están ocupadas por viviendas, se originan inundaciones en otras zonas.

Las carreteras han de construirse a un nivel más alto que el de las inundaciones, y los terraplenes que las mismas requieren pueden llegar a obstruir los cauces naturales de desagüe o canalizar el agua a sus flancos causando erosión. En algunos casos, como en algunas zonas de Bangkok, se han construido calles rellenando zanjas existentes, lo que ha ocasionado graves inundaciones. Cuando los canales naturales de desagüe no han sido obstruidos por edificios

o rellenados, a menudo quedan bloqueados por basuras domésticas.

Por otra parte, las mejoras de alcantarillado de una zona están estrechamente vinculadas a los problemas de desagüe de otras zonas, por lo que es preferible planificarlas en el contexto total de la ciudad, o al menos en el de toda un área de captación. Un mejor desagüe en un barrio significa que el agua de superficie fluye con mayor rapidez e impone una sobrecarga en algún punto más bajo de la red. Al mismo tiempo, las mejoras de desagüe de cierta localidad pueden servir de poco si el agua retrocede por insuficiencia de capacidad en un punto más bajo de la red. Este ha sido un serio problema en Yakarta, donde desagües locales mejorados quedaban frecuentemente sumergidos bajo el agua refluida por construcciones en los canales principales de la ciudad.

Naturalmente, una comunidad local puede llevar a cabo mejoras locales incluso sin intervención plena de las autoridades de planificación de la ciudad, pero por lo menos debe prestarse cierta atención a la masa de agua en la cual descargará la nueva red de alcantarillado. Ya se trate de una cloaca principal, de un río, un lago o el mar, el nivel máximo que alcanzan estas aguas determina generalmente el nivel mínimo de la nueva red de desagüe. La acometida de agua también afecta a la calidad del «agua receptora» en la cual desemboca, especialmente cuando en los desagües se vierten aguas residuales o fluidos de fosas sépticas. En Bangalore, por ejemplo, la llegada de aguas residuales a diversos embalses de la ciudad provocó una intensa multiplicación de mosquitos hasta que se tomaron medidas para desviar la descarga de los desagües.

1.4 La necesidad de colaboración

Las mejoras de los sistemas de desagüe no son únicamente tarea de un ingeniero especializado. Abarcan a diversas profesiones y necesitan la colaboración de varios sectores si han de tener éxito. El avenamiento concierne en gran medida a los planificadores urbanos, y cuando hay que cambiar de sitio alguna casa o abrir espacios para nuevos desagües, también habrán de intervenir arquitectos y constructores. Como los desagües se construyen normalmente a los lados de las calles, su construcción interesará al organismo correspondiente, ya que un correcto desagüe es esencial para proteger la calzada de las calles.

El mantenimiento de la red de alcantarillado depende de un servicio de recogida de basuras eficiente, pues sin éste los desagües

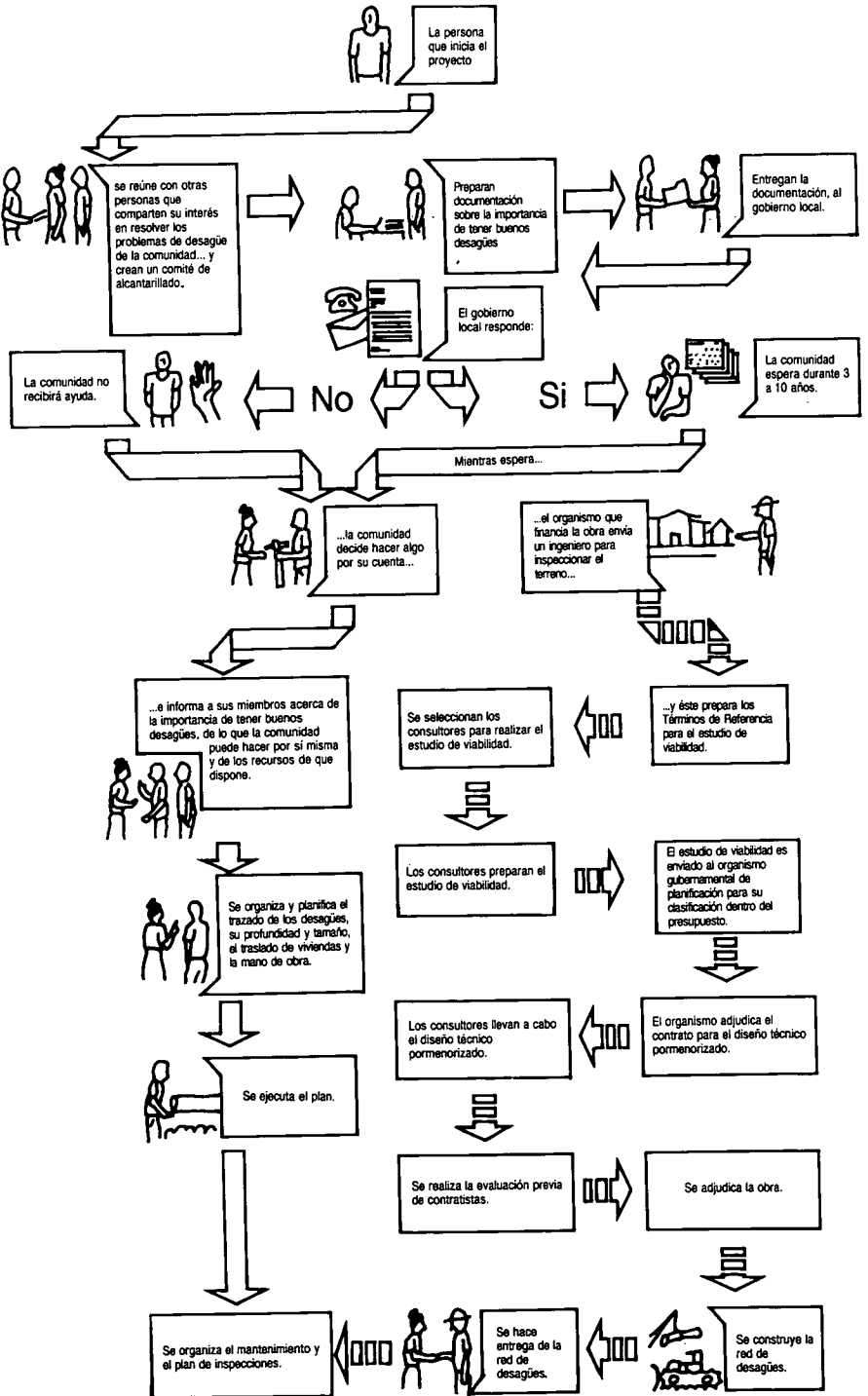
pronto estarán llenos de desperdicios. Además, el servicio de limpieza de calles y recogida de basuras es con frecuencia el departamento municipal más adecuado para encargarse de limpiar regularmente los desagües, ya que dispone de los vehículos necesarios para retirar materiales sólidos como el cieno, la vegetación y la basura que se acumulan en ellos. El departamento de sanidad se preocupará de garantizar que la limpieza se realice correcta y regularmente, y que los desagües no estén contruidos de forma tal que dificulten esta tarea o que favorezcan la transmisión de enfermedades. A su vez, esto requiere la intervención de varias especialidades como, por ejemplo, la entomología médica.

La comunidad tiene un papel clave que desempeñar. Participen o no en la construcción los residentes locales, su cooperación es imprescindible para obtener las tierras necesarias. Puede que algunos de ellos tengan que sacrificar parte de sus solares o acceder a construir sus casas en otro lugar para dejar sitio a los nuevos desagües. Tanto si la comunidad asume la responsabilidad del mantenimiento como si no lo hace, una actitud responsable de su parte contribuirá en gran medida a la conservación de la red, reduciendo la cantidad de basuras arrojadas en los desagües y los daños ocasionados por vehículos, obras o vandalismo. Un solo habitante que no coopere y bloquee el flujo de agua o deje de limpiar su sección del canal de desagüe es suficiente para perjudicar a toda la comunidad. Por consiguiente, un buen alcantarillado requiere una estrecha colaboración entre la comunidad y sus dirigentes, y también con aquellas personas que trabajan para la comunidad, como los educadores y los agentes de salud.

No obstante, una actitud de cooperación no es suficiente. La colaboración eficaz entre los departamentos municipales y la participación de la comunidad tienen consecuencias institucionales.

A nivel de gobierno local, la consideración más importante es que *algún* departamento por lo menos ha de asumir la responsabilidad principal de la red de alcantarillado urbano. En muchas ciudades no está claramente definido quién es responsable de la limpieza y mantenimiento de la red de desagües naturales o contruidos por el hombre, y en otras incluso no está muy claro a quién le corresponde construirlos ni qué departamento de la administración nacional debe financiar las grandes obras de alcantarillado. Un ejemplo de las situaciones absurdas que pueden originarse en tales casos es que un departamento municipal saque la basura de los desagües, el servicio de recogida de basuras se niegue a recogerla de donde ha sido arrojada y el departamento de caminos la barra de nuevo dentro de los desagües.

Fig. 4. Posible desarrollo de los acontecimientos en la resolución de problemas de desagüe.



Lo ideal sería que la limpieza regular de los desagües estuviese a cargo de los servicios de limpieza de calles y recogida de basuras. Sin embargo, otros departamentos suelen ser responsables de la construcción y reparación de las alcantarillas, de modo que varios servicios se verán inevitablemente implicados. Por tanto, debiera llegarse a un acuerdo para celebrar reuniones periódicas de coordinación, y un solo departamento debiera tener la responsabilidad de convocarlas. El departamento de salud debiera estar representado.

Asimismo, se necesita algún tipo de acuerdo institucional en la comunidad para movilizar y coordinar su contribución y garantizar que la misma no sea menoscabada por el comportamiento antisocial de una minoría. En lo posible, es mejor apoyarse en instituciones comunitarias existentes, aunque puede que éstas ya estén totalmente ocupadas en otras tareas cotidianas. En muchos casos, un primer paso provechoso consiste en formar un comité de alcantarillado que organice la contribución de la comunidad a la planificación, ejecución y mantenimiento de las mejoras de desagüe. En la sección 4 se trata más a fondo el tema de las instituciones comunitarias.

1.5 Desarrollo de un programa de alcantarillado

Un programa típico de mejoras de alcantarillado en un barrio pasa por cuatro etapas principales:

- iniciación
- planificación
- construcción, y
- mantenimiento.

Las dos primeras etapas son fundamentales, ya que determinan todo el trabajo posterior.

La *iniciación* de un programa comienza cuando la propia comunidad reconoce la necesidad de contar con mejores desagües, quizá tras una inundación especialmente grave o como consecuencia de mejoras introducidas en otros barrios. En muchos casos, sin embargo, actúa de catalizador algún agente externo, como la municipalidad, un partido político, una organización no gubernamental, o la preocupación individual de un maestro o de un agente de salud. Esta etapa implica identificar la necesidad de desagües, lograr un consenso respecto a la magnitud del problema y a la solución requerida, y formar un comité de alcantarillado, al menos con ca-

rácter provisional. Cuando la iniciativa proviene de fuera, también suele venir acompañada de cierto esfuerzo realizado dentro de la comunidad con el fin de lograr que ésta tome conciencia del problema y así fomentar el apoyo al programa de alcantarillado.

La *Planificación* es la etapa más importante de todas, puesto que comporta decisiones fundamentales. Cuantas más decisiones puedan tomarse en la etapa de planificación, mejor será para el programa en lo futuro.

Lo primero y más importante que debe resolver la comunidad es decidir si el programa de alcantarillado se llevará a cabo según un procedimiento oficial, a través de las autoridades locales, o si debe intentar por su cuenta un proyecto de «fabricación propia». Los proyectos oficiales de alcantarillado suelen ser caros, de modo que la primera tarea del comité de alcantarillado es presionar y convencer a las autoridades locales de que accedan a apoyar el programa, (a menos, naturalmente, que el plan haya sido iniciado por las propias autoridades). Estas, normalmente, tienen que conseguir financiación de algún otro organismo, que a su vez, antes de adjudicar a un contratista las obras de la nueva red, probablemente exija un informe de viabilidad y unos planos realizados por un ingeniero consultor. Como todo esto lleva tiempo —normalmente entre tres y diez años— puede que la comunidad prefiera, entretanto, llevar a cabo ella misma algunas obras provisionarias de «fabricación propia» (Fig. 4).

Cualquiera que sea la opción elegida, es importante definir no sólo el trazado y el diseño de la nueva red de alcantarillado sino también el papel que desempeñará la comunidad en las fases de construcción y mantenimiento, y cómo ha de organizarse su contribución al proyecto.

Las etapas de *construcción y mantenimiento* se examinan detalladamente en lo que queda de libro. La siguiente descripción del ordenamiento de las secciones puede servir de guía al lector.

En la sección 2 se tratan los aspectos técnicos del diseño y construcción de desagües. Gran parte de la información será de interés para lectores no técnicos. Especialmente importantes son las secciones 2.1 y 2.2, ya que en ellas se exponen algunos conceptos básicos. La sección 2.9, donde se explica cómo la comunidad puede planificar sus propias mejoras de desagüe sin ayuda exterior, interesará también a los ingenieros que se enfrenten por primera vez con un problema de alcantarillado local.

La sección 3 trata de la rehabilitación y el mantenimiento de redes de alcantarillado. Aunque casi toda esta sección es técnica, los lectores que carezcan de formación técnica no tendrán dificultad

en seguirla. Los aspectos institucionales del mantenimiento se examinan en la sección 3.4.

En la sección 4 se analiza la participación de la comunidad en los planes de alcantarillado, tema al que no se suele dar la debida importancia. ¡El lector debería por lo menos echar una ojeada a la sección 4.1 antes de decidir si leerá el resto!

El anexo 1 contiene un glosario de términos; en otros anexos se ofrecen cálculos de diseño, términos de referencia para consultores y fuentes para la orientación del comité de alcantarillado

1.6 Lecturas seleccionadas

CAIRNCROSS, S. Urban drainage in developing countries. *Parasitology Today*, 2 (7); 200-202 (1986).

CAIRNCROSS, S. y FEACHEM, R. G. *Environmental Health Engineering in the Tropical: an Introductory Text*. Chichester, John Wiley & Sons, 1983.

CURTIS, C. F. y FEACHEM, R. G. Sanitation and culex pipiens mosquitoes: a brief review. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 84: 17-25, (1981).

DAVIDSON F. y PAYNE, G. *Urban Projects Manual: a Guide to Upgrading and New Development Projects Accesible to Low Income Groups*. Liverpool, Liverpool University Press, 1983.

HARPHAM, T. *In the Shadow of the City: Health Care and the Urban Poor*. Oxford, Oxford University Press, 1988.

La urbanización y sus repercusiones en la salud infantil. Posibilidades de unión. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1989.

MCAUSLAN, P. *Urban Land and Shelter for the Poor*. London, International Institute for Environment and Development, Londres, 1985.

TABIBZADEH, I. et al. *La ciudad en primer plano: el mejoramiento de la higiene urbana en los países en desarrollo*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud (en prensa).

2. Opciones de desagüe

2.1 Estructura jerárquica de la red

Los problemas de desagüe que afectan a un barrio forman parte de un conjunto de problemas que en distintos niveles de importancia conciernen a toda la red de alcantarillado de la ciudad y que se corresponden con las distintas categorías de desagües que la componen. La estructura jerárquica abarca desde canales principales o grandes cloacas que recogen aguas de amplias zonas de la ciudad hasta pequeñas zanjas o tuberías de desagüe instaladas al borde de las calles o utilizadas en propiedades privadas.

En la categoría más básica de la estructura se encuentra la *masa de agua receptora*, en la cual descarga la red. Puede tratarse del mar, de un lago o de un río. El nivel de las aguas receptoras determina el nivel mínimo de los canales de desagüe, ya que eliminar las aguas torrenciales mediante bombas sólo está al alcance de las comunidades más ricas. Aunque fuera posible costear bombas de capacidad suficiente para extraer el caudal entero de agua, la solución sería poco práctica por las múltiples dificultades de mantenimiento y los graves daños que ocasionaría el mal funcionamiento o la rotura de las bombas. En muchas zonas llanas de bajos ingresos, el nivel de las aguas receptoras se aproxima mucho al nivel del terreno, lo que significa que los desagües no pueden construirse a mucha profundidad.

En la siguiente categoría se encuentra la *red primaria*, compuesta por los desagües principales, a veces denominados colectores o interceptores. Éstos sirven a amplias zonas de una ciudad o a toda la ciudad, y muchas veces siguen los cauces naturales de desagües, tales como ríos o arroyos. El diseño, la construcción y el mantenimiento de los desagües principales de una ciudad requieren profundos conocimientos de ingeniería y una amplia base financiera, lo que coloca a este tipo de proyecto fuera del alcance de una comunidad individual, y no será tratado aquí.

Por último está el *sistema secundario de desagüe*, una red de pequeños desagües dentro de cada barrio. A veces se los conoce como microdesagües o ramales laterales, y cada uno sirve a una pequeña zona de captación, que puede ser desde una única propiedad hasta varios bloques de viviendas. La presente publicación trata principalmente del nivel secundario del sistema de alcantarillado. A este nivel es posible realizar mejoras con inversiones modestas, y con frecuencia las soluciones de bajo costo resultan apropiadas.

2.2 Factores que afectan el caudal de aguas pluviales

No toda el agua que cae en forma de lluvia tiene que ser absorbida por la red de alcantarillas. Parte de ella se infiltrará en la tierra, mientras que otra parte permanecerá en charcas y otras depresiones, y pasado algún tiempo se evaporará. La cantidad relativa de agua que escurre por la superficie del terreno hasta ser captada por la red de alcantarillado se conoce como coeficiente de escurrimiento. En la práctica, durante una tormenta hay pocas posibilidades de evaporación, por lo que el coeficiente de escurrimiento que hay que aplicar para calcular el tamaño de los desagües requeridos se basará en la capacidad de infiltración del suelo, que a su vez depende principalmente de las condiciones del mismo, de la pendiente del terreno y del uso que se le dé a la tierra.

Condiciones del suelo. El agua se infiltra con mayor rapidez en suelo arenoso que en terrenos arcillosos o rocosos.

Terreno. El agua escurre más rápidamente de una pendiente empinada, lo que le deja menos tiempo para infiltrarse que cuando se halla inmóvil o se mueve lentamente en una zona plana.

Uso de la tierra. La vegetación retiene mucha agua y reblandece el suelo, facilitando así la infiltración. Por el contrario, los tejados y las superficies pavimentadas impiden la misma.

Los coeficientes de escurrimiento son por tanto más elevados en áreas de suelo arcilloso o rocoso, en pendientes pronunciadas y en zonas densamente pobladas y con escasa vegetación. Ejemplo de ello es que la cantidad de agua que deben absorber los desagües en una zona de alta densidad de viviendas puede ser de cinco a seis veces mayor de lo que era cuando la misma zona estaba sin desarrollar y cubierta de vegetación.

La velocidad con que el agua se introduce en la red de alcantarillado depende del coeficiente de escurrimiento, pero también de la intensidad de la lluvia. Naturalmente, ésta puede variar entre un fuerte aguacero y una ligera llovizna, y, debido a la imprevisibilidad del tiempo, no es fácil predecir cuál será la máxima intensidad pluvial que se registrará en un año determinado. No obstante, analizando los valores registrados en el pasado es posible calcular la probabilidad de que llueva con determinada intensidad. Cuanto más fuerte la tormenta (es decir, más alta la intensidad de lluvia), menor será la probabilidad de que ocurra.

Esta probabilidad se expresa usualmente en forma de «ciclo de retorno». Se dice que una tormenta tiene una probabilidad de 1 a 20 de ocurrir en determinado año cuando su ciclo de retorno es

de 20 años, y se la denomina tormenta de 20 años. Esto no quiere decir, claro está, que ocurrirá exactamente cada 20 años, pero en promedio se registrará con esa frecuencia, es decir, cinco veces en un siglo.

Si una red de alcantarillado ha sido diseñada para soportar una tormenta extraordinariamente fuerte con un ciclo de retorno de 100 años, puede que no llegue a emplearse al máximo en toda su vida útil. El dinero gastado en construirla con semejante capacidad se podría haber invertido mejor instalando desagües más pequeños en zonas carentes de ellos. Guiarse por el ciclo de retorno óptimo para diseñar una red de alcantarillado urbano es una decisión difícil que se apoya en sopesar el riesgo de que los desagües se desborden, con los daños que esto puede ocasionar, y el costo de construir alcantarillas más grandes para impedirlo.

Al diseñar redes primarias de alcantarillado para ciudades tropicales, generalmente se calcula un ciclo de retorno de cinco años, pero para los ramales laterales de zonas residenciales, donde un desbordamiento ocasional tiene menos probabilidad de causar daños graves, es más apropiado elegir períodos más cortos (de tres años o menos). En zonas de bajos ingresos, donde el valor de la propiedad expuesta a los daños es relativamente bajo, y donde sólo se dispone de recursos limitados para invertir en desagües, el ciclo de retorno adecuado puede ser incluso más breve. En Mombasa, por ejemplo, se ha elegido un ciclo de retorno de un año para todos los desagües salvo los más grandes. En Calcuta, algunos desagües han sido diseñados con un ciclo de retorno de tan sólo dos meses. Unos pocos centímetros de agua desbordada unas cuantas veces por año puede considerarse una gran mejoría en comparación con el agua hasta la cintura durante semanas seguidas.

El daño que una tromba de agua puede causar a las carreteras es por lo general la principal justificación para construir alcantarillas en zonas de bajos ingresos. En áreas con pendientes pronunciadas, un solo temporal fuerte que provoque el desbordamiento de los desagües es capaz de ocasionar enormes daños por erosión, por lo que en este caso tal vez se justifiquen ciclos de retornos más prolongados que los aplicados en zonas llanas.

En el anexo 2 se encontrará más información respecto a la manera de calcular el caudal de aguas pluviales y utilizarlo para determinar, en la fase de diseño, el tamaño de las alcantarillas.

2.3 Problemas de las pendientes empinadas

Los terrenos en pendientes sufren erosión cuando la cubierta de vegetación se daña o cuando el uso intensivo de la tierra deja el sue-

lo pelado. Por ello es importante impedir que el agua fluya hacia abajo en torrentes incontrolados que puedan socavar viviendas y convertir senderos y calles en hondonadas intransitables. Como regla general, se considera empinada toda pendiente con más del 5 % de gradiente.

En terrenos desnivelados, la única forma de que la tierra absorba el agua es construyendo terrazas que disminuyan la pendiente. Para controlar la erosión en tierras dedicadas a la agricultura, existen y se emplean diversos métodos. Sin embargo, éstos sólo pueden aplicarse en zonas urbanas cuando el barrio aún no está totalmente construido.

Cuando el agua se concentra en un cauce de desagüe natural o artificial que corre pendiente abajo, puede fluir a gran velocidad y ocasionar daños considerables. Para conducir el agua hacia abajo gradualmente, y en cantidades controlables, pueden utilizarse diversos métodos:

- a) Desviar el agua transversalmente, construyendo un talud a lo largo de la curva de nivel o mediante desagües transversales (Fig. 5); con esto se reduce la velocidad del agua y se evita que todas las aguas de la ladera se acumulen en un solo canal de desagüe.
- b) Conducir el agua, en zigzag controlado, a través de pantallas desviadoras incorporadas en el desagüe para desacelerar la corriente (Fig. 6(a)).
- c) Construir escalones dentro del desagüe (Fig. 6(b)). La superficie que recibe el agua que cae del escalón superior se construye de forma que resista la fuerza del chorro. Los desagües empinados son útiles cuando la pendiente excede el 30 %; de otro modo resultan demasiado caros.
- d) Los muros de contención (Fig. 6(c)) son una solución más barata al problema y pueden emplearse en desagües sin revestimiento. El agua va depositando cieno en cada muro de contención y poco a poco se forma un desagüe escalonado. Los muros han de estar bien encajados y trabados en ambos lados del desagüe y en su base para asegurar que el agua no abra una brecha a través de ellos. Es importante que los cimientos de cada muro no queden por arriba del borde superior del muro que les sigue pendiente abajo.

Los muros de contención pueden construirse de varios materiales además de hormigón o mampostería (Fig. 7). Grandes piedras apiladas contribuyen a disipar la energía del agua cuando ésta fluye a través de los intersticios de las piedras. Éstas tienen que ser

lo bastante grandes para que el agua no las arrastre pendiente abajo.

En zonas donde no se dispone de piedras de tamaño suficiente, se puede juntar otras más pequeñas y reunir las en un gran bulto o fardo denominado gavión. Para fabricar un gavión se rellena con piedras una gran cesta de tela metálica de alambre galvanizado, formando un gran fardo rectangular de aproximadamente 0,5 a 1,0 m³. Con los gaviones se puede construir un muro; se aconseja llenarlos sólo después de haberlos colocado en su sitio. Como susti-

Fig. 5. Desagües transversales que desvían el agua de una pendiente empinada.

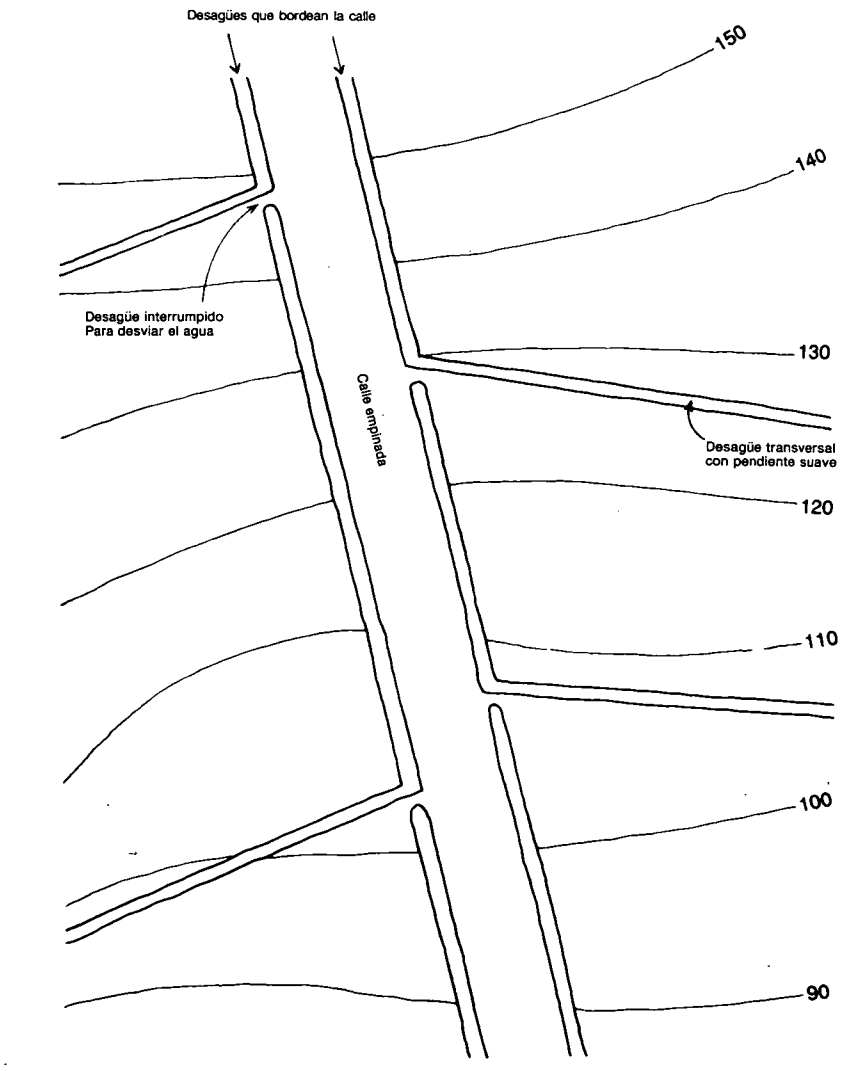
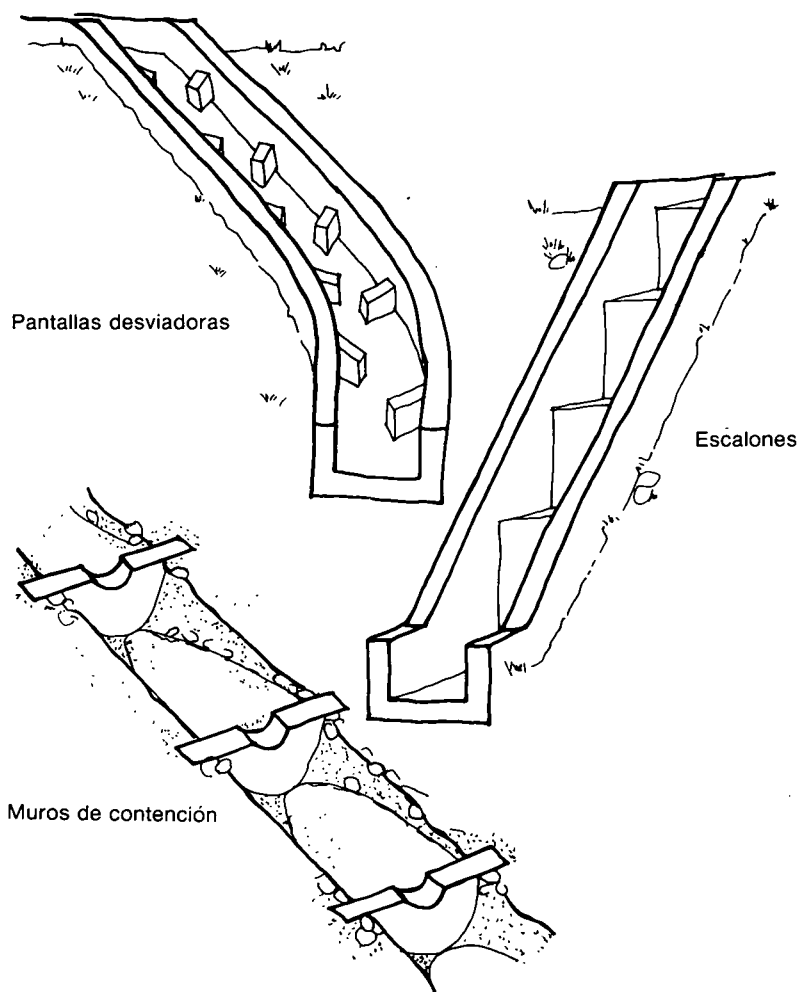


Fig. 6. Distintos tipos de desagües para pendientes empinadas.



tuto del alambre se pueden utilizar tiras de bambú, aunque éstas se pudrirán en pocos años; a medida que el bambú se va deteriorando, hay que ir aplicando cemento débil moderadamente por la superficie del gavión, cuidando de no obstruir totalmente los espacios entre las piedras. Cuando se instala un gavión, las piedras necesitan tiempo para asentarse; mientras que un hormigón débil se resquebrajaría fácilmente, la tela de alambre o el bambú resultan flexibles.

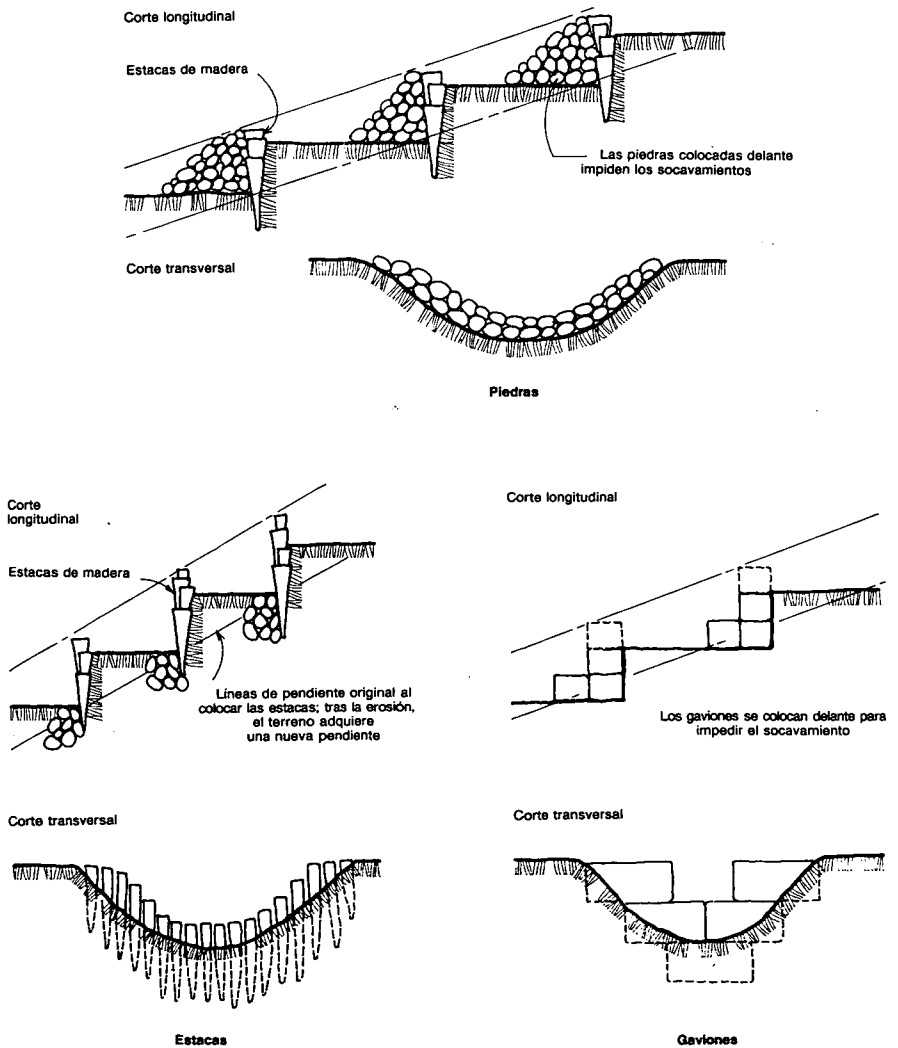
Para impedir el derrubio del fondo de las zanjas en zonas de pendientes moderadas del orden del 4 al 10 %, los canales de desagüe

se pueden revestir con hormigón, mampostería o vegetación. Los revestimientos de desagües se examinan en la sección 2.6.

2.4 Problemas en zonas llanas

En zonas bajas y llanas expuestas a inundaciones, el nivel de las aguas receptoras constituye muchas veces un serio problema, ya que limita el grado de pendiente con que pueden construirse los desagües y, por tanto, hace que las aguas fluyan con bastante len-

Fig. 7. Clases de muros de contención.



titud. Además de la dificultad de excavar canales profundos en zonas donde el nivel mínimo de las aguas receptoras es elevado, los desagües tienen que ser relativamente anchos para tener suficiente capacidad.

En ocasiones no hay otra alternativa que rellenar con tierra una parte o la totalidad del barrio para elevar el nivel del suelo. Un proceso de rellenado que se limite a las calles aumentará las inundaciones de los terrenos y viviendas de los vecinos, por lo que se deberá suministrar una cantidad de tierra suficiente y colocarla lo bastante cerca de las casas como para que los pobladores puedan acarrearla y extenderla en sus solares. Además, habrá que ayudarles a calcular cómo esparcir la tierra; para ello, previamente, se pintan en las casas marcas para señalar el nivel que debe alcanzar el suelo tras el proceso de rellenado.

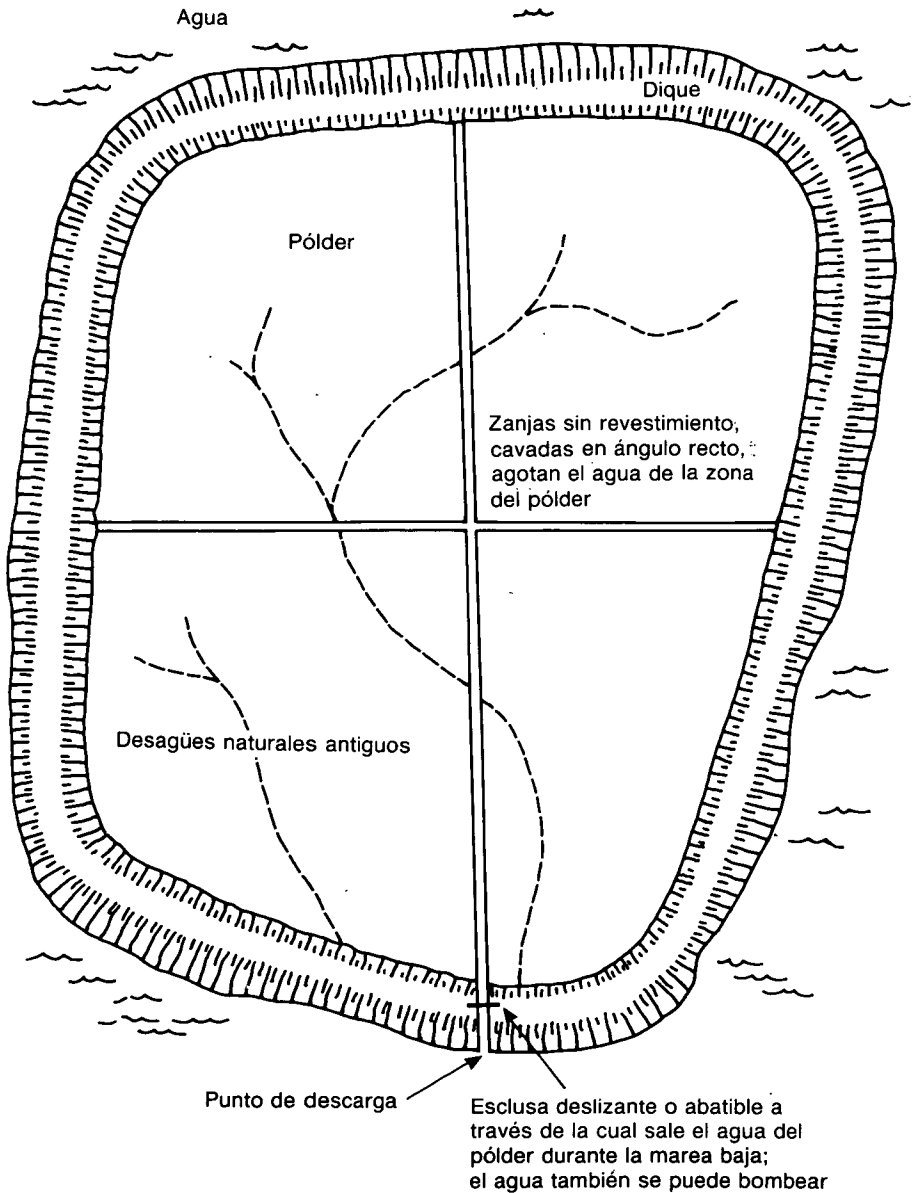
La idea de que la gente vierta tierra y escombros dentro de sus hogares para elevar el nivel del suelo puede parecer extraña a algunas personas, pero hay zonas urbanas de bajos ingresos cuyos habitantes están muy satisfechos por haber añadido hasta 50 cm de esta manera. Con el tiempo, sus casas necesitarán modificarse o reconstruirse a causa de ello, pero el impacto que causa el rellenado transforma de tal manera una zona que a menudo sus habitantes, cuando se convencen de que estarán a salvo de las inundaciones, desean construirse una nueva casa más acorde con su renovado entorno.

El nivel de la masa de agua receptora fluctúa a menudo debido a los efectos de las mareas o del caudal de aguas provenientes de otras zonas de captación. Estas variaciones de nivel se pueden analizar también en términos de ciclo de retorno para decidir la profundidad de rellenado necesaria.

Como alternativa, es posible sacar provecho de las variaciones de nivel provocadas por las mareas, instalando en la desembocadura de los desagües una esclusa que se abra con marea baja y se cierre cuando sube el nivel de las aguas receptoras. También se puede evitar el rellenado construyendo un gran terraplén o dique de contención a lo largo del cauce de un río con tendencia a desbordarse o en derredor de la zona residencial, creándose así un polder (Fig. 8). Naturalmente, se necesitará entonces algún tipo de instalación semejante a una esclusa para permitir la salida del agua acumulada en el polder. No obstante, no se debe considerar una solución de este tipo sin contar con un minucioso estudio realizado por un ingeniero y ciertas garantías de fiabilidad de funcionamiento y mantenimiento. Un dique que desborda o una esclusa que deja de funcionar podrían causar enormes perjuicios.

Otro problema que se presenta en el drenaje de zonas llanas es el sedimento que se deposita en los desagües a causa de la escasa velocidad del flujo de las aguas. En la medida de lo posible, las redes de alcantarillado deben diseñarse para producir una velocidad mínima de «autolimpieza», al menos cuando los desagües fun-

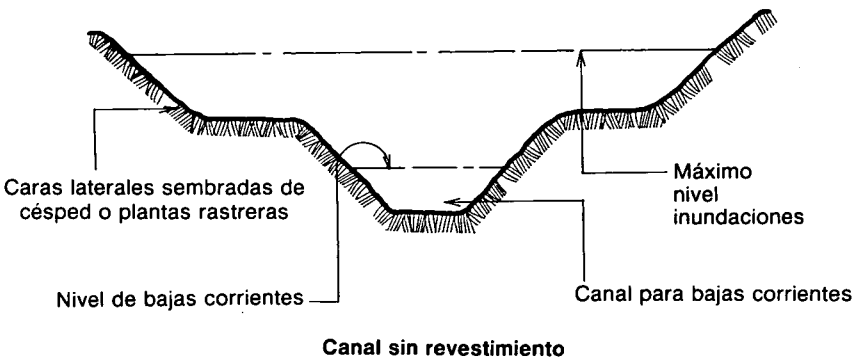
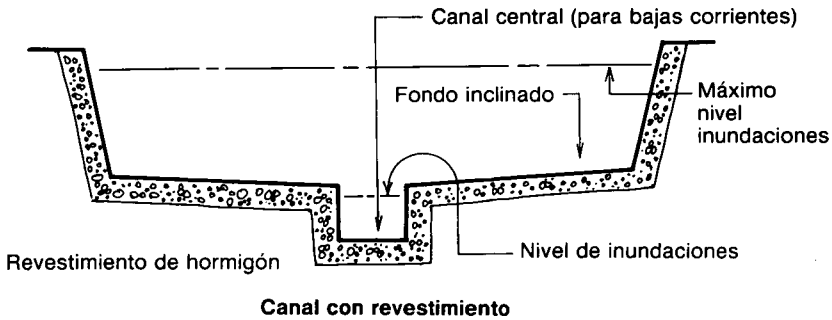
Fig. 8. El polder



cionan al máximo de su capacidad, de forma que el agua arrastre consigo el sedimento. Tras una lluvia moderada, en un canal de desagüe de sección rectangular deberá fluir lentamente sobre el fondo una delgada capa de agua. Es más, cualquier irregularidad en el fondo plano originará charcas donde pueden criarse mosquitos. Construir un canal de desagüe de fondo estrecho y paredes inclinadas contribuirá a mantener una velocidad de flujo constante cualquiera que sea el nivel de agua en el canal. Un refinamiento de este concepto es construir un canal de sección compuesta (Fig. 9). El canal central de fondo estrecho conducirá la corriente de agua en épocas secas o de lluvias moderadas, mientras que el canal externo sirve para contener el caudal ocasional de grandes corrientes. Es preferible que el fondo del canal externo tenga una suave inclinación hacia el canal central.

Una velocidad de flujo de autolimpieza requiere también una pendiente mínima, que será mayor para los desagües pequeños que

Fig. 9. Sección característica de un canal compuesto.



para los grandes. *Grosso modo*, para obtener una velocidad de flujo de autolimpieza en un canal de 10 a 15 cm de ancho, se requiere un gradiente mínimo del orden del 1 %; un desagüe dos veces más grande necesita aproximadamente la mitad de pendiente. Sin embargo, no siempre es posible lograr esas pendientes mínimas, ya que puede suceder que no haya suficiente diferencia entre el nivel de la calle y el de la masa de agua receptora. Por bien que esté diseñada la red, siempre se depositará algo de sedimento, de modo que una limpieza periódica es indispensable para mantener los desagües en funcionamiento.

2.5 Desagües abiertos o desagües cerrados

Con frecuencia, ingenieros y administradores tienden a preferir los desagües cerrados antes que los canales abiertos, probablemente porque están más acostumbrados a ellos. Sin embargo, los desagües cerrados presentan varios inconvenientes.

- a) Son más caros de construir porque requieren excavaciones más profundas; tienen que soportar grandes cargas en las calles que los cubren; y precisan costosas obras adicionales, tales como bocas y pozos de registro.
- b) En un desagüe cerrado, es más difícil controlar los defectos de construcción, el deterioro y la acumulación de detritos o sedimento.
- c) El diseño, construcción y mantenimiento de desagües cerrados requiere técnicas de ingeniería más avanzadas.
- d) Como los desagües cerrados se instalan bajo tierra, se dispone de un menor desnivel entre su origen y las aguas receptoras, lo que dificulta conseguir una pendiente mínima suficiente para asegurar una velocidad de flujo de autolimpieza.
- e) La cría de mosquitos es más difícil de controlar en desagües cerrados.
- f) En un desagüe cerrado que no tenga buena ventilación, las aguas residuales que se mueven a baja velocidad producen gases que pueden atacar el cemento y el hormigón.

La principal ventaja de los desagües cerrados es que no ocupan espacio en la superficie. Además, reducen el riesgo de que los niños jueguen o se caigan dentro de las aguas contaminadas y la posibilidad de que los vehículos dañen los desagües o caigan en ellos. De todas formas, ciudades tan cuidadas como Amsterdam y Singapur utilizan y mantienen canales de desagüe abiertos en buenas condiciones estéticas y sanitarias. En zonas tropicales de bajos in-

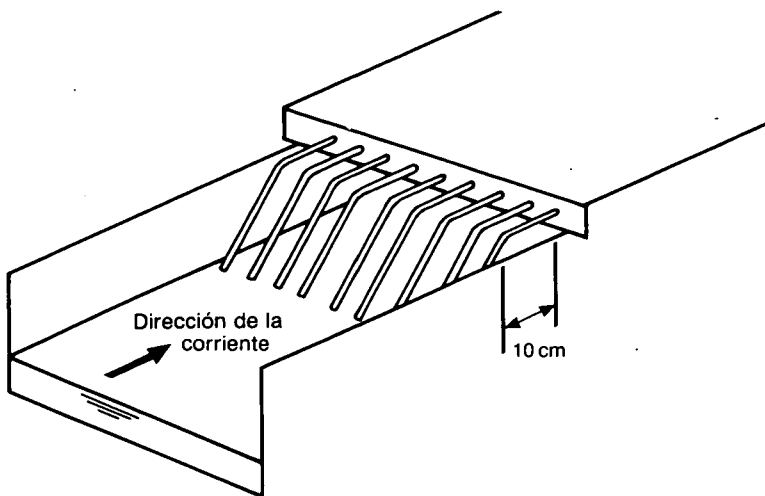
gresos sólo se deben construir desagües cerrados después de haber considerado muy cuidadosamente las otras opciones.

En caso de construir canales abiertos, hay que planificar muy cuidadosamente la instalación de puentes que permitan el acceso de personas y vehículos a las propiedades colindantes. Si no se prevén estos accesos, es probable que los vecinos coloquen piedras para cruzar los desagües, o los llenen de tierra y los obstruyan de otras maneras. La peor opción es una red de alcantarillado en parte abierta y en parte cerrada, pues las basuras arrojadas en la sección abierta bloquean las secciones cerradas, de donde resulta más difícil retirarlas. Asimismo, el agua retenida por las obstrucciones se transforma en un trecho de agua estancada y contaminada que permanece a la sombra y en la cual los mosquitos pueden proliferar.

No obstante, en los cruces de calles y bajo los puentes de acceso son inevitables algunas cortas secciones cubiertas, en cuyo extremo más elevado se deberá instalar una reja de hierro que impida la entrada de elementos sólidos. Si estas rejas se fabrican como la que muestra la Fig. 10, se facilitará la tarea de retirar con un rastrillo los detritos acumulados, deslizándolos hacia arriba sobre las barras.

El fondo de una sección cubierta nunca debe ser más bajo que el fondo del canal que le sigue. De lo contrario, el agua se estancará y se criarán mosquitos. Además, es probable que esta sección quede bloqueada con cieno. Si esta situación fuera consecuencia del diámetro del tubo requerido y de la profundidad a la que hay

Fig. 10. Tipo de rejilla que se limpia fácilmente con un rastrillo.



que enterrarlo para protegerlo del tráfico, entonces es necesario elegir otra opción, tal como una alcantarilla ancha y poco profunda cubierta con una losa de hormigón.

En algunos lugares es práctica convencional construir una pequeña pileta, llamada arenero, a la entrada de una sección cubierta. Sin embargo, como en la mayor parte de las zonas de bajos ingresos estas trampas se llenarían rápidamente de arena o de detritos, en la práctica tienen escasa utilidad y se convierten en criaderos de mosquitos, por lo que debe evitarse su empleo.

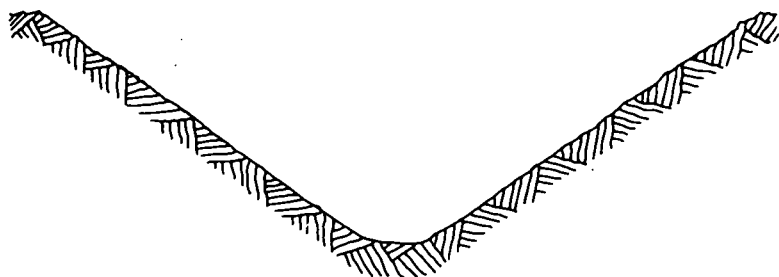
2.6 Diseño y construcción de canales

Los más económicos de todos los desagües son los canales sin revestimiento, que pueden abrirse al borde de las calles con una máquina niveladora. Las caras laterales de un canal sin revestimiento no deben tener una inclinación mayor de 1:2 para asegurar su estabilidad. Cuando la pendiente longitudinal del desagüe es mayor del 1 %, el canal puede sufrir daños a causa del derrubio, por lo que normalmente se necesita algún tipo de revestimiento en el fondo para protegerlo del agua que fluye con más velocidad. Para pendientes de 1-5 %, es probable que un revestimiento parcial sea suficiente, y costará menos que uno completo (Fig. 11). En un desagüe parcialmente revestido se necesita protección especial en los puntos más vulnerables, tales como alcantarillas, empalmes, recodos y secciones empinadas.

Otra medida económica, especialmente adecuada para la parte superior de un canal parcialmente revestido, es plantar césped o sembrar hierba, cuyas raíces ayudarán a fijar el suelo. Las hierbas más satisfactorias son las que se extienden lateralmente y cubren la superficie del terreno. Se puede estimular su rápido crecimiento por medio de fertilizantes, colocando una capa superior de tierra y construyendo muros de contención provisionales que faciliten la acumulación de cieno.

En el caso de pendientes relativamente suaves, no es preciso que el revestimiento sea de hormigón sólido o de mampostería: será suficiente con piedras o grava compactada. En la Fig. 12 se muestran diversos tipos de revestimiento permanente o provisional. En zanjas con paredes laterales verticales, se requerirá siempre un revestimiento que las soporte. Como este tipo de canales se utiliza únicamente cuando hay poco espacio y las zanjas tienen que pasar cerca de las viviendas, el revestimiento tiene que ser lo suficientemente fuerte para proteger los cimientos de las casas adyacentes.

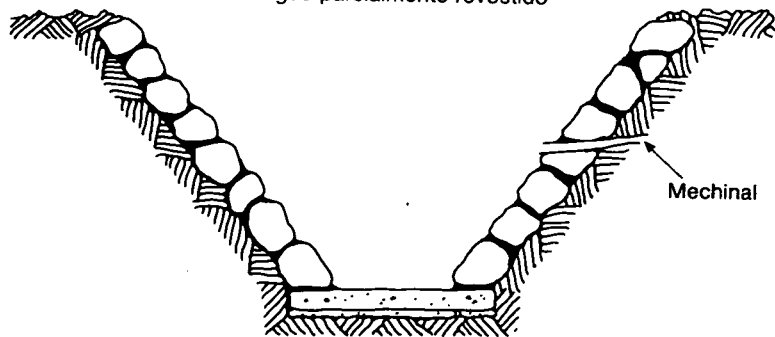
Fig. 11. Secciones transversales de canales de desagüe sin revestimiento, parcialmente revestidos y con revestimiento.



Desagüe sin revestimiento



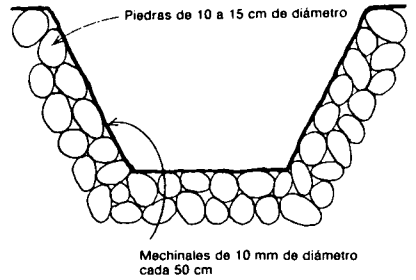
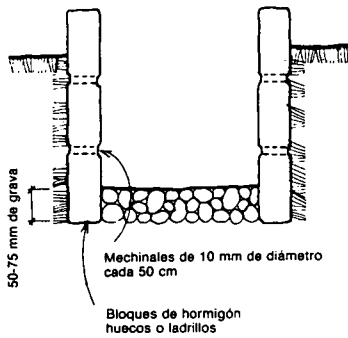
Desagüe parcialmente revestido



Desagüe con revestimiento

Muchas veces los canales de desagüe revestidos fallan porque el revestimiento no permite que el agua del suelo llegue a ellos a través de las paredes laterales, lo que puede tener dos consecuencias: que aumente la presión del agua hasta romper el revestimiento, o que el agua corra paralela al canal abriendo una nueva zanja. La solución consiste en abrir orificios de drenaje, de aproximadamente 10 mm de diámetro, en las caras laterales del revestimiento. Para ello se instalan pequeños tubos que atraviesen la pared en po-

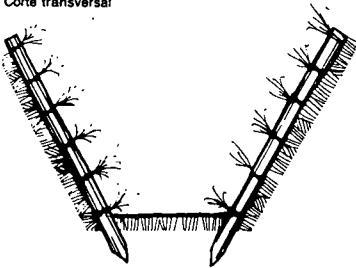
Fig. 12. Diversos tipos de revestimiento de canales.



Nota: En pendientes empinadas, las piedras pueden fijarse con cemento débil, o con una mezcla de cal viva y arena.

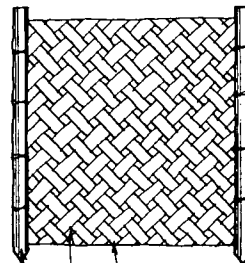
Nota: El fallo más común de ese tipo de revestimiento se debe a la falta de mechinales.

Corte transversal



Nota: Revestimiento provisional para contener tierra recién excavada. Plantar hierba a través de él o colocarlo sobre tepes de césped para mejorar la estabilidad del suelo

Vista lateral



Calosía de madera o bambú, impregnada de aceite para minimizar la putrefacción

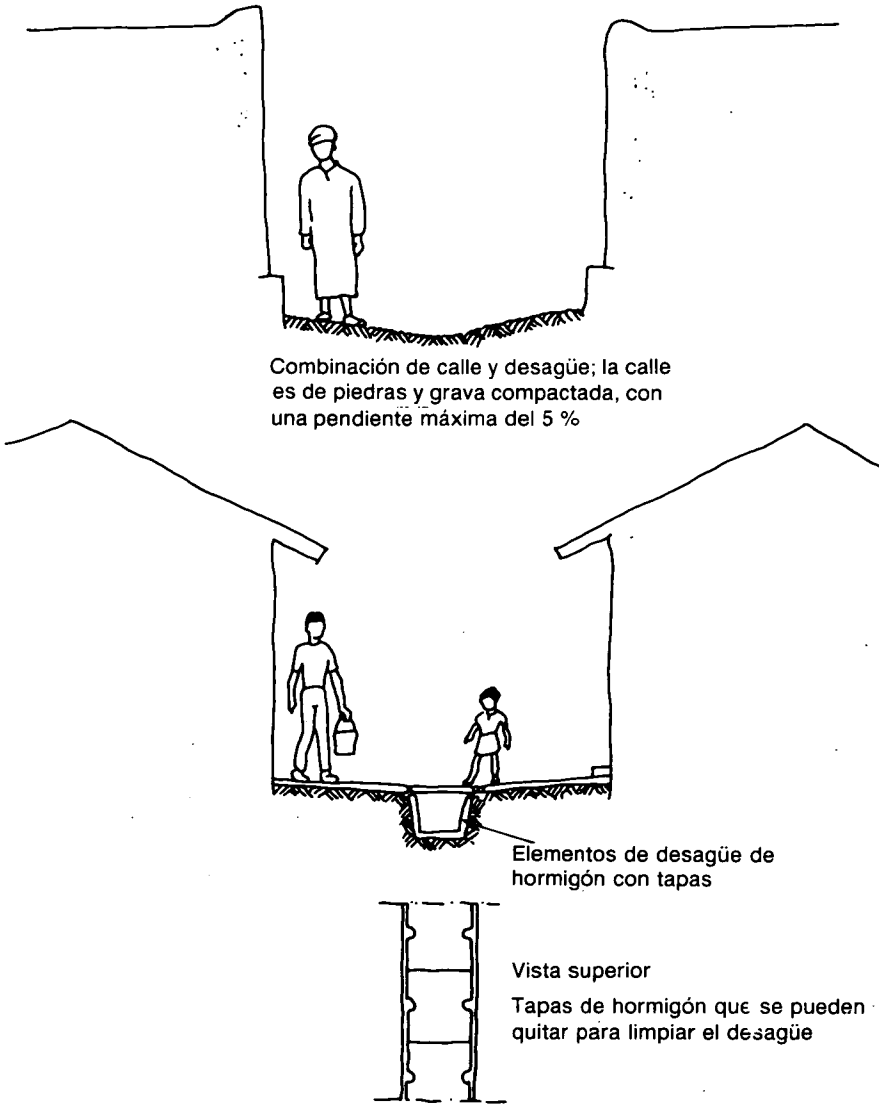
La hierba se siembra a través de los agujeros

Estacas de bambú de 25 a 75 mm de diámetro colocadas a 1 m de distancia entre sí.

sición horizontal, encajados en el mortero a intervalos de 1 metro como máximo.

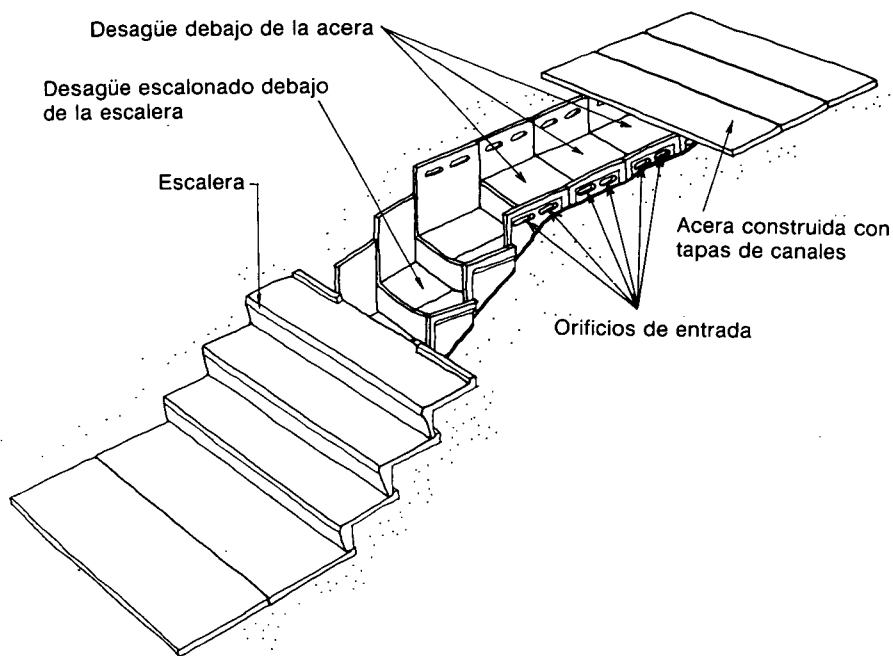
En calles muy estrechas por las que no pasan vehículos pesados y el espacio es muy valioso, se puede diseñar la propia calle para que funcione como desagüe (Fig. 13). Esto sólo es posible cuando la pendiente es menor del 5 % y la calle tiene una superficie de grava compactada o de piedra que la proteja de la erosión. Otra opción son canales cubiertos con tapas amovibles (Fig. 13) provis-

Fig. 13. Calles y desagües combinados.



tas de agujeros o muescas que permitan la entrada de agua y faciliten la tarea de levantarlas para limpiar la zanja. Este último tipo de solución también puede aplicarse en secciones muy empinadas utilizando una serie de elementos de desagüe prefabricados instalados en forma de desagüe escalonado bajo una escalinata peatonal. La Fig. 14 muestra un diseño de este tipo usado en la ciudad de Salvador (Brasil).

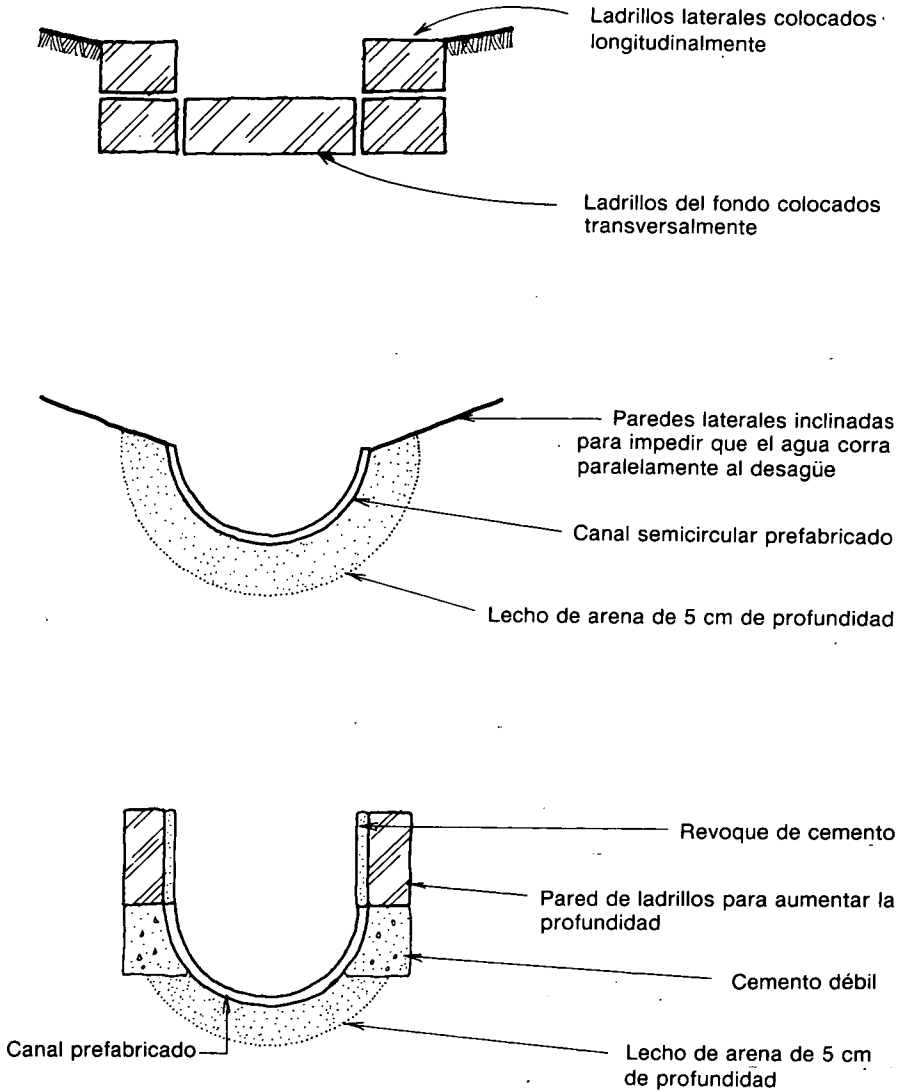
Fig. 14. Modelo combinado de acera y desagüe utilizado en Salvador, Brasil.



Los desagües más pequeños, de menos de 30 mm de profundidad, no necesitan orificios de drenaje y se pueden revestir convenientemente con ladrillos o elementos de hormigón premoldeados (Fig. 15). Los elementos deben pesar menos de 50 kg, de modo que puedan ser acarreados e instalados por dos personas sin ayuda de una máquina. Los desagües prefabricados se colocarán preferentemente sobre un lecho de arena compactada de 50 mm de espesor. Cuando los elementos de desagüe son de tamaño único, se los puede adaptar a caudales mayores instalándolos a mayor profundidad y completando las paredes laterales con mampostería.

En comparación con la mampostería o con los revestimientos de hormigón en *obra*, los elementos prefabricados tienen la ventaja de permitir una instalación relativamente rápida. Construir canales de mampostería lleva mucho tiempo, y el hormigón vertido en el lugar de la obra requiere varios días de fraguado durante los cuales hay que interrumpir el tránsito. Además, una lluvia repentina puede estropear la mampostería o el hormigón fresco, y si los desagües se construyen en la estación seca para evitar las lluvias imprevistas puede que haya escasez de agua para curar el hormigón en obra. En un taller cubierto, los elementos de desagüe están protegidos del sol y de la lluvia, se puede disponer de agua y el con-

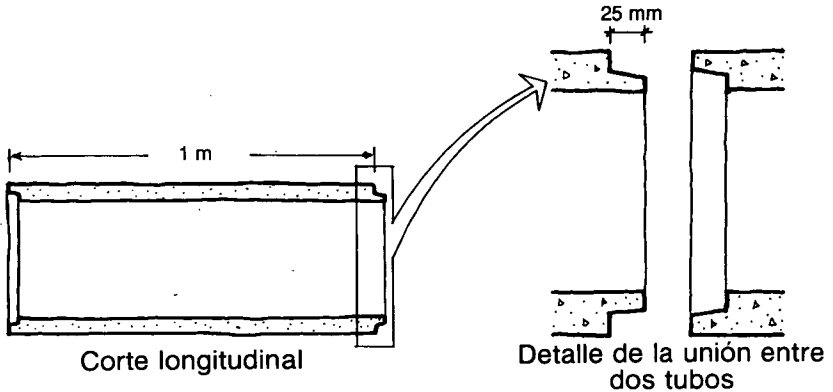
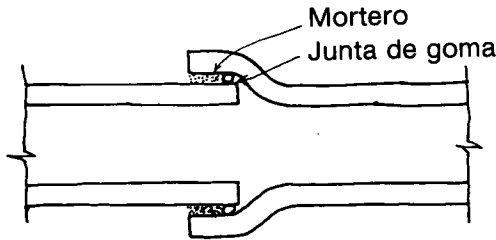
Fig. 15. Cortes transversales de tres variedades de desagües abiertos pequeños.



trol de calidad resulta más fácil y mejor que en una obra de construcción tradicional.

2.7 Desagües cerrados

Un tipo común de desagüe cerrado se construye a partir de secciones de tubo de cemento prefabricado, generalmente de 1 metro

Fig. 16. Empalme de tubos de hormigón reforzado.**(a) Tubo de desagüe normal de cemento reforzado****(b) Sistema macho-hembra para tubos de hormigón reforzado utilizados en desagües combinados**

de largo y 50 mm de diámetro. Cada sección de tubo tiene en su extremo un perfil que encaja en la siguiente, asegurándose así una correcta alineación (Fig. 16(a)). Cuando los desagües cerrados se utilizan para canalizar aguas negras además de aguas pluviales, la red de alcantarillado se conoce como red unitaria, en cuyo caso se utiliza generalmente otro tipo de conexión entre los tubos para impedir que las aguas negras se infiltren y contaminen las capas de agua freática (Fig. 16(b)):

Por lo general, las zanjas en las que se colocan los tubos son como mínimo 50 cm más anchas que el diámetro del tubo, y lo suficientemente profundas como para que los tubos queden cubiertos por 1 metro de tierra como mínimo. Antes de colocar los tubos, se prepara un lecho de arena de 5 cm de espesor, compactado y nivelado cuidadosamente para obtener una pendiente regular. Se colocan los tubos sobre la arena y se pone un nivel sobre cada uno de ellos para comprobar la regularidad de la pendiente. Luego se añade más arena y se compacta debajo y alrededor de cada tubo hasta que queden semienterrados. Finalmente, la tierra excavada

se repone en capas de 150 mm, cada una cuidadosamente compactada. El propósito de construir el lecho de arena y de cubrir los tubos con un mínimo de 1 metro de tierra es protegerlos de los vehículos pesados que circulen sobre ellos. En zonas donde sólo existe tránsito de vehículos muy ligeros se puede omitir el lecho de arena y los tubos se pueden colocar a menor profundidad.

Una red de desagües cerrados debe tener bocas que capten el agua de la superficie del camino. Estas bocas, llamadas imbornales, se cubrirán con rejillas para impedir que entren hojas y otros objetos sólidos y gruesos que pueden bloquear la red. Normalmente se instala un imbornal cada 30 a 50 metros a lo largo de la calle, según la pendiente y la intensidad de las lluvias. Por la misma razón que no se recomienda la instalación de areneros (véase la sección 2.5, precedente), en los imbornales de lluvia tampoco deben instalarse sifones.

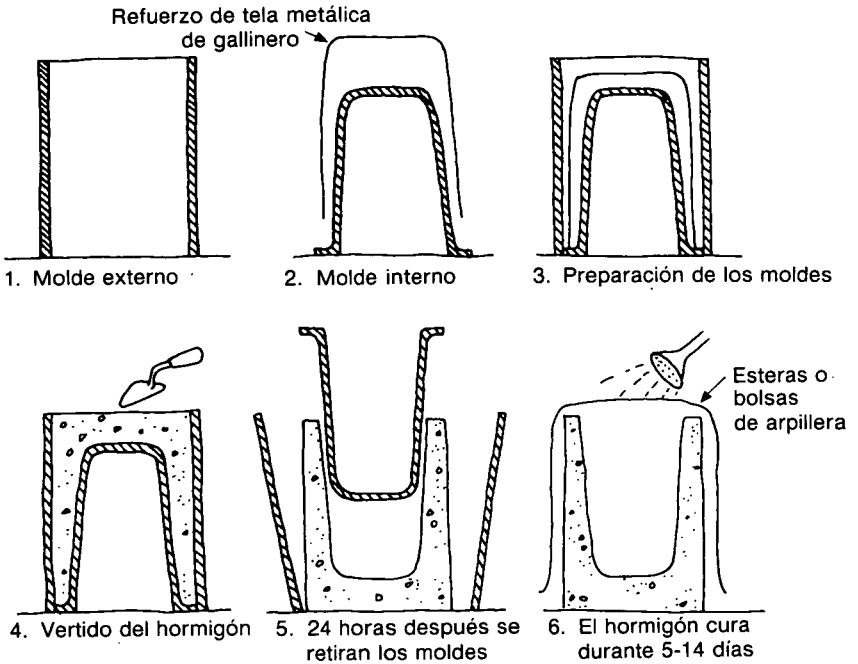
Para facilitar la limpieza y el mantenimiento, deben instalarse pozos de registro cada 120 a 150 metros —para tubos de más de 0,6 m de diámetro— y cada 70 a 100 metros para tubos menores. Los pozos también son necesarios donde los tubos cambian de dirección o de diámetro y en las intersecciones. En las obras clásicas sobre alcantarillado se dan más detalles sobre el diseño y la construcción de desagües cerrados.

2.8 Construcción

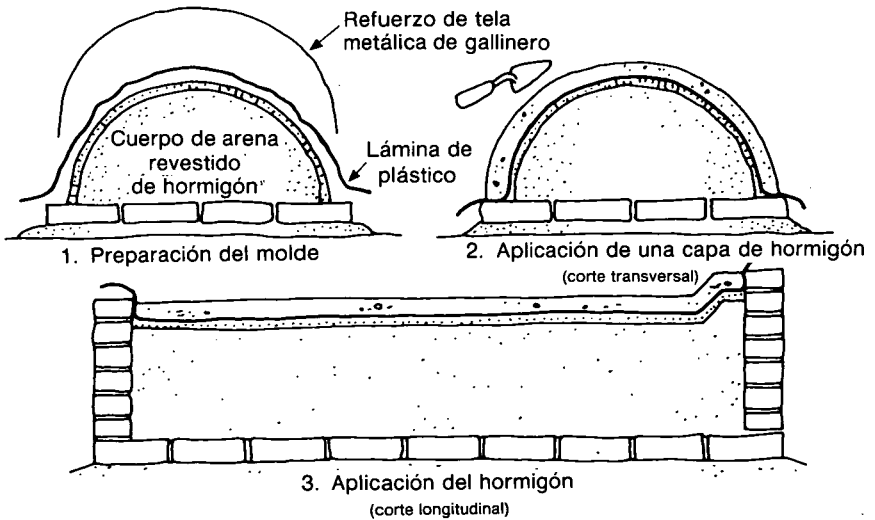
La construcción de una red de desagües requiere una supervisión especializada, pero muchas tareas pueden ser realizadas por la comunidad. Estas son:

- trabajos de excavación;
- transporte de tierra, agua, arena y cemento;
- compactación de la tierra o arena en la base de la zanja;
- prefabricación de elementos de desagüe;
- humedecimiento y curado de elementos de desagüe;
- transporte y almacenamiento de elementos de desagüe;
- contabilidad y custodia de elementos de desagüe;
- acabado y plantación de terraplenes;
- provisión de alimentos para los trabajadores voluntarios.

Fig. 17. Métodos de moldeo de elementos prefabricados para canales de desagüe.



(a) Elemento de desagüe tipo Bangkok



(b) Elemento de desagüe tipo Roorkee

La mayor parte de estas tareas no requieren técnicas especiales y pueden realizarse tras una hora de instrucción. La única labor para la que realmente se necesita formación es la producción de elementos de desagüe prefabricados.

Los miembros semiespecializados de una comunidad pueden aprender fácilmente el proceso de prefabricación de elementos de desagüe, lo que también puede resultarles un medio interesante de ganar dinero. En muchas ciudades existe un mercado potencial para elementos prefabricados de este tipo.

En la Fig. 17 se muestran dos métodos sencillos de prefabricación. El primero fue desarrollado por la National Housing Authority (Dirección Nacional de la Vivienda) de Tailandia, que lo ofreció a los pequeños contratistas. El otro fue diseñado en la India por el Roorkee Research Centre (Centro de Investigaciones Roorkee) con el propósito de que fuera utilizado como pieza inferior de desagües parcialmente revestidos, aunque se lo podría utilizar solo, como pequeño desagüe, tal como se ve en la Fig. 15. Antes de verter el material de refuerzo y el hormigón, se cubre el molde con una lámina de plástico o con periódicos aceitados. Luego, se pasa un tablero de madera recortado en forma de semicírculo a lo largo del canal para asegurar que el mortero tenga el espesor adecuado.

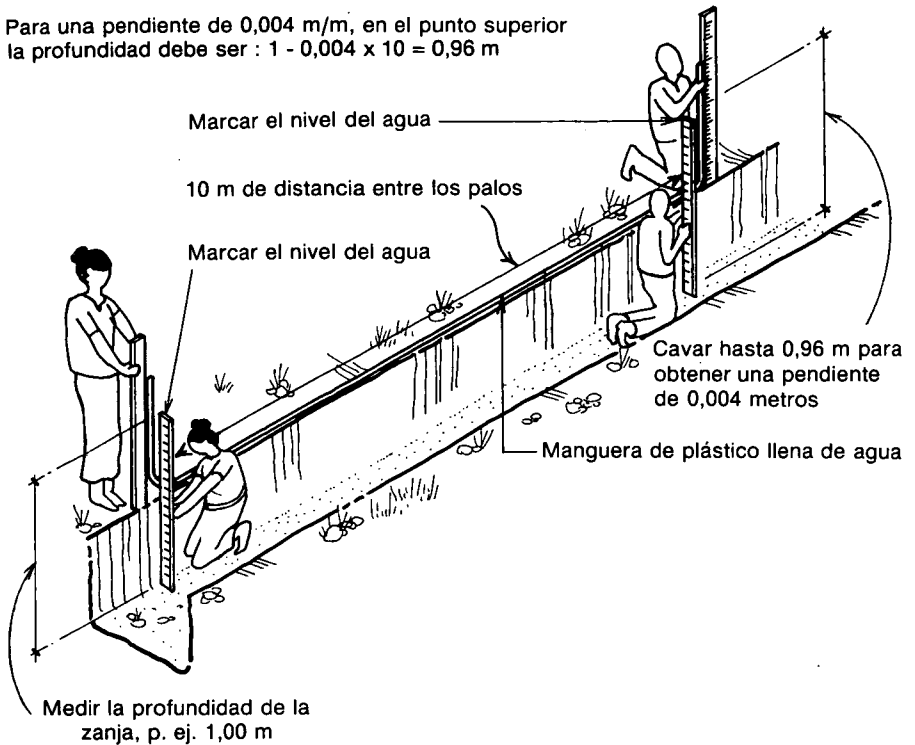
El propósito de añadir material de refuerzo es impedir la rotura de los elementos durante el transporte, por lo cual, si no hay que transportarlos largas distancias, se puede reemplazar la tela metálica por alternativas más baratas como el hilo sisal o la fibra de coco. Esto hace que el elemento se mantenga muy flexible mientras el hormigón está todavía húmedo, lo que permite emplear un tercer método de moldeado. Primero se vierte el hormigón sobre una lámina de plástico colocada en una superficie plana; para que tenga las dimensiones correctas, se coloca sobre la lámina de plástico un marco rectangular de madera, se vierte el hormigón hasta la mitad del espesor del marco y se esparcen las fibras vegetales. Una vez vertida la totalidad del hormigón, se utiliza una regla a través del marco para asegurar que tiene un espesor uniforme, igual al grosor del marco de madera. Por último, se quita el marco, se levanta la lámina de plástico mediante dos listones fijados previamente a los bordes, y se la extiende sobre un canal de hormigón semicircular, que sirve de molde cóncavo¹ (Hillman, 1986).

Después de dos días de secado se quitan los elementos de sus moldes y se curan durante 5-14 días a fin de fortalecer el hormi-

¹ HILLMAN, E. Prefabricated fibre-reinforced cement irrigation channels, *Waterlines*, 4 (4): 22-25 (1986).

Fig. 18. Comprobación de la pendiente de un desagüe mediante un nivel de burbuja.

Para una pendiente de 0,004 m/m, en el punto superior la profundidad debe ser : $1 - 0,004 \times 10 = 0,96 \text{ m}$

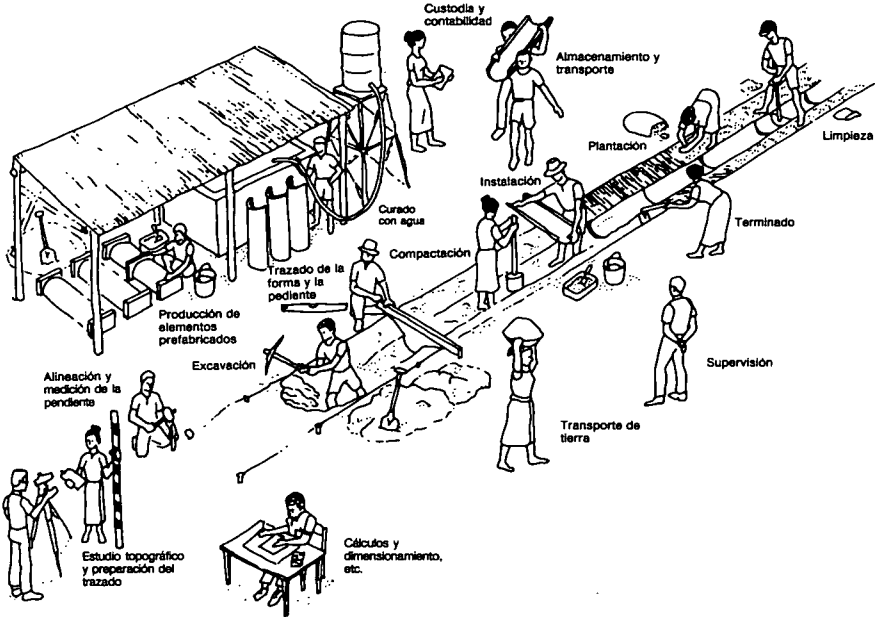


gón. Como el objetivo es evitar la rápida evaporación de agua de la superficie, el curado se realizar mejor en un tanque lleno de agua. Sin embargo también se pueden cubrir los elementos con esteras o sacos de arpillera que se humedecen con agua por las tardes, durante por lo menos cinco días.

La construcción de un canal de desagüe debe comenzarse siempre por el extremo inferior. De esta forma se mantiene seca la zona de trabajo y se facilita el control de la pendiente. Es arriesgado comprobar ésta a ojo. Si se controla únicamente que el agua fluya hacia abajo por el nuevo desagüe, se estará seguro de que la pendiente cae en la dirección correcta, pero en zonas planas esto podría inducir a construirla con excesiva inclinación, lo que más adelante haría imposible conservar un gradiente correcto más hacia arriba.

En caso de no disponer de instrumentos de topografía, una alternativa sencilla es una larga manguera de plástico llena de agua (Fig. 18). Comprobar que no contiene burbujas de aire y levantar ambos extremos. El agua quedará al mismo nivel en ambos lados.

Fig. 19. Tareas de construcción de un desagüe.



Si se desea, por ejemplo, un gradiente del 0,4 % (0,004 m/m), esto significa una diferencia de nivel de 0,04 m en un tramo de 10 metros ($0,004 \times 10 = 0,04$ m). Se levanta el extremo inferior de la manguera hasta que el nivel del agua quede a 1,00 m sobre el fondo de la zanja; diez metros más arriba, el nivel deberá quedar a 0,96 m sobre el fondo de la zanja ($1,00 - 0,04$). El mismo método se puede utilizar al colocar los elementos de desagüe para comprobar su nivel, y mediante una cuerda tirante se controla su alineación horizontal. Para comprobar la pendiente de cada elemento individual debe usarse un nivel de burbuja de aire. No se recomienda utilizar métodos tan simples en la construcción de desagües cerrados; éstos requieren un agrimensor experto equipado con instrumentos de topografía.

El papel que desempeña la comunidad en la construcción de desagües puede ser importante (Fig. 19), pero las autoridades municipales no deben confiar en que la participación comunitaria se lleve a cabo sin problemas en todos los casos, especialmente cuando se ejecutan trabajos no remunerados. Cuando la construcción se encarga a un contratista, puede que éste prefiera trabajar con su propio equipo para mantener bajo control el plan de construcción. Si tiene que esperar a que la comunidad se organice, puede que reclame a la municipalidad el pago de los gastos fijos y de los salarios de su equipo incurridos durante el retraso.

Muchas veces es preferible estipular en el contrato la obligación de dar prioridad a la contratación de mano de obra local y al adiestramiento de un equipo de mantenimiento también local.

Si la comunidad se dispone a participar en la construcción, debe realizarse de antemano un esfuerzo considerable para movilizar y organizar su contribución, procurando su conformidad y sus consejos desde el comienzo de la etapa de planificación. Un proyecto de alcantarillado que no sea aceptado por la comunidad está condenado al fracaso. En la sección 4 se expone con más detalle la participación de la comunidad.

2.9 Desagües de «fabricación propia»

Lo ideal sería que el proyecto de desagües comunitario se desarrollara juntamente con las autoridades locales u otros organismos que tengan la capacidad de ofrecer asesoramiento técnico. Sin embargo, tras fracasar en su intento de obtener la ayuda técnica mencionada o mientras esperan que ésta se materialice, algunas comunidades desearán llevar a cabo las mejoras por su cuenta y riesgo. Esta sección les sugiere cómo hacerlo, aprovechando que los residentes de la comunidad tienen la posibilidad de controlar el resultado de su obra e introducir progresivas modificaciones en años subsiguientes.

Los pasos iniciales que se citan a continuación de *a)* a *g)* se recomiendan a todo grupo o individuo que desee esbozar un plan de alcantarillado. Para llevarlos a cabo no se precisa ninguna formación especializada, y puede que los ingenieros que estén al comienzo de sus estudios encuentren en ellos provechosas sugerencias.

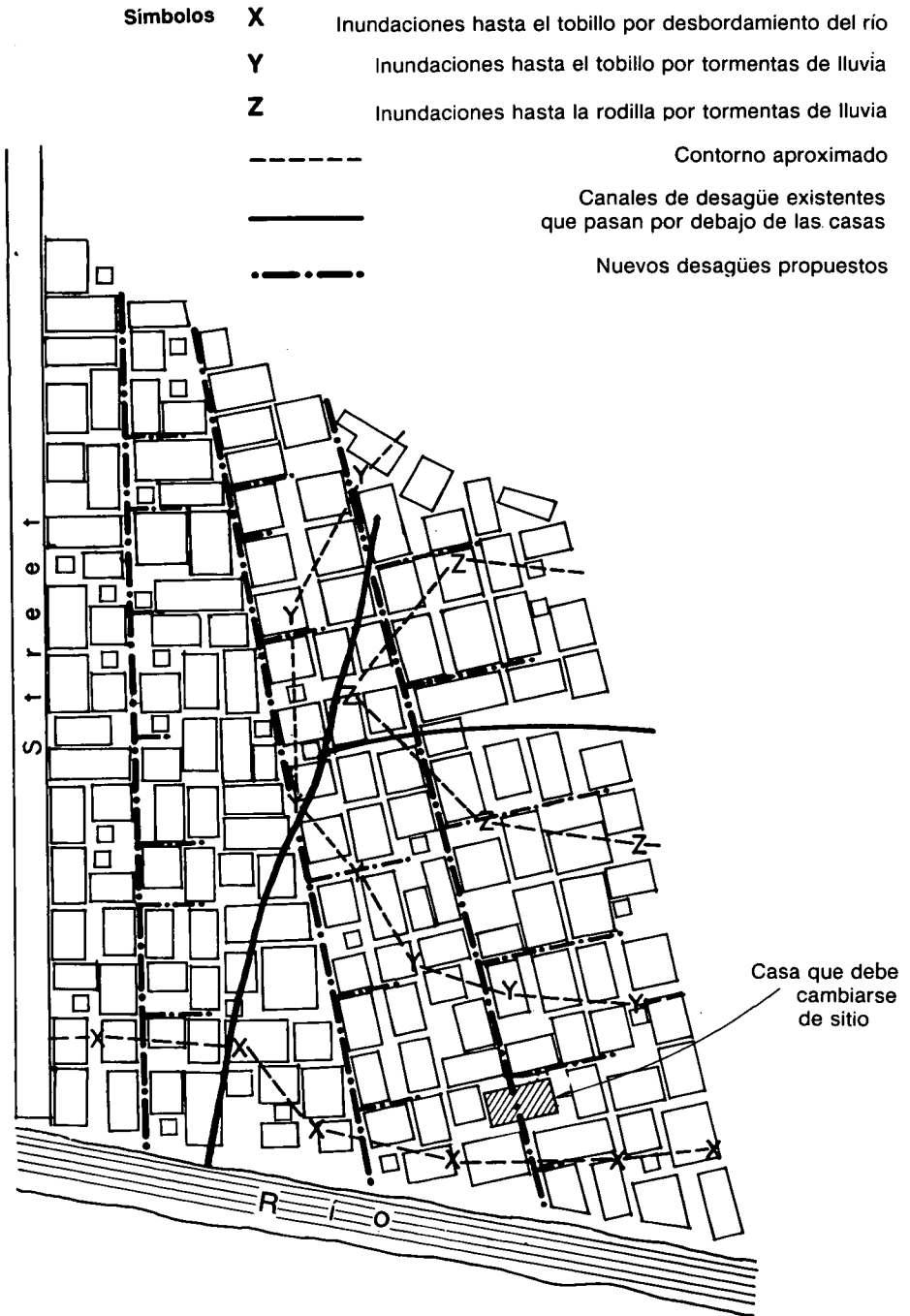
- a)* Antes de empezar el estudio del terreno será conveniente obtener un mapa de la zona. Por lo general, éstos se consiguen en el departamento municipal de planificación, en el registro catastral o en el organismo nacional de topografía. Si no se encuentra ningún mapa actualizado, se pueden utilizar fotografías aéreas o un esbozo obtenido a partir de una fotografía original. Es posible tomar fotos bastante satisfactorias con una cámara fotográfica común desde un pequeño avión (por ejemplo, un ultraligero) volando a unos 600 metros de altitud. A tan baja altura, se pueden realizar vuelos de reconocimiento en cualquier tipo de condiciones meteorológicas razonables. Las sombras proyectadas por las nubes no interferirán en la interpretación de las fotografías. Como último

recurso es posible realizar un croquis; en cualquier libro de topografía, en el capítulo dedicado a los métodos simples de dibujo sobre mesa, se describe cómo hacerlo sin instrumentos de precisión.

El mapa debe estar a una escala conveniente, con preferencia 1:5.000 como mínimo, aunque es mejor una escala de 1:1.000. Un mapa con una escala muy pequeña se puede ampliar con un pantógrafo o dividir en cuadros y copiar éstos en cuadros más grandes. Más tarde, después de visitar la zona para comprobar si faltan algunas características o si se necesita modificarlas, se añaden los detalles.

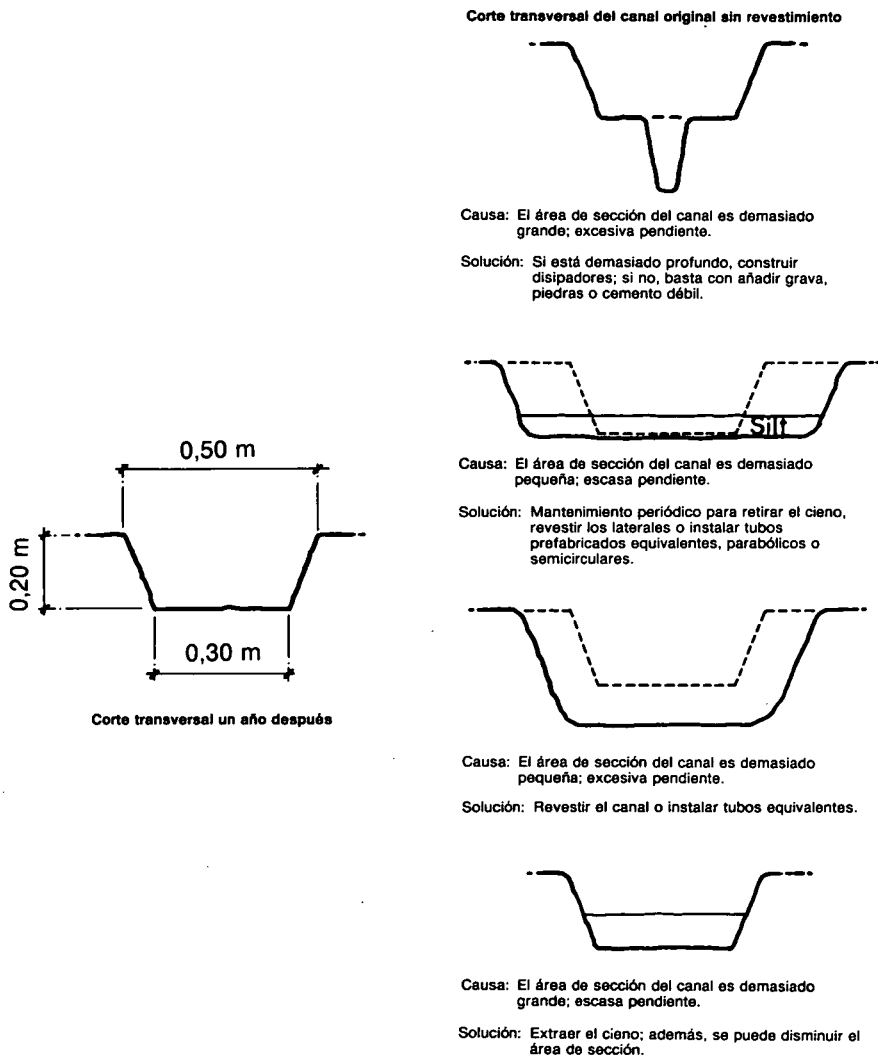
- b) Caminar por la zona y preguntar a los habitantes las probables causas de recientes inundaciones o desprendimientos. Puede que ellos no tengan experiencia técnica pero por lo general son capaces de señalar la procedencia del agua que causó el problema. Los habitantes más antiguos tal vez puedan incluso relacionar los problemas de inundaciones o desprendimientos con acontecimientos concretos ocurridos en el pasado, en particular con grandes obras civiles llevadas a cabo en las proximidades, como por ejemplo la construcción de taludes o zanjas para un ferrocarril o carretera, o de rellenado de hondonadas.
- c) Tratar de establecer el nivel alcanzado por las aguas durante una inundación determinada. Los residentes pueden describir la profundidad en términos de su anatomía (tobillos, rodillas, cintura) o señalando partes de vallados o de sus casas. Tal vez se conserven aún marcas visibles en las paredes. Usar una cinta métrica para expresar esta profundidad en centímetros y anotar cada medición en el punto correspondiente del mapa de la zona. Dado que el agua busca su propio nivel, estas mediciones servirán para adquirir una buena noción de la topografía de la zona: las mayores profundidades estarán en las zonas más bajas.
- d) Observar la dirección natural del flujo de las aguas residuales de las viviendas y del agua de superficie de las tormentas. Marcar en el mapa los cauces de desagüe existentes, incluyendo los arroyos naturales y los canales construidos por el hombre, señalando problemas tales como trechos de canales bloqueados por basuras, secciones erosionadas, zonas de agua estancada y desprendimientos de tierras. Tomar nota de las estructuras construidas a lo largo de los cauces de agua que pudieran obstruir el drenaje o impedir futuros ensanches.

Fig. 20. Bosquejo del proyecto de un sistema de desagüe.



- e) Observar el punto de descarga y el nivel de las aguas receptoras, ya se trate de un arroyo, un río o el mar. Preguntar a los residentes sobre las fluctuaciones de nivel en las aguas receptoras, en especial los niveles máximos alcanzados en los últimos años y, de ser posible, las fechas en que ocurrieron. Si se trata de un río, tal vez pueda colaborar el organismo nacional de recursos hidráulicos o de hidrología, concretamente suministrando las fechas y probables ciclos de retorno de las principales inundaciones, que luego se pueden cotejar con

Fig. 21. Diagnóstico de problemas en un canal sin revestimiento.



los relatos de los testigos acerca de cuáles fueron las zonas inundadas en dichas ocasiones. Si la masa de agua receptora es el mar, las autoridades portuarias locales pueden suministrar las tablas de mareas; normalmente, las mareas más altas se registran en marzo/abril y septiembre/octubre.

- f) Preparar un bosquejo de las mejoras de desagüe que se necesitan con mayor urgencia, señalando dónde es preciso ampliar los canales existentes, dónde hay que cavar nuevas zanjas, y dónde habrá que suministrar protección contra la erosión en zonas empinadas. Los desagües deben seguir, en la medida de lo posible, los trazados de calles y senderos existentes o planificados. No obstante, si se tiene que demoler alguna estructura existente, ésta se marcará en el bosquejo. La Fig. 20 muestra el resultado de los pasos a)-f) en determinada comunidad.
- g) Convocar una reunión de residentes y presentarles el proyecto para que hagan sus observaciones y den su aprobación. Su conocimiento detallado de la zona los califica para ofrecer consejos prácticos.
- h) Diseño de las mejoras iniciales. A falta de información o de la ayuda técnica necesaria para realizar los cálculos de diseño con precisión, es mejor empezar construyendo desagües sin revestimiento para controlar las inundaciones, y muros de contención de piedras («disipadores») para controlar la erosión.

Unas zanjas sin revestimiento, de 0,3 m de ancho, serán suficientes para los pequeños ramales que bordean las calles y los callejones; en caso de que resulten demasiado angostas, pueden ensancharse más adelante. Observando detenidamente los cauces de desagüe existentes, es decir, los canales naturales y en especial los estrangulamientos donde el agua se acumula durante las tormentas, tendremos una noción correcta del tamaño más apropiado para los desagües principales. En caso de duda, es conveniente empezar con canales de 1 m de ancho.

En zonas empinadas se edifican muros de contención *disipadores* que se fijan al suelo con estacas de madera (ver Fig. 7, página 20). Los disipadores se construyen con grandes piedras, preferiblemente de 30 cm de diámetro como mínimo. Si las piedras son arrastradas por la corriente, tal vez sea posible recuperarlas y colocarlas en gaviones. No se deben tapar con hormigón los intersticios entre las piedras, pues con ello sólo se conseguiría desviar la dirección de la corriente de

- agua y la erosión se produciría en otro punto. Es preferible que el agua fluya entre las piedras, disipando así su energía.
- i) Cavar las zanjas empezando por el extremo inferior y progresando hacia arriba. Para avenar zonas planas, ubicar el extremo inferior de la red en el punto más bajo posible sobre el nivel de crecimiento habitual de las aguas receptoras, aunque ello signifique que en los momentos de marea alta el agua pueda refluir alguna distancia hacia arriba por los desagües. La pendiente ha de controlarse con sumo cuidado mediante una manguera llena de agua (ver sección 2.8). Para empezar, una elevación de 0,2 m cada 100 m constituye una pendiente mínima razonable para un canal de 1 m de ancho, y 0,5 m cada 100 m para un canal de 0,3 m de ancho. Si la pendiente del terreno lo permite, es preferible una mayor inclinación. Si el gradiente es mayor de 5 m cada 100 m, colocar muros de contención lo antes posible después de excavar la zanja, a razón de uno por cada metro de desnivel.
 - j) Una vez concluida la excavación del canal, inspeccionarlo después de una lluvia y observar en qué secciones hay agua estancada; estos son los puntos bajos. Para corregirlos, o bien se eleva el nivel del fondo rellenándolo con grava o tierra, o bien se cava más profundo el canal pendiente abajo, de manera tal que el agua continúe fluyendo. Buscar también signos iniciales de futuras erosiones, tales como corrientes de agua que rebasan los muros de contención o que fluyen paralelas al canal.
 - k) Si se desea, se puede añadir un revestimiento provisional como los de madera o bambú que se muestran en la Fig. 12, página 28). Además, para retener las basuras en los desagües pequeños, se pueden instalar pantallas provisionales; para ello se colocan al través estacas de madera o bambú separadas de 20 a 50 mm entre sí. A continuación hay que asignar la responsabilidad de la limpieza semanal de cada pantalla y organizar una cuadrilla de trabajo para despejar mensualmente los desagües principales.
 - l) Observar el funcionamiento de la red de alcantarillado por lo menos durante una estación húmeda, anotando zonas de derrubio, desbordamientos, aguas estancadas, depósitos de cieno y otros problemas que puedan surgir. El agua tiende a erosionar y ahondar los canales demasiado estrechos y profundos, y a depositar cieno cuando son demasiado anchos y no tienen la pendiente necesaria. En la Fig. 21 se ven algunos de los cambios que puede sufrir un desagüe sin revestimien-

to, y cómo éstos pueden servir para diagnosticar la necesidad de aplicar medidas apropiadas.

- m) Pasados uno o dos años, cuando los tamaños y pendientes de los desagües ya estén más o menos estabilizados, la comunidad puede decidir revestirlos, o construir pantallas permanentes, cruces de calles, muros de contención, etc.

2.10 Lecturas seleccionadas

CHATERJEE, S. y BHUNIA, A. K. Drainage problem of metropolitan Calcutta and its solution. *Journal of the Institution of Civil Engineers (India)*, 50 (10, parte PH3): 83-92 (1970).

HILLMAN, F. Pre-fabricated fibre-reinforced cement irrigation channels. *Waterlines*, 4 (4): 22-25 (1986).

MANOHARN, S. Application of ferrocement drainage flume in slum upgrading. *Journal of ferrocement*, 12 (4): 373-383 (1982).

OKUN, D. A. y PONGHIS, G. *Community wastewater collection and disposal*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud 1975.

SHARMA, P. C. y KUMAR, A. Ferrocement channels for small-scale irrigation. *Appropriate technology*, 9 (3): 7-8 (1982).

WATKINS, L. H. y FIDDES, D. *Highway and urban hydrology in the tropics*. Londres, Pentech Press, 1984.

3. Rehabilitación y mantenimiento

3.1 Causa de los fallos del desagüe

Algunas comunidades sufren problemas de desagüe no porque carezcan de red de alcantarillado sino porque la existente se ha deteriorado, está bloqueada o necesita otro tipo de reparación y rehabilitación. Otras comunidades descubrirán que el punto de descarga más cercano y conveniente para su nueva red es una cloaca o un colector principal ya existente, y que éste necesita mantenimiento para funcionar correctamente.

Hundimiento y bloqueo son los principales tipos de fallos en las redes de alcantarillado, y ambos pueden tener varias causas; las siguientes pueden provocar el hundimiento de desagües:

- Erosión del fondo o de las paredes laterales del desagüe (derrumbio);
- Excesiva presión del agua por debajo y a los costados del revestimiento del desagüe;
- Vehículos que circulan por encima o demasiado cerca de los desagües;
- Crecimiento de raíces, especialmente de árboles cercanos;
- Corrosión de la bóveda en desagües cerrados que contienen aguas residuales.

Las causas del bloqueo pueden ser:

- Acumulación de detritos, hojas y tierra en el desagüe;
- Estructuras tales como casas o pilares de puente erigidos en el desagüe, que obstruyen el flujo;
- Excesiva vegetación en los canales de desagüe;
- Sedimentos depositados en las secciones bajas debido a la mala alineación, a la inclinación insuficiente, o porque la limpieza no se lleva a cabo con la frecuencia necesaria.

Para que la rehabilitación de una red defectuosa tenga una buena probabilidad de éxito es necesario diagnosticar y eliminar las causas originales de los fallos, así como tratar los síntomas inmediatos. Todas las posibles causas de hundimientos tienen arreglo.

- a) *La erosión de un canal sin revestimiento, junto con sus correspondientes soluciones, se ilustra en la Fig. 21 (página 41). En un desagüe revestido, la erosión puede significar que el pro-*

pio revestimiento no es lo bastante sólido y que se necesite otro más resistente. Uno de los puntos débiles más comunes se encuentra en las juntas entre los elementos del canal o de la tubería, que deben sellarse con mortero de cemento. En caso de que la pendiente sea superior a 10 %, es preciso instalar algún tipo de pantallas o escalones (véase Fig. 6, página 19). El desgaste en la parte exterior del revestimiento de un canal puede indicar que el agua no se introduce en el desagüe sino que corre paralela a él. Cuando el revestimiento se eleva sobre el nivel del suelo necesita muescas en las paredes laterales para que el agua pueda entrar en el interior del desagüe. Pequeños taludes de tierra, colocados en diagonal a través de la calle, ayudan también a que el agua se desvíe hacia el desagüe al borde del camino. Otra posibilidad es que el desgaste exterior del desagüe sea síntoma de desbordamiento durante las tormentas, lo que significa que hay que limpiarlo con más frecuencia o que se necesita un desagüe más grande o un mayor número de desagües transversales (Fig. 5, página 18). En desagües cerrados sometidos a sobrecarga, es posible que el agua se filtre a través de las juntas debido a la presión en el interior del tubo. Cuando la presión disminuye, el agua regresa al tubo succionando tierra y horadando sobre el desagüe una cavidad que con el tiempo provocará el hundimiento del mismo. La solución es sellar las juntas con cemento de relleno, o mejor aun, construir un desagüe más grande.

- b) La presión del agua desde el exterior o la resultante de la dilatación de tierras arcillosas se puede controlar utilizando lechos de arena (véase Fig. 15, página 31) y practicando orificios de drenaje, denominados mechinales, en el revestimiento (véase Fig. 11, página 27).
- c) Los *vehículos* pueden dañar fácilmente los desagües abiertos. Si los daños ocurren reiteradamente, una posible solución es proteger los canales con algún tipo de barrera, como por ejemplo raíles o bordillos de piedras. Si los daños se deben a que los vehículos intentan cruzar los desagües, habrá que construir cruces adecuados. En el caso de desagües cerrados, los daños causados por vehículos indican que los tubos deben enterrarse a mayor profundidad o protegerse con hormigón.
- d) Las *raíces* de árboles tienden a crecer y penetrar en los desagües, especialmente cuando éstos contienen aguas estancadas y los revestimientos no son impermeables. En caso de persistir el problema, la protección más eficaz es quitar todos los árboles que estén a menos de 5 metros del canal.

- e) La *corrosión de la bóveda* ocurre en desagües cerrados que contienen aguas residuales, en los cuales los gases de los residuos atacan y debilitan el cemento, en especial la bóveda o parte superior del desagüe.

La solución de la mayor parte de las causas de bloqueo es bastante fácil de imaginar: recogida de detritos, eliminación de estructuras y limpieza de vegetación. Si los desagües tienen una pendiente regular y adecuada, no debería ser necesario quitar el ciemo. Quitar la vegetación, cuyas raíces fijan el sedimento, debería bastar para que éste sea arrastrado por la próxima corriente fuerte que baje por el desagüe.

Sin embargo, la pendiente no siempre es regular. Puede que el desagüe haya sido mal colocado, que la arena del lecho que soporta algunas secciones se haya erosionado, ocasionando su hundimiento, y por último, que la falta de mechinales o de un lecho de arena adecuado haya provocado que el revestimiento se levante por la presión del agua del terreno circundante. El asentamiento irregular del terreno es un fenómeno común en zonas planas de suelo arcilloso y constituye otra causa de una pendiente irregular. También los daños causados por vehículos y los temblores de tierra pueden ocasionar distorsiones e incluso la desalineación de secciones enteras de canales o tuberías de desagüe, con el resultado de bloqueos por sedimentación u otros elementos sólidos. En tales casos, hay que reconstruir los desagües para darles una pendiente regular, aunque es posible corregir ligeras irregularidades rellenando las depresiones con cemento.

Por último, aunque el desagüe mismo esté en buenas condiciones, puede que no funcione debidamente por no tener suficiente capacidad. Incluso un desagüe que al ser construido era lo bastante grande puede resultar demasiado pequeño para el incremento del caudal de agua escurrida originado por el aumento de superficie edificada en la zona de captación.

3.2 Rehabilitación de redes existentes

Existen muchas redes de alcantarillado en zonas urbanas que funcionan imperfectamente, o que en absoluto no funcionan, debido a uno o varios de los fallos enumerados en la sección precedente. Antes de pensar en una nueva red, el primer paso es determinar si existe ya un sistema de desagüe, y en tal caso, si es posible rehabilitarlo. Por lo general, los vecinos saben si existe o no una red en la zona, pero puede que no conozcan la existencia de colecto-

res, en especial si se trata de desagües cerrados que están fuera del barrio pero que podrían usarse para descargar una futura microrred de alcantarillado.

Asimismo hay que consultar los archivos municipales, donde se pueden hallar antiguos planos generales de alcantarillado que contengan información acerca de la existencia de una antigua red de desagües en los alrededores. Luego se recorre a pie la zona para comprobar la exactitud de los planos y buscar rastros de la antigua red, tales como viejos pozos de registro, o trozos de tubo o de hormigón expuestos por la erosión; en particular, hay que recorrer las calles principales y los sectores que están pendiente abajo de la zona donde se necesita mejorar los desagües.

También se deben quitar las losas que cubren los canales de desagüe, teniendo cuidado para que no haya riesgo de que peatones o vehículos caigan accidentalmente en ellos. Luego hay que retirar el cieno y los residuos sólidos, empezando por el extremo inferior del desagüe. En la sección 3.3 se describen las herramientas especiales de limpieza. Una vez concluida ésta, se lava el canal con agua, tarea en la que puede colaborar el cuerpo de bomberos.

Inspección de desagües cerrados

La inspección de desagües cerrados es más difícil y peligrosa, y debe realizarse bajo la supervisión de expertos. El primer paso es dibujar un bosquejo de la red, siempre que no existan planos de archivo. El bosquejo debe señalar todos los pozos de registro existentes, las bocas de entrada de agua y demás estructuras de la red.

Fig. 22. Medidas de seguridad al entrar en desagües cerrados.

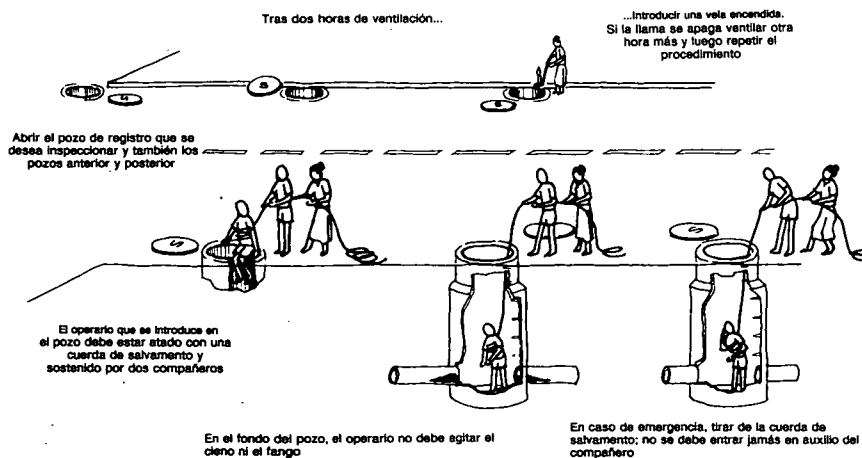
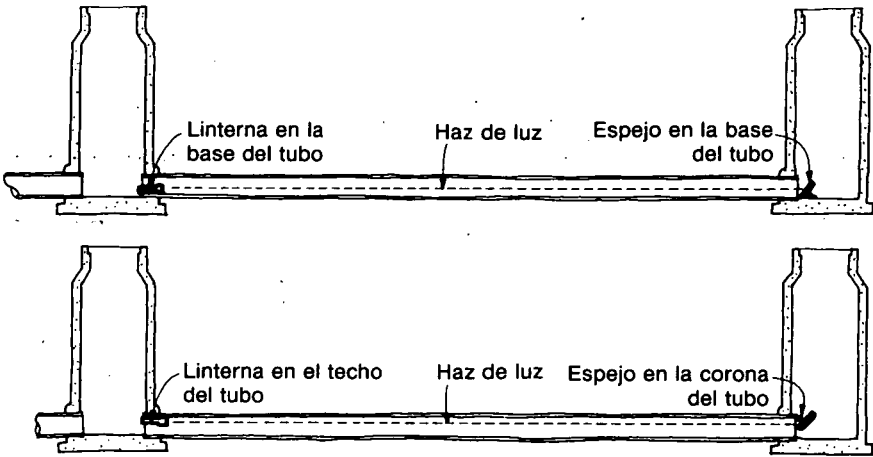
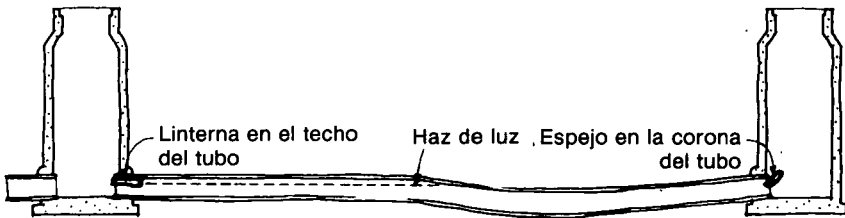


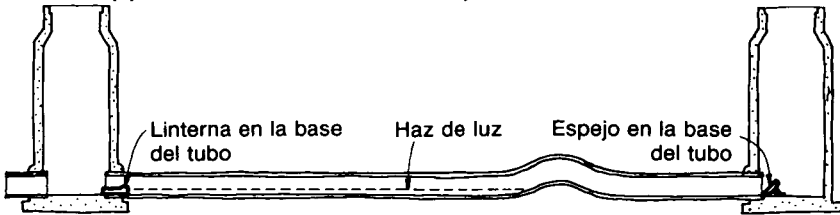
Fig. 23. Método para comprobar la alineación de desagües cerrados.



(a) Si la luz se refleja en el espejo, tanto en la base como en el techo del tubo, la tubería mantiene una alineación correcta



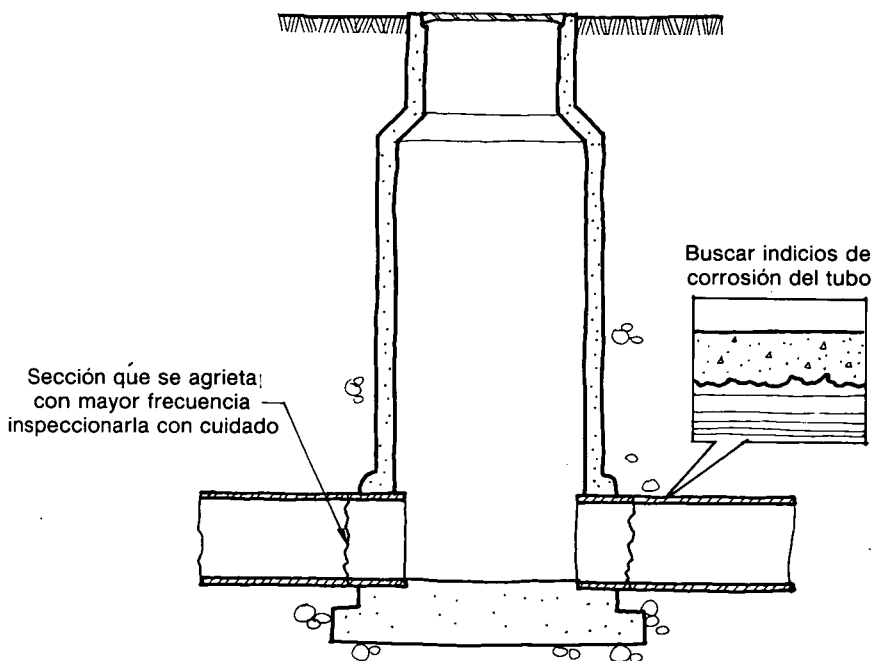
(b) Si no se ve la luz en la corona, la tubería se ha hundido



(c) Si no se ve la luz en la base del tubo la tubería se ha levantado

Si la distancia entre dos pozos de registro es mayor que la existente entre la mayor parte de los demás, es posible que uno o dos de ellos hayan sido enterrados o destruidos. Basándose en las distancias regulares que separan los demás pozos, debería ser posible determinar el lugar más probable donde encontrar un pozo que falta. Asimismo, hay que consultar con los habitantes locales, pues puede que ellos sepan dónde hallar los pozos enterrados. Una vez localizados éstos, se excavará el lugar para desenterrarlos.

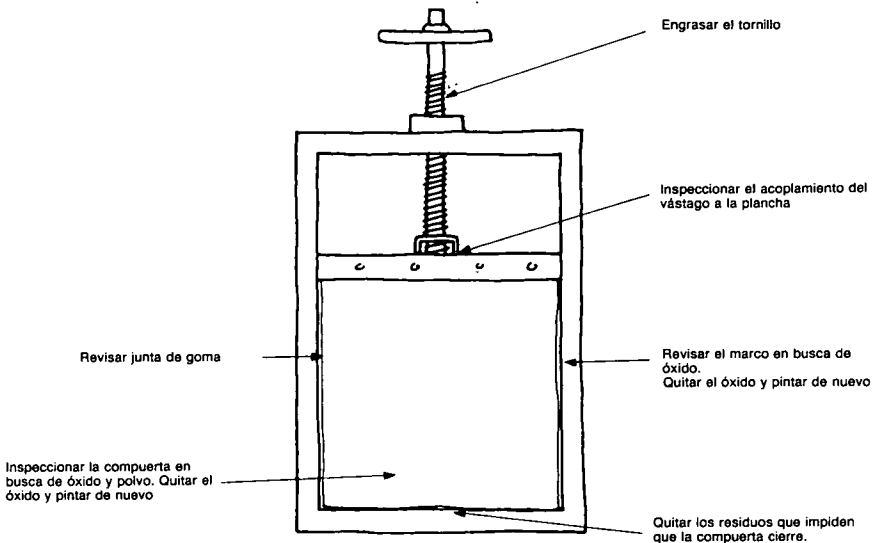
Fig. 24. Puntos donde se producen los fallos más comunes en los desagües cerrados.



Nadie debe entrar en un pozo de registro que no haya sido adecuadamente ventilado. Como medida de precaución, al menos dos horas antes de la operación, se abren las tapas de registro anterior y posterior a la sección que se desea inspeccionar. Para ahorrar tiempo se pueden abrir simultáneamente varios pozos, y, si se dispone de compresor de aire, introducir una manguera de aire comprimido para lograr una mejor ventilación. La inspección debe comenzar lo más abajo posible de la red y progresar hacia arriba. El agua de los pozos de registro inundados se extrae con bombas de succión, del tipo utilizado por las empresas constructoras en las excavaciones, y se vierte en el próximo pozo desagüe abajo. Otra opción es extraer el agua con baldes o por el método del sifón, pero ello llevaría sin duda mucho tiempo.

Una vez ventilado el pozo de registro, es necesario otro control de seguridad adicional para asegurarse de que no es peligroso entrar. Se introduce en el pozo una vela encendida o una lámpara de seguridad igual a las que se usan en minería. Si la llama se extingue, quiere decir que no hay suficiente oxígeno en el interior del pozo y que cualquier persona que descendiera en él podría asfixiarse a causa de los gases producidos por el sedimento y las aguas residuales. No obstante, no se debe introducir una llama viva hasta

Fig. 25. Requisitos para el mantenimiento de una esclusa.



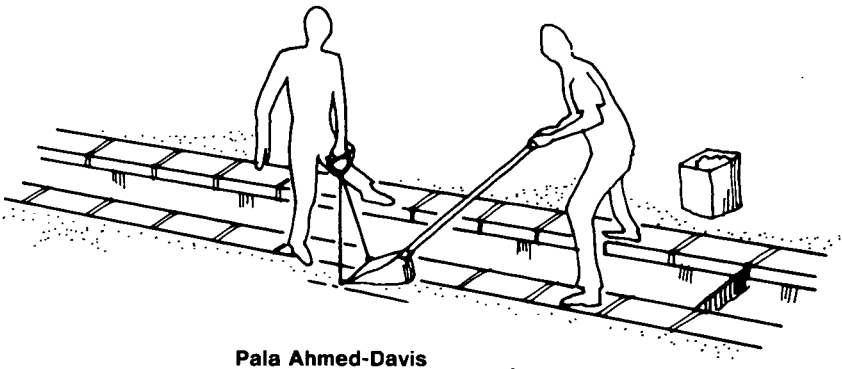
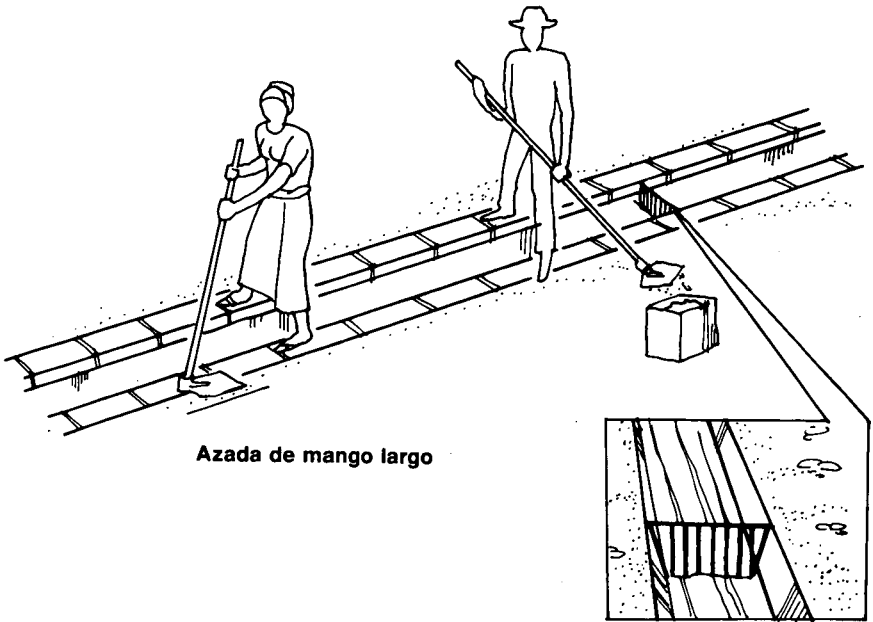
no haber ventilado el pozo, pues de lo contrario se podría provocar una explosión.

Una última medida de seguridad, no menos importante, es que nadie debe entrar en un pozo de registro sin una cuerda de salvamento. Además, hay que tener a mano una cuerda de repuesto para usar en caso de emergencia. En un pozo antiguo, los peldaños de la escalerilla de acceso pueden estar corroidos y ser mucho más peligrosos de lo que aparentan, y muchas veces están resbaladizos. Por consiguiente, por lo menos dos personas deben permanecer fuera del pozo para, en una emergencia, poder sacar del mismo a la persona que haya entrado. *Jamás* deben introducirse en el pozo al mismo tiempo que su compañero, incluso en caso de emergencia, ya que podrían morir todos. Aun cuando el pozo haya sido adecuadamente ventilado, la persona que lo inspeccione debe tratar de remover lo menos posible los sedimentos y el cieno depositado, ya que a veces éstos contienen gases venenosos que podrían desprenderse al agitar los sedimentos. Cuando un desagüe está completamente bloqueado y no se lo puede inspeccionar, se debe extraer el material desde el extremo superior. Todas estas medidas de seguridad se ilustran en la Fig. 22.

El control de la alineación de un desagüe cerrado lo pueden efectuar dos personas que se introducen en dos pozos de registro consecutivos equipados con una linterna y un espejo, como se muestra en la Fig. 23. Primero se sostienen linterna y espejo a una dis-

tancia de 5 a 10 cm sobre el fondo del desagüe (también llamado pieza invertida), y luego se van elevando ambos progresivamente hasta inmediatamente debajo de la corona. Cualquier irregularidad que existiera en la alineación vertical del tubo se delataría oscureciendo la luz de la linterna en alguna de estas posiciones. Mediante este procedimiento también se revelan pequeños defectos y obstrucciones.

Fig. 27. Limpieza de desagües abiertos.



El lugar en el que es más probable encontrar grietas y mala alineación es inmediatamente junto al registro, debido al asentamiento irregular de terreno tras la colocación del desagüe (Fig. 24). Otro problema posible es la corrosión de la corona, que puede descubrirse fácilmente tratando de excavar en el material del tubo de desagüe a los lados y arriba, utilizando una navaja o un clavo grande.

No se puede entrar con seguridad en los tubos de desagüe de menos de 1 m de diámetro, y cuando se entra en los más grandes hay que proceder con mucho cuidado. Los peligros son muchos: gas venenoso, huecos ocultos, súbitos torrentes de agua provenientes de secciones obstruidas o de tormentas, e incluso animales salvajes. No se debe utilizar luz de llama viva, como fósforos o velas, en el interior de un desagüe cerrado ni en un radio de 3 m alrededor de un pozo de registro abierto. Para evitar el riesgo de explosiones, es preferible una lámpara de seguridad de minero antes que una linterna.

Rehabilitación

Puede que algunas secciones necesiten reconstruirse totalmente, pero en otras tal vez sólo sea necesario quitar las obstrucciones y



Foto: S. Cairncross

Rejilla en un canal de desagüe pequeño. Este tipo de rejillas retiene los desperdicios cerca del lugar donde entran en el canal; así es fácil responsabilizar a los vecinos de tener limpios los tramos que les corresponden.

lavar el canal con agua. La mampostería y el hormigón agrietado deben ser reparados, poniendo atención en evitar la creación de irregularidades importantes, especialmente en las juntas, pues allí se pueden acumular elementos sólidos que bloqueen el desagüe. Las superficies que haya que reparar se deben picar antes con una maza y luego cubrir con cemento de buena calidad. Si se necesita reparar el fondo del desagüe, primero hay que desviar la corriente de agua del lugar de trabajo; para ello, se construye un pequeño dique de tierra o sacos de arena y se cava un canal paralelo provisional; también se puede bombear el agua.

Es posible que algunos accesorios se hayan dañado o perdido, en especial piezas metálicas, como por ejemplo tapas de pozos de registro o pantallas y rejillas que pueden haber sido robadas y vendidas como chatarra. La comunidad tiene la opción de reemplazarlas con piezas equivalentes de hormigón, o de fijar las rejillas de metal empotrándolas en el hormigón. Aunque la conservación será más dificultosa, disminuirá el robo, si es que existe este problema. Cuando las secciones cubiertas se bloquean reiteradamente con detritos, se instalan rejillas adicionales en el extremo superior de la red para impedir la entrada de basuras (ver sección 2.5). Se limpian las tapas y bocas existentes y si es necesario se reparan o se cambian; los accesorios de acero se pintan con dos capas de alquitrán o de imprimador.

Si la red de alcantarillado cuenta con esclusas (Fig. 25), deben verificarse las manivelas, las planchas y las guías de las compuertas. Se lija y se quita el óxido y la pintura vieja con un cepillo de acero. Se tapan los agujeros soldando placas de metal. La compuerta y el marco se pintan con tres o cuatro capas de pintura epóxida o cualquier otra de alta resistencia. Se engrasan las bisagras y las guías.

Fig. 27. Limpieza de desagües cerrados con un balde.

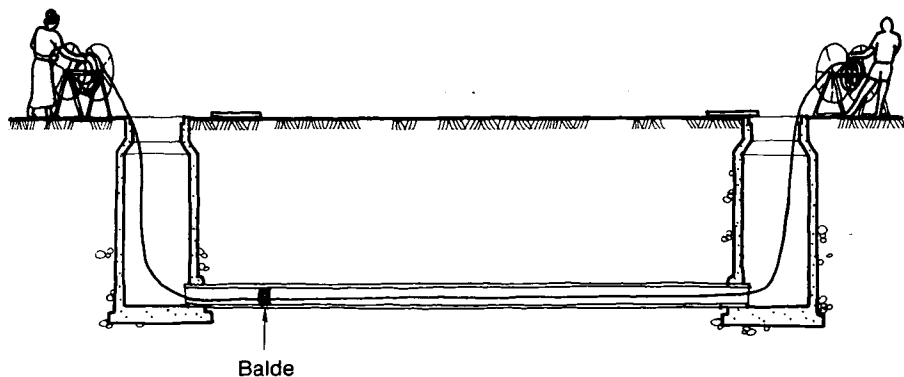
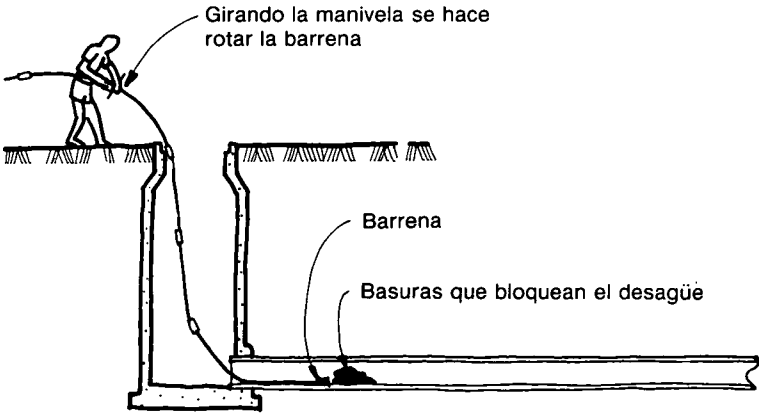
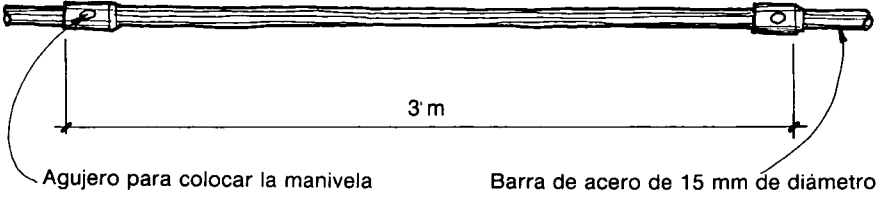
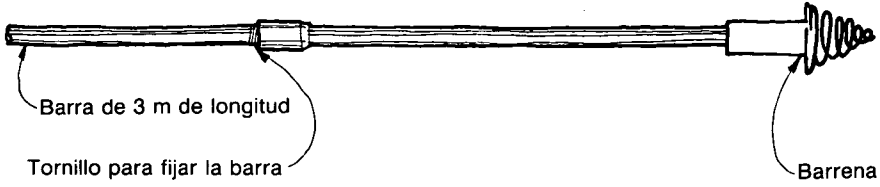


Fig. 28. Limpieza de desagües cerrados con una barrena.



3.3 Mantenimiento: aspectos técnicos

La tarea de mantenimiento más importante es limpiar los desagües de detritos, cieno u otros elementos sólidos. Todos los desagües han de limpiarse por lo menos dos veces al año, preferentemente al comienzo y al final de la estación lluviosa. Algunos desagües, en particular los secundarios y las conexiones con las casas, necesitarán una limpieza más frecuente. Los pequeños desagües abiertos de zonas llanas probablemente requieran una limpie-

za semanal, y los canales sin revestimiento precisan una limpieza periódica para eliminar la vegetación.

Es importante instituir la limpieza de los desagües como una actividad rutinaria que debe realizarse a intervalos regulares, sin esperar a que la red falle debido a una obstrucción. Cuando esto sucede, la reparación de los daños causados, incluyendo las averías de los propios desagües, puede llegar a costar más que el mantenimiento preventivo regular.

La limpieza de desagües debe coordinarse con la recogida y eliminación de residuos sólidos, de forma que los materiales sólidos que se extraen de los desagües no queden en lugares donde la lluvia pueda arrastrarlos otra vez dentro de las tuberías o donde puedan constituir un estorbo y un peligro para la salud, estimulando la cría de ratas y moscas.

Desagües abiertos

Por lo general, la limpieza de desagües abiertos se realiza manualmente con la ayuda de palas, azadas y baldes. Si se ejecuta con herramientas inadecuadas, en especial cuando los canales son profundos, puede llegar a ser una tarea desagradable y fatigosa. Por tanto, vale la pena disponer de algunas herramientas especiales con las que se pueda limpiar el desagüe en toda su longitud, por ejemplo, palas que encajen bien en el canal.

Una herramienta que ha demostrado su gran utilidad para limpiar desagües angostos y profundos es una azada agrícola con mango extralargo (Fig. 26). Otra herramienta, también mostrada en la Fig. 26, es una pala Ahmed-Davis inventada en Túnez, donde se comprobó que reducía el tiempo de limpieza en un 30 %. Un operario clava la pala profundamente en el canal, agarrándola del mango, y otro operario tira hacia adelante y hacia arriba mediante los cables de acero fijados en el extremo delantero de la misma. El tamaño y forma de la zanja determinan el tamaño y forma de la pala. Puede ser útil perforar varios pequeños orificios en el fondo de la pala, de forma que al levantarla pueda escurrirse el agua contenida en los sólidos.

Es habitual repartir la responsabilidad de la conservación de una red de alcantarillado entre varios residentes, barrios o equipos de limpieza, haciendo a cada uno responsable de su propia sección. De hacerse así, se aconseja instalar rejas que atraviesen los canales en el extremo inferior de cada sección para evitar que los sólidos sean arrastrados a la sección siguiente. De lo contrario, los residuos sólidos se acumularían en la sección más baja e impondrían

excesivo trabajo al equipo responsable de la misma, lo que podría ser causa de conflictos.

Desagües cerrados

Todas las medidas de precaución y seguridad descritas en la sección 3.2 deben ser escrupulosamente observadas en la limpieza de desagües cerrados.

La herramienta más común utilizada para extraer el cieno y los sólidos es un balde atado en mitad de un cable de acero (Fig. 27). El cable debe tener como mínimo una longitud igual a dos veces la distancia entre los dos pozos de registro más separados. Un extremo del cable se introduce en un pozo de registro y se pasa por el desagüe, con la boca del balde mirando canal abajo, enrollándolo en un molinete instalado junto a la boca del pozo siguiente. Al ir tirando del balde, éste recoge los elementos sólidos y el cieno. El diámetro del balde debe ser por lo menos 5 cm menor que el diámetro interno de la tubería para permitir que el material recogido desborde cuando el balde se llene y evitar que éste se quede trabado en las obstrucciones.

Si el balde se bloquea no hay que tirar de él con demasiada fuerza, pues podría comprimir los residuos sólidos y hacer más difícil la extracción de éstos. En lugar de ello, se hace retroceder el balde y se sustituye por uno más pequeño o por una barrena (descrita más adelante) que se utiliza en el primer pase. Cuando el balde llega hasta el pozo de registro inferior, se extrae con los sólidos y se suelta del cable; a su vez, éste se va desenrollando del molinete y pasando de regreso hasta el pozo superior, donde se le ata de nuevo el balde. Se repite el procedimiento hasta que el desagüe quede limpio.

Cuando el desagüe se encuentra bloqueado o los elementos sólidos son demasiado duros para extraerlos con el sistema del balde, se puede eliminar la obstrucción de la tubería por medio de una barrena (Fig. 28). La barrena es como una gran broca o mecha para taladrar que se hace girar mediante unas manivelas colocadas en una de las muchas barras que en forma de cadena constituyen el eje propulsor. Las barras tienen por lo general un diámetro de 10 a 15 mm y son de acero inoxidable. No es necesario extraer el agua que pueda haber quedado atrapada por encima de la obstrucción. Cuando la barrena penetra en los elementos sólidos que bloquean la tubería, el agua facilitará el desprendimiento de los sólidos corriente abajo.

3.4 Mantenimiento: aspectos institucionales

Ya se ha mencionado la necesidad de coordinar el mantenimiento de los desagües con la recogida de residuos sólidos. La coordinación es imprescindible por dos razones. En primer lugar hay que eliminar de forma adecuada los elementos sólidos extraídos. En segundo lugar, no pueden mantenerse limpios los desagües sin un sistema eficaz de destrucción de detritos. Si los residuos sólidos no se recogen periódicamente, los residentes no tendrán más remedio que echar sus basuras en los canales de desagüe o tirarlas en las calles y espacios abiertos, donde las lluvias, el viento y los animales las dispersarán, y gran parte de ellas terminará cayendo de nuevo en los desagües. El medio más efectivo para asegurar una buena coordinación entre el mantenimiento de desagües y la eliminación de residuos es que ambas actividades estén bajo la responsabilidad del mismo departamento municipal o del mismo comité de barrio.

La conservación de la red de alcantarillado, incluidas inspección, limpieza y reparación, debe ser institucionalizada si se desea mantener los desagües en buen estado durante toda su vida útil. Por este motivo, la responsabilidad última debe recaer preferentemente en el municipio, ya que éste cuenta con personal asalariado para realizar la tarea. Movilizar a una comunidad para que realice tareas voluntarias en forma rutinaria, año tras año, es mucho más difícil que obtener su participación activa durante el período limitado que requiere la construcción de la red. No obstante, hay amplio margen para que la comunidad participe en el mantenimiento de los desagües. En la sección 4.4 se describe cómo puede organizarse esto.

3.5 Lecturas seleccionadas

Safety in Sewers and at Sewage Works. Londres, Institution of Civil Engineers, 1967.

FLINTOFF, F. *Management of Solid Wastes in Developing Countries.* Nueva Delhi, OMS - Oficina Regional de la OMS para Asia Sudoriental, 1984 (Publicaciones Regionales de la OMS, Serie del Asia Sudoriental, N° 1).

Participación de la comunidad

4.1 La necesidad de participación

Participación en la planificación

Una red de alcantarillado, como cualquier otro elemento de infraestructura, forma parte del entorno edificado de una comunidad, por lo que los residentes pueden considerar inapropiado e inaceptable el no haber participado en las decisiones clave de su planificación. Tradicionalmente, la planificación y el diseño de redes urbanas de desagüe de aguas superficiales han estado a cargo de organismos gubernamentales o municipales, sin participación de los residentes locales, y prácticamente sin consultarlos, a pesar de que, por lo general, los técnicos y planificadores de los mencionados organismos no viven en comunidades de bajos ingresos y, salvo cuando a éstas se les ha dado la oportunidad de expresar sus opiniones, pueden equivocarse fácilmente respecto a las necesidades, las costumbres y las aspiraciones de la comunidad.

Los desagües abiertos ocupan una determinada superficie de terreno, y éste es un bien que escasea en muchas comunidades urbanas de bajos ingresos; por tanto, sus residentes suelen mostrarse reacios a sacrificar sus tierras si no están convencidos de que lo hacen en beneficio propio. Puede que haya que trasladar y reconstruir algunas casas para dejar paso a los nuevos desagües, y también persuadir a los vecinos de no erigir nuevas estructuras que puedan obstruir la red. La situación se complica por los problemas de tenencia de tierras que apremian a muchos barrios urbanos paupérrimos. Por ejemplo, resulta obvio que los procedimientos convencionales que utiliza un municipio para la expropiación de tierras no se pueden aplicar en una comunidad de ocupantes que no poseen títulos de propiedad de los terrenos sobre los que han construido. Si la comunidad no participa en su planificación, la demanda de suelo que ocasiona una red de alcantarillado puede convertirse en una cuestión candente y ser causa de gran resentimiento.

Una red de desagües está muy expuesta al sabotaje; incluso un solo miembro de la comunidad puede obstruir efectivamente un desagüe, vertiendo en él una moderada cantidad de basura y de-

jando inservible la parte superior de la red por encima de la obstrucción. El bloqueo deliberado y otras formas de sabotaje no son un fenómeno desconocido, pero la apatía y la negligencia pueden tener consecuencias igualmente graves a largo plazo. La participación de la comunidad en la planificación es el medio más eficaz de generar interés y comprometer a los residentes locales, y es esencial para que el proyecto de alcantarillado tenga éxito.

Con su conocimiento detallado de la zona, los habitantes del barrio también pueden contribuir en gran medida al diseño de la red. Por ejemplo, al no tener en cuenta los relatos de testigos de pasadas inundaciones, la escasez de información hidrológica exacta sobre zonas urbanas puede llevar a que se diseñen redes de alcantarillado innecesariamente costosas. Asimismo, es posible recoger otras muchas clases de información de los residentes de forma voluntaria, evitándose así la necesidad de costosos estudios.

Participación en la construcción

La participación de la comunidad en la construcción no es indispensable, pero tiene muchas ventajas. El trabajo voluntario puede permitir un ahorro de costos significativo, factor importante que deben tener en cuenta la mayor parte de los municipios de los países en desarrollo, ya que los fondos con que cuentan para invertir en infraestructura son muy limitados. También puede ser provechoso desarrollar un sentido de propiedad y un clima de cooperación que faciliten el uso responsable y la conservación adecuada de la red. La participación de la comunidad en la construcción, ya sea retribuida o voluntaria, hará que los residentes se familiaricen con la red de alcantarillado y aprendan a realizar unas tareas que les permitirán participar en el mantenimiento de la misma. Por último, puede ocurrir que la construcción a cargo de la comunidad sea la única solución posible cuando las autoridades municipales no pueden, por la razones que fuera, proveer al barrio de una red de alcantarillado.

Participación en el mantenimiento

No es preciso argumentar a favor de la participación de la comunidad en la conservación de los desagües. Con demasiada frecuencia las comunidades de bajos ingresos se ven obligadas a mantener su red de alcantarillado con asistencia mínima, tanto si se debe a un exceso de optimismo por parte de las autoridades municipales como si la causa es el abandono debido a que el municipio no

dispone de los recursos ni de la capacidad para conservar la red que ha construido. Antes bien, lo que necesita la comunidad es apoyo que le permita llevar a cabo con más eficacia su parte de la tarea. Esto incluye no sólo apoyo técnico y material, concretamente formación y suministro de equipo especializado cuando sea necesario, sino también apoyo para desarrollar instituciones y procedimientos comunitarios que sirvan para organizar la tarea.

4.2 Instituciones comunitarias

La participación de la comunidad no es un proceso espontáneo y automático, sino que requiere una iniciativa para ponerlo en marcha y una gestión para organizarlo. En la práctica, la comunidad sólo participa a través de sus instituciones comunitarias. Por otra parte, no hay motivo para que estas instituciones empiecen de la nada. Una comunidad urbana de bajos ingresos no es la aglomeración desorganizada que puede parecer a los ojos de un forastero. Normalmente cuenta con una variedad de instituciones, algunas de ellas con un alto grado de organización y considerable capacidad de influir en las actitudes y el comportamiento de su gente. Existen instituciones de varios tipos diferentes, como las que se mencionan a continuación:

- asociaciones de vecinos y grupos de recreo,
- organizaciones de mujeres,
- partidos políticos,
- sindicatos de trabajadores,
- organizaciones religiosas,
- asociaciones culturales,
- asociaciones étnicas o de inmigrantes,
- asociaciones de créditos rotatorios,
- sociedades de pompas fúnebres,
- asociaciones escolares, asociaciones de padres y maestros,
- puestos de asistencia sanitaria, comités de salud, agentes de salud comunitarios.

Algunas de ellas pueden estar formalmente reconocidas y afiliadas a organizaciones regionales o nacionales, mientras que otras se han desarrollado de manera informal en respuesta a necesidades locales específicas. A menudo, sus actividades e influencia desbordan ampliamente los propósitos para las que originalmente fueron creadas, y muchas veces las instituciones de comunidades de bajos ingresos se muestran mucho más activas que sus equivalentes

de barrios más ricos. Además, a algunos individuos se los reconoce informalmente como líderes de la comunidad por su educación, dinero, edad o experiencia.

La iniciativa de plantear el debate sobre la posibilidad de mejorar los desagües surge con frecuencia de algún individuo que ya tiene un papel destacado en alguna de estas organizaciones, como el maestro, un líder religioso o el secretario de un partido. Cuando la iniciativa proviene de un organismo externo como el municipio, las instituciones locales pueden resultar buenas «puertas de acceso» para establecer los primeros contactos con la comunidad. En realidad, muchos residentes podrían sentirse ofendidos si el contacto no se realizara por medio de las instituciones comunitarias existentes.

El comité de alcantarillado

Por lo general será necesario crear un comité de alcantarillado que organice la contribución de la comunidad al proyecto de desagües. Para que este comité tenga más posibilidades de éxito, es mejor que no sea un organismo absolutamente nuevo sino que se base en instituciones comunitarias existentes cuya autoridad sea generalmente aceptada. Si el comité de alcantarillado responde ante los líderes de la comunidad, tendrá a su favor la autoridad establecida de éstos.

El comité debe ser representativo de la comunidad. Su tarea se verá facilitada si incluye a mujeres y a miembros de los principales grupos étnicos y religiosos de la comunidad, provenientes de distintas partes del barrio. Por otra parte, no debe ser demasiado grande, pues esto podría dificultar la adopción de resoluciones por consenso y no garantizaría a todos los miembros un papel activo. Lo mejor es que tenga menos de diez miembros. Se puede estimular la participación activa de los miembros del comité asignándoles tareas específicas, tales como presidente, secretario y tesorero, dejando a otros miembros los aspectos técnicos, el enlace con el municipio, las relaciones públicas, la organización del trabajo voluntario, la reubicación de viviendas afectadas, etc. Si el número de miembros es suficiente, algunas de estas personas podrán tener adjuntos.

En muchos casos, los miembros del comité estarán dispuestos a trabajar con carácter voluntario, pero en determinadas circunstancias se justifica algún tipo de remuneración por la tarea desarrollada, por ejemplo, en el caso concreto de que la labor del comité supusiera sustanciales ahorros para el municipio.

Uno de los primeros pasos que debe dar el comité es entrar en contacto con el municipio local para solicitar su ayuda, ya sea directamente o a través de dirigentes locales. Incluso cuando la autoridad municipal no se puede permitir suministrar recursos materiales, tal vez pueda ofrecer otras clases de ayuda, como asistencia técnica, asesoramiento en relación con posibles fuentes de financiación, y enlaces con otros organismos pertinentes, incluidas otras comunidades que han emprendido con éxito mejoras en su red de desagües. Asimismo, el municipio puede ayudar a evitar conflictos con la policía. Aunque en la mayor parte de los países se estimulan las reuniones y la participación de la comunidad, hay casos en los que un grupo de gente que se reúne con regularidad en una zona de viviendas de bajos ingresos y alta densidad de población puede aparecer sospechoso de actividades subversivas.

Si la autoridad municipal está dispuesta a ayudar, hay que realizar el mayor esfuerzo para asegurar su colaboración con el comité. Este, por su parte, ha de informar a los funcionarios municipales de sus decisiones, enviándoles las actas de las reuniones o, mejor aún, invitando a representantes de departamentos afines a asistir a las mismas. También puede ofrecerse a colaborar en la recogida de datos u otras tareas. Por otra parte, el municipio debe consultar las decisiones de planificación y diseño con el comité, dando tiempo para que, a su vez, éste las consulte con la comunidad antes de dar su respuesta. También puede establecer reuniones informativas periódicas con los miembros del comité para mantenerlos al corriente de la evolución del proyecto.

En el Anexo 4 se describen algunos medios que podrían ser útiles para la información del comité de alcantarillado.

4.3 Concienciación

Un requisito esencial para la participación activa y voluntaria de la comunidad en un plan de alcantarillado es que ésta sea consciente de la necesidad del mismo, de su viabilidad, y de los beneficios que puede reportar. Son muchas las comunidades de bajos ingresos que tienen conciencia de este problema; a menudo, la red de desagües figura en el primer lugar de las prioridades de infraestructura de la comunidad. Sin embargo, el comité de alcantarillado (o cualquiera que desee crear uno) necesita infundir en la gente la idea de que la propia comunidad puede y debe hacer algo para mejorar la situación. Otro requisito es generar un clima de responsabilidad por la red de desagües una vez construida ésta.



Foto: S. Cairncross

Comunidad de bajos ingresos en Recife, Brasil, a los pocos años de construido el sistema de desagüe. Muchos de los residentes ya se han edificado casas nuevas.

Con el fin de dar a conocer el comité de alcantarillado y sus objetivos, es posible valerse de una serie de métodos, entre los que se cuentan reuniones públicas, carteles e información directa puerta a puerta. Un recurso especialmente valioso son los escolares. Suelen estar más dispuestos a aceptar nuevas ideas, tienen tiempo y energías que pueden movilizarse para diversas actividades y son capaces de influir en sus familias.

Sin embargo, la gente no se deja influir fácilmente en sus actitudes y comportamiento por una corriente unidireccional de información y de exhortaciones a la participación. Una estrategia bastante más eficaz es estimular el debate de tal manera que sean los residentes quienes perciban por sí mismo las ventajas de colaborar con el plan de alcantarillado y la importancia de mantener una actitud responsable al respecto.

Cuatro incentivos principales pueden contribuir a motivar a las personas para que participen en un proyecto de desagüe:

- comodidad y seguridad,
- beneficio económico,
- nivel social,
- presión del grupo.

Los analizaremos uno por uno.

Comodidad y seguridad

Un argumento eficaz en favor del alcantarillado es la perspectiva de no tener que caminar más entre charcos de aguas estancadas y residuales, ni tener que sufrir más derrumbes de viviendas y desprendimientos de tierras. Las mejoras harán que los vecinos consideren que vale la pena emprender mejoras en sus casa y abrirán el camino para otros aspectos de la infraestructura como el abastecimiento de agua y el saneamiento. La mejora en los desagües facilita el acceso de vehículos; aunque sean pocos los residentes que poseen automóvil, muchos querrán contar con la garantía de un mejor acceso para vehículos de emergencia como ambulancias y coches de bomberos. Otro estímulo más es la perspectiva de disminuir las molestias causadas por los mosquitos, una vez que se ha demostrado a la gente que éstos se crían en el agua estancada. En la sección 1 se han descrito los beneficios sanitarios que proporciona una red de desagües, lo que debería explicarse a la comunidad.

Beneficio económico

Las mejoras del alcantarillado pueden aumentar el valor de la propiedad, resultando más provechoso vender o alquilar las viviendas. Presentar datos y pruebas que demuestren que el proyecto de alcantarillado no sólo es asequible a la comunidad sino que además rinde beneficios económicos puede llegar a ser un factor de motivación muy eficaz.

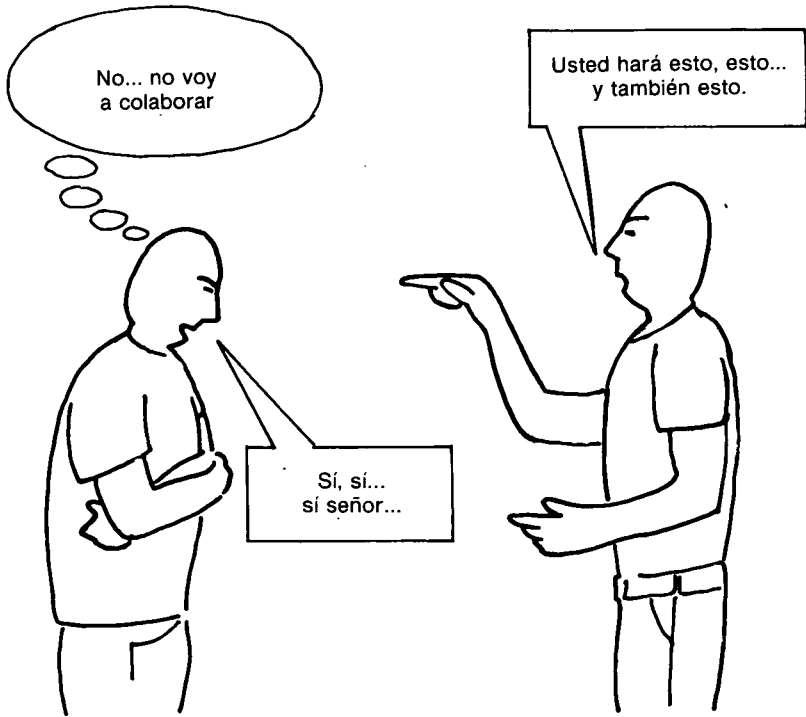
Nivel social

Deseen o no los vecinos vender o alquilar sus viviendas, los desagües mejorados pueden otorgar al barrio el atractivo de zonas más ricas y conferir a la comunidad y a sus miembros un nivel social más elevado. Los que participen más activamente en el proyecto pueden gozar de una posición aun más elevada.

Presión del grupo

Una vez logrado el consenso, la presión del grupo puede resultar uno de los más poderosos incentivos para participar en el esfuerzo colectivo de la comunidad. Toda comunidad ejerce considerable presión interna sobre sus miembros para que éstos cumplan con sus normas y resoluciones; aquellos que se desvían corren el riesgo de ser apartados, ridiculizados y humillados, aunque para casi

Fig. 29. La participación de la comunidad en el proyecto es esencial para un buen resultado.



Puede que los residentes de la comunidad contesten «sí» a todas las preguntas que se les haga. Pero si el proyecto les ha sido impuesto se resentirán y no querrán colaborar. Para que el proyecto dé buen resultado, debe proyectarse contando con la comunidad.

todos el ejemplo de la mayoría es suficiente para persuadirlos a unirse al proyecto. Empero, esto sólo será efectivo después de haber motivado a la mayoría a participar y de haberse llegado a un consenso a través del debate.

Dos medios eficaces de fomentar y centrar el debate son el material gráfico y las preguntas. El material gráfico puede ser diverso: tiras cómicas, tableros donde se pueden fijar, mover y quitar figuras adhesivas, y diapositivas, películas o videos que muestren los problemas de desagüe y cómo ha mejorado la situación en otras zonas. A los residentes de les pedirá que comenten este material, lo acomoden a su antojo y cuenten historias imaginarias sobre él. Además, se pueden improvisar medios auxiliares visuales a partir de materiales locales: por ejemplo, un frasco de vidrio que con-

tenga larvas de mosquitos, o dos maquetas de la topografía local —una con pequeños canales tallados— sobre las que se arrojará un cubo de agua simulando lluvia.

Plantear una serie de preguntas cuidadosamente elegidas puede resultar útil para fomentar el debate.

Las siguientes sirven de ejemplo:

- «¿Por qué las inundaciones siempre ocurren en barrios como el nuestro y nunca en el centro de la ciudad?»
- «¿Por qué en nuestra zona hay tantos mosquitos?»
- «Si en nuestro barrio se construyera una red de alcantarillado, ¿cómo cambiaría el valor de nuestras viviendas?»

El proceso lleva tiempo y puede seguir itinerarios insospechados. Sin embargo, no existen atajos. Una comunidad de bajos ingresos a la que simplemente se le dice lo que hay que hacer puede parecer que reacciona positivamente durante las reuniones y en las encuestas, pero puede retirar su colaboración cuando llega el momento de actuar. Se aconseja no precipitarse a adoptar ninguna decisión sino dar tiempo a la comunidad para que discuta el problema y llegue a un consenso.

4.4 Un programa de acción

Una vez creado el comité de alcantarillado y después de que la comunidad haya llegado a un acuerdo para apoyar sus esfuerzos, es el momento de planear un programa para la ejecución del proyecto de desagües. Esta planificación no es lo mismo que el diseño técnico del sistema. No es necesario tener el diseño definitivo para tomar las decisiones básicas de planificación, aunque es conveniente tener una idea de las soluciones técnicas más importantes por las que se ha optado. Quizá al comité le parezca oportuno empezar por los puntos *a) - f)* de la sección 2.9, para hacerse una idea de la probable magnitud del proyecto.

Con el fin de desarrollar el programa de acción, la ejecución del proyecto ha de dividirse en distintas fases y actividades, de la siguiente forma:

Planificación y diseño

- Acopio de datos
- Esbozo de soluciones técnicas
- Selección de la mejor opción
- Diseño detallado

- Cálculos de costos
- Búsqueda de financiación.

Construcción

- Adquisición de terrenos
- Reubicación de viviendas
- Preparación de instalaciones de almacenaje, explanada de molde, etc.
- Compra de materiales y equipo
- Tareas de construcción especializadas y supervisión
- Tareas de construcción no especializadas
- Suministro de agua para la construcción
- Almacenamiento, contabilidad y custodia de los materiales y equipo
- Suministro de comida para los trabajadores voluntarios

Mantenimiento

- Limpieza periódica de los desagües
- Informes de defectos y obstrucciones
- Inspección semestral
- Reparaciones
- Pago del mantenimiento
- Aprobación de ordenanzas relativas al uso de los desagües
- Aplicación de las ordenanzas.

Es necesario determinar cuándo y quiénes realizarán cada actividad, cómo se organizarán y ante quién responderán. Esto significa que en la fase de planificación hay que decidir qué es lo que hará la comunidad en el futuro; cuantas más decisiones se tomen en esta etapa de planificación, mejor funcionará el proyecto en el futuro.

No es preciso ni aconsejable siquiera que estas decisiones las tome por su cuenta el comité de alcantarillado. En la práctica, algunas resoluciones estarán determinadas por lo que el municipio pueda ofrecer, pero como muchas actividades serán realizadas por la comunidad o por quienes ésta contrate para ese fin, es preferible dejar que las decisiones finales se adopten en una reunión con la comunidad o de sus representantes. De todos modos, el comité tiene que considerar primero todas las alternativas posibles, de forma que en la reunión pueda exponer las ventajas y desventajas de cada opción.

Resulta más fácil para la comunidad debatir el programa de acción propuesto cuando existen previsiones sobre la distribución de las actividades en el tiempo. Para ello, el equipo municipal puede asesorar sobre el tiempo que se requerirá probablemente para cada tarea.

El programa debe someterse a discusión en una o más reuniones comunitarias, donde se debatirán sus posibles modificaciones y su aprobación final. En las primeras fases las reuniones públicas son provechosas, pues facilitan el logro de los siguientes objetivos:

- que los residentes tengan una idea clara de lo que se está decidiendo y no dependan de rumores y relatos de segunda mano, que pueden resultar inexactos;
- que la comunidad sienta que tiene algún control sobre la toma de decisiones y pueda así identificarse con las conclusiones;
- que se aprovechen al máximo los conocimientos locales para elegir la solución de mejor relación costo/eficacia.

Cada reunión debe comenzar con una presentación de las opciones que se consideran. Luego, antes de que el comité presente la solución que recomienda para cada problema, es preferible suscitar primero comentarios y sugerencias de los participantes. De este modo, la reunión puede adoptar la forma de una «sesión imaginativa», que es *un proceso de gran creatividad. Las ideas sugeridas por los participantes se escriben en una pizarra. El secreto del éxito de una sesión imaginativa está en acatar cuatro reglas básicas:*

- 1) No criticar las sugerencias.
- 2) No cambiar ni modificar las ideas, sino tomarlas tal como surgen.
- 3) Estimular ideas aun más aventuradas, ya que pueden suscitar otras más prácticas.
- 4) Cuantas más ideas, mejor; no detenerse en cuanto haya una pausa en el debate.

Una vez confeccionada una lista de sugerencias mediante este procedimiento, se puede pedir a los reunidos que las comenten, y al comité de alcantarillado que considere con más detalle las mejores propuestas.

Sobre esta base, se desarrolla un programa más detallado que se presentará en otra reunión. Todo este proceso puede tardar de uno a dos meses, y debe culminar con la redacción de unos acuerdos suscritos entre las partes interesadas, en los cuales se definen las responsabilidades respecto al diseño, construcción, uso y mante-

nimiento de la red. En caso de que participen consultores de ingeniería o contratistas, hay que procurarse la ayuda de un especialista para que redacte contratos adecuados y defina los términos de referencia. Los acuerdos y contratos deben incluir una cláusula que prevea ulteriores consultas con la comunidad, en particular durante la fase de diseño del proyecto. En el Anexo 4 se ofrece una lista de comprobación para definir los términos de referencia de un estudio de viabilidad de una red de alcantarillado comunitaria.

Antes de que comience la construcción debe existir un grado razonable de certeza respecto a la disponibilidad de fondos suficientes para llevar a cabo el proyecto. Cuando sea necesario, la recolección de fondos dentro de la comunidad y los esfuerzos por obtener financiación externa pueden comenzar mientras el programa de acción aún se halle en fase de elaboración.

Muchas son las tareas que puede realizar la comunidad en la construcción de la red de alcantarillado (ver sección 2.8), pero su participación debe ser minuciosamente planificada. Lo más importante es que los planes especifiquen quién será el responsable de cada tarea y quién la supervisará. Algunas se pueden organizar por calles o manzanas; los vecinos de una calle trabajan en el desagüe de su propia calle o trabajan sólo un día determinado dentro de un sistema rotativo. La responsabilidad de algunas tareas ligeras puede recaer en niños de edad escolar o en ancianos.

Deben preverse con anticipación diversas soluciones para resolver los casos de personas que no participan. Algunos miembros de la comunidad tal vez prefieran contribuir al proyecto con dinero o materiales antes que con su trabajo. El comité de alcantarillado considerará los medios de presión que pueda ejercer sobre quienes no contribuyen con nada. Si las sanciones han sido acordadas de antemano por la comunidad, será mucho más fácil aplicarlas.

Cuando haya concluido la construcción de la red, el comité de alcantarillado convocará otra reunión. Si bien ésta puede tomar la forma de celebración, también resultará oportuno hablar sobre el mantenimiento de los nuevos desagües, ya sea bajo la dirección del mismo comité o de uno reconstituido.

4.5 Participación en el mantenimiento

Como se dijo en la sección 3.4, la conservación de una red de alcantarillado requiere unos acuerdos institucionales específicos, preferentemente con algún departamento municipal que asuma la responsabilidad final de esta tarea.

Ya sea que un departamento municipal asuma o no la responsabilidad del mantenimiento, el comité de alcantarillado del barrio puede al menos controlar el funcionamiento de la red e informar de los fallos y deficiencias a los funcionarios responsables. En muchos casos, la comunidad también es capaz de llevar a cabo gran parte del trabajo de mantenimiento, pero tiene que haber una buena coordinación y una clara división de responsabilidades. En caso de daños u obstrucciones, los habitantes tienen que saber a quién informar. Es ciertamente aconsejable que la comunidad nombre un comité de alcantarillado que planifique y supervise las tareas de conservación. Este comité deberá permanecer en contacto con el municipio para asegurar la pronta recogida de residuos sólidos extraídos de los desagües y la eliminación de obstáculos para que el agua de lluvia descargue en la red primaria que conecta el barrio con la masa de agua receptora.

Una posibilidad es que cada vivienda asuma la responsabilidad de cuidar la sección de desagüe que pasa a través o delante de su terreno. Sin embargo, para que esto dé buen resultado se precisan dos requisitos: 1) el plan tiene que ser aceptado por toda la comunidad, y 2) hay que establecer algún procedimiento suplementario

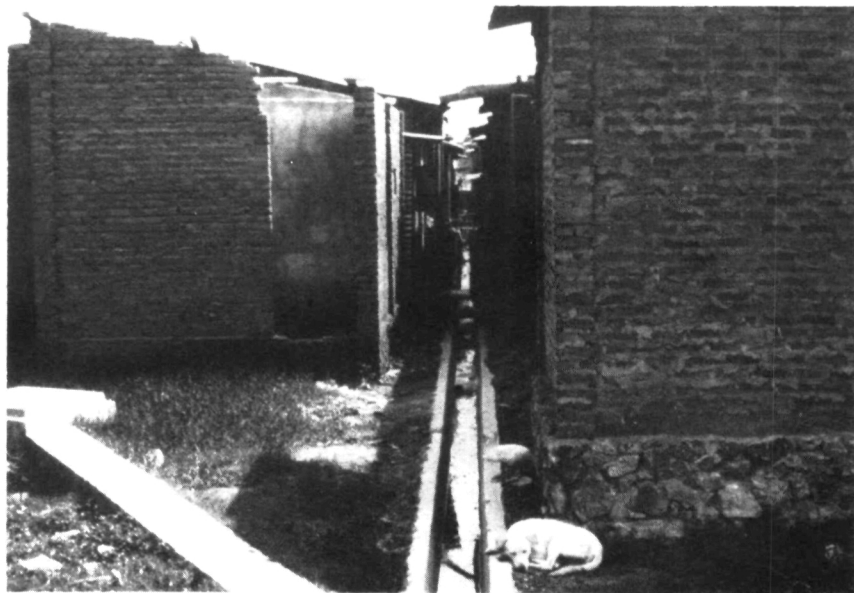


Foto: R. Reed

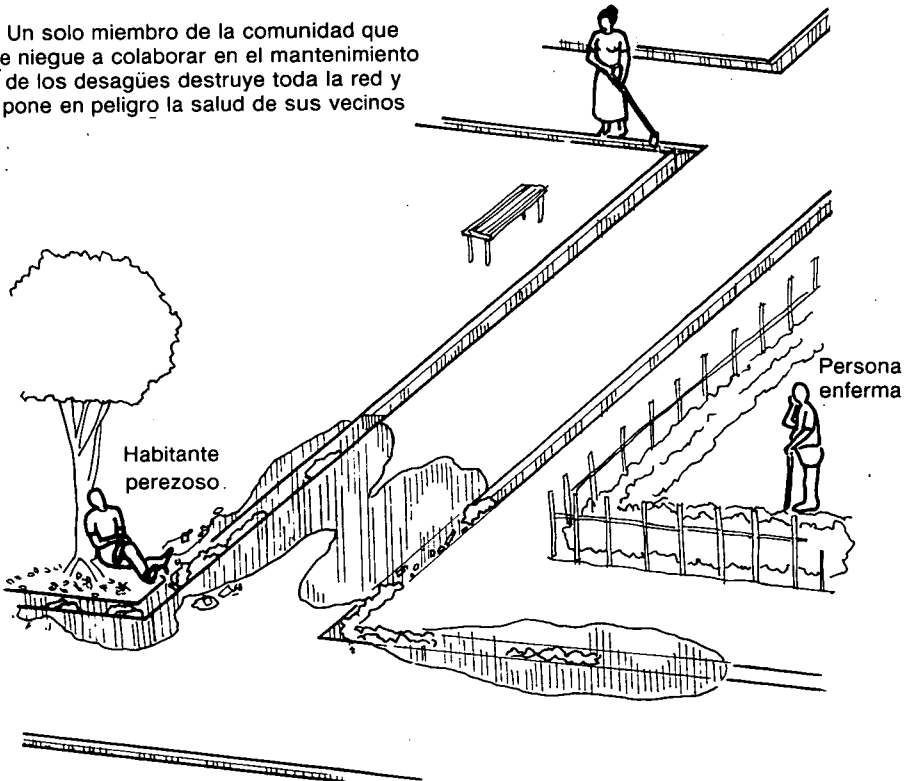
Desagüe de superficie en Colombo, Sri Lanka. Aunque es un barrio muy poblado, las zanjas se mantienen bastante despejadas a su paso por delante de las casas.

para controlar y presionar a quienes dejen de cumplir su compromiso (Fig. 30). Un ejemplo ilustrativo de esta solución es el plan de autoayuda y mejoras aplicado en Bandung (Indonesia) donde los propietarios acordaron responsabilizarse de la limpieza diaria de los desagües situados delante de sus casas. Un coordinador de barrio inspeccionaba las alcantarillas dos veces por semana y registraba sus observaciones. La respuesta suscitada por estas inspecciones amistosas fue muy positiva, y el inspector colaboró en la fabricación de palas y baldes sencillos que facilitaron la tarea de limpiar las pequeñas alcantarillas bajo las entradas de las casas. En poco tiempo, la tarea se volvió una rutina cotidiana que realizan todos los propietarios que se respetan.

La otra solución consiste en que un grupo determinado de residentes se encargue de limpiar toda la red. Esto tiene la ventaja de que se les puede suministrar cualquier equipo especial necesario, como, por ejemplo, palas y carretillas. La composición del grupo puede cambiar periódicamente de acuerdo con un plan de rota-

Fig. 30. Todos deben colaborar en el mantenimiento de los desagües.

Un solo miembro de la comunidad que se niegue a colaborar en el mantenimiento de los desagües destruye toda la red y pone en peligro la salud de sus vecinos



ción, de forma que a cada uno le toque un turno bajo la supervisión del comité permanente de alcantarillado. Otra posibilidad es que este grupo esté compuesto por un sector fijo de la comunidad, por ejemplo, los miembros de una organización juvenil. Ya se trate de un grupo fijo o de uno rotativo, tiene que tener algún incentivo para llevar a cabo la tarea, o si no, estar sujeto a algún tipo de sanción cuando deje de hacerla.

Las consecuencias de una mala conservación de la red de alcantarillado no siempre se manifiestan de modo inmediato. La acumulación de sedimentos o de residuos en los desagües y el deterioro de la red pueden ocurrir progresivamente en el transcurso de un cierto período de tiempo, y pasar inadvertidos hasta que para poner la red otra vez en funcionamiento sea necesario un gran esfuerzo. Además de organizar el mantenimiento rutinario, el comité de alcantarillado hará bien en fijar un día por año en el que toda la comunidad se movilizará para limpiar y reparar a fondo la red completa. Es conveniente fijar la fecha hacia el final de la estación seca, cuando hay poca agua en los desagües, de modo que la limpieza y reparación puedan llevarse a cabo con facilidad.

Es evidente que la participación de la comunidad en el mantenimiento requiere una buena planificación y organización. Sin embargo, si el municipio descuida su responsabilidad de mantener la red de desagües primaria, el agua puede refluir de otros barrios o zonas adyacentes y originar inundaciones, lo que hará que cunda el desánimo entre los residentes. Para que una comunidad tenga la mayor probabilidad de realizar su labor de mantenimiento con éxito, debe trabajar en asociación con el municipio.

4.6 Lecturas seleccionadas

APPLETON B. y CAIRNCROSS. *Minimum evaluation procedure (MEP) for water supply and sanitation projects*. Documento inédito de la OMS, mayo de 1985. (Decenio Internacional del agua Potable y del Saneamiento Ambiental, CWS Series, N° 6. Puede pedirse a la División de Higiene del Medio (EHE), Organización Mundial de la Salud, 1211 Ginebra 27, Suiza.

CHAUHAN, S. K. *Who puts the water in the taps? Community participation in Third World drinking water, sanitation and health*. Londres, International Institute for Environment and Development, 1983.

MUIR, J. Rural health in northern Pakistan. *Waterlines*, 5 (2): 10-14 (1986).

WHYTE, A. *Community participation in water supply and sanitation; concepts, strategies and methods*. La Haya, International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation, 1981. (Documento Técnico N° 17)

WHYTE, A. *Guía para planificar las actividades de participación de la comunidad en proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1986 (Publicaciones en offset N° 96)

VAN WIJK-SIJESMA, C. *Participation of women in water supply and sanitation; roles and realities*. La Haya, International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation, 1985 (Documento Técnico N° 22).

Anexo I

Glosario¹

agua de tormenta	Agua caída en una tormenta que fluye en un desagüe o <i>cloaca</i>
aguas subterráneas	Agua localizada debajo del nivel del suelo
aguas negras	Excrementos humanos y aguas residuales que se evacúan por una <i>cloaca</i>
alcantarilla	Desagüe que conduce el agua por debajo de una calle o camino
aluvial	Se refiere al material depositado por un río, por lo general en una llanura anegada próxima a la desembocadura del río
área de captación	Area de terreno desde la cual el agua de lluvia fluye hacia un solo punto
bóveda	Punto más alto de corte transversal o sección de un tubo de desagüe
ciclo de retorno	Intervalo promedio entre tormentas o inundaciones de cierta gravedad
cieno	Mezcla de material sólido y agua que se deposita en el fondo de los desagües, fosas sépticas, etc.
cloaca	Conducto que contiene <i>aguas negras</i> o residuales.
coeficiente de escurrimiento	Proporción del agua de lluvia que corre sobre la superficie del terreno y que por tanto es probable que se introduzca en la red de desagües
colector de cieno	Recipiente incorporado en los <i>inbornales</i> de algunas redes de desagües para retener el sedimento, que debe extraerse regularmente
curado	Tratamiento que se le da al hormigón y que consiste en mantenerlo húmedo superficialmente durante los primeros siete días después de vertido, con el fin de conseguir la máxima resistencia

¹ Las definiciones que se dan aquí sirven sólo para esta publicación y pueden no ser aplicables en otros contextos. Los términos en cursiva se definen también en este glosario.

derrubio	Desgaste y pérdida de tierra (<i>erosión</i>) por acción del agua, alrededor, debajo y dentro del lecho de un desagüe
desagüe transversal	Desagüe que capta y se lleva el agua del borde de la calle
detritos	Residuos, basuras
disipadores	<i>Muros de contención</i> , contruidos con piedras sueltas, que permiten el paso del agua y disipan su energía
elementos de desagüe	Secciones prefabricadas de tuberías de desagüe o de revestimiento de canales
erosión	Desgaste del suelo debido a la acción del agua
esclusa	Compuerta que se puede abrir y cerrar para controlar el paso del agua
escurrimiento	Acción del agua de lluvia que escurre de la superficie y se introduce en los desagües y arroyos
gavión	Cesta o fardo de piedras atadas con alambre u otro tipo de tela metálica.
gradiente	Grado de pendiente expresado en porcentaje de inclinación con respecto a la horizontal
hormigón en obra	Hormigón que se coloca y se deja fraguar en el mismo lugar donde va a quedar
impermeable	Se refiere al material que no permite que el agua lo traspase
infiltrarse	(Un líquido) introducirse en los poros o en pequeños huecos de un sólido, por ejemplo, en la tierra
infraestructura	Instalaciones permanentes para uso común de la comunidad
lecho	Arena o grava colocada debajo de un tubo o de un <i>elemento de desagüe</i> para que éste se asiente uniformemente
mampostería	Construcción de piedras o ladrillos unidos con mortero
masa de agua receptora	Masa de agua hacia la cual fluyen las aguas de una red de alcantarillado
mechinal o barbacana	Pequeño orificio practicado en el revestimiento de un desagüe; al permitir que el agua pase de la tierra al canal, alivia la presión que el agua subterránea ejerce sobre el revestimiento
mortero	Mezcla de cemento, arena y agua

municipio	Órgano de gobierno local de una ciudad o de un distrito urbano
muro de contención	Muro colocado a través de un canal de desagüe para impedir el <i>derrubio</i>
niveladora	Máquina utilizada en la construcción y conservación de carreteras; tiene una pala entre las ruedas delanteras y traseras
ordenanzas	Leyes dictadas a nivel local
pantalla desviadora	Losa o placa que obtura parcialmente un canal para desviar o frenar la corriente de agua
pantógrafo	Instrumento para copiar mecánicamente dibujos o planos, en la misma o en distinta escala
parásito	Organismo que vive en otro organismo vivo y toma de él su alimento
período de concentración	Tiempo que necesita el agua de lluvia de toda un <i>área de captación</i> para confluir en un solo punto
planímetro	Instrumento para medir áreas sobre el papel
pólder	Zona de tierras bajas rodeadas y protegidas de las inundaciones por taludes de tierra
pozo de registro	Cámara subterránea de ladrillos u hormigón que permite entrar en las cloacas y desagües cerrados
red de desagües primaria	Sistema de grandes desagües, cada uno de los cuales sirva a toda una zona de la ciudad
red de desagües secundaria	Red de pequeños desagües dentro de un barrio que sirve a una pequeña área de captación y descarga en la red de desagües primaria
rellenado	Procedimiento para elevar el nivel de un terreno añadiéndole tierra o escombros
solera	La parte inferior en el corte transversal de una tubería
topografía	Estudio de las formas de la corteza terrestre, incluyendo la ubicación de características naturales o fabricadas por el hombre.
trapezoidal	Se refiere al canal de desagüe que tiene las dos caras laterales inclinadas y el fondo plano
velocidad de autolimpieza	Velocidad mínima necesaria para que la corriente de agua de una cloaca o desagüe impida la acumulación de sedimentos

Anexo 2

Cálculos de diseño

Conceptos básicos

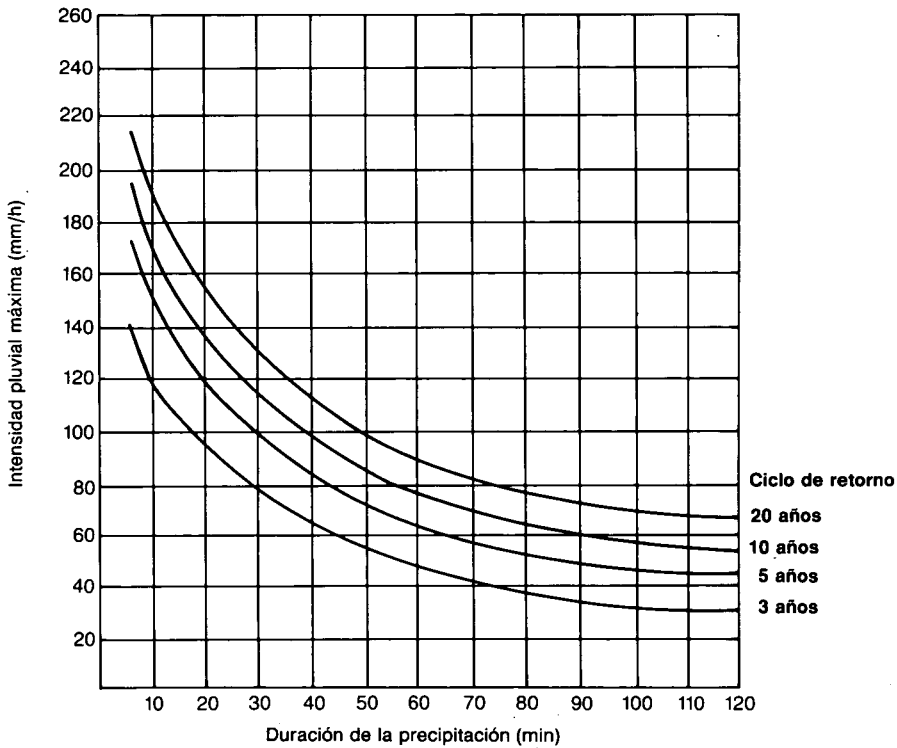
Los conceptos básicos del ciclo de retorno y del coeficiente de escurrimiento se explican en la sección 2.2. Los cálculos de diseño de desagües implican además otros dos conceptos importantes, a saber: intensidad pluvial y período de concentración.

La precipitación pluvial se mide por lo general en milímetros; en una zona de terreno llano donde no hubiera infiltración, evaporación, ni escurrimiento, una precipitación de 1 mm inundaría el área hasta una profundidad de 1 mm. En cuanto a la intensidad pluvial, es la medición de la cantidad de agua de lluvia que cae, y se expresa normalmente en mm/hora.

La intensidad pluvial varía en el transcurso de cada tormenta, alcanzando un valor máximo muy superior al promedio de toda la tormenta. Se pueden registrar valores máximos muy elevados durante aguaceros que duren pocos minutos, pero no el tiempo suficiente para causar erosión o inundaciones graves. Por consiguiente, es muy importante el lapso de tiempo elegido para calcular la lluvia caída. Para un lapso de unos pocos minutos se llegaría a unas intensidades muy altas; un desagüe diseñado según estos datos sería innecesariamente grande y costoso. Por el contrario, si la intensidad pluvial se deriva del promedio de precipitación de todo el curso de la tormenta, saldrían unos valores muy bajos, y los desagües diseñados en base a ellos estarían sobrecargados la mayor parte del tiempo. La relación entre intensidad pluvial, duración y ciclo de retorno se ilustra en la Fig. A2.1, basada en los registros de la ciudad filipina de Cebú. (Nota: las curvas de la Fig. A2.1 no pueden aplicarse a otras ciudades, ya que las condiciones pluviales difieren marcadamente en distintas partes del mundo).

El lapso de tiempo correcto que ha de usarse al diseñar un desagüe es el «período de concentración» del área de captación a la cual sirve, es decir, la cantidad de tiempo que necesita el agua caída en el punto más distante del área de captación para escurrir de la superficie del terreno, introducirse la red de alcantarillado y bajar hasta el desagüe que se desea diseñar. Cuanto menor sea el área de captación, menor será el período de concentración. Además, como el agua escurre más rápidamente de pendientes más pronun-

Fig. A2.1. Gráfica de la intensidad pluvial respecto de la duración de la precipitación para Cebú, Filipinas.



ciadas, los períodos de concentración serán menores en zonas empinadas.

De todas formas, los chaparrones breves, de menos de quince minutos de duración, difícilmente provocan daños graves. Por tanto, una regla general aceptable, para pequeñas áreas de captación (menores de 5 Ha), es tomar un período de concentración de 15 minutos. Cuando el gradiente promedio de los terrenos es mayor de 0,5 %, este período puede utilizarse para extensiones de 20 Ha. En zonas llanas y para áreas de más de 4 Ha. se pueden usar tiempos algo mayores. Un enfoque razonable del problema sería añadir un minuto por cada hectárea de más, hasta un total de 20 Ha. Cuando se trata de áreas de captación más extensas, se recomienda consultar con un ingeniero.

Cálculo del caudal de aguas de tormenta

Para diseñar un desagüe, lo primero que hay que hacer es calcular el caudal máximo de agua de tormenta que deberá soportar. Para ello se siguen los siguientes pasos:

- a) Determinar el ciclo de retorno y el período de concentración adecuados.
- b) Averiguar la intensidad pluvial máxima para esas condiciones ($I = \text{mm/h}$)
- c) Calcular el área de captación que descargará sus aguas en el desagüe ($A = \text{Ha}$)
- d) Estimar el coeficiente de escurrimiento de dicha área (C)
- e) A partir de I , A y C , calcular el caudal máximo, es decir, la cantidad máxima de agua que debe evacuarse por segundo.

Estos puntos se examinan a continuación.

- a) *Ciclo de retorno y período de concentración.* En la sección 2.2 y en las páginas 78-79, respectivamente, se describe cómo elegir sus valores correspondientes.
- b) *Intensidad pluvial.* Lo ideal sería obtener este valor a partir de un gráfico de intensidad/duración como el que muestra en la Fig. A2.1. Sin embargo, un gráfico correspondiente a una ciudad no debe aplicarse en otra sin antes consultar con un profesional.

Se pueden conseguir datos sobre precipitaciones en el departamento de hidrología o recursos hidráulicos, y en caso de que no haya información disponible acerca de la intensidad/duración, se realiza un cálculo aproximado tomando el valor máximo de precipitación diaria del correspondiente ciclo de retorno. En cada zona climatológica, la precipitación máxima durante 15 minutos es un porcentaje bastante constante del total máximo diario, por lo general entre un 10 y un 40 %.

- c) *Área de captación.* Es más cómodo calcularla en un mapa. Primero se dibuja el contorno de la zona. Puede necesitarse alguna investigación sobre el terreno para determinar la extensión total del área desde la cual el agua escurrirá hacia el desagüe que se desea diseñar. Se puede medir la superficie en el mapa con un planímetro o calcularla aproximadamente dividiéndola en cuadrados. Los cuadrados, cuyos lados corresponden a 100 metros, representarán en el mapa una superficie de una hectárea cada uno. Para zonas menores se pueden utilizar cuadrados más pequeños. Cada cuadrado de $10 \times 10 \text{ m}$ tendrá una superficie de $0,01 \text{ Ha}$.
- d) *Coficiente de escurrimiento.* Como se indicó anteriormente, el coeficiente de escurrimiento depende de las condiciones del suelo, del terreno y del uso que se le dé a la tierra. El primer paso es determinar el coeficiente de escurrimiento (C_u) de áreas

Cuadro A2.1. Valores de C_u —coeficiente de escurrimiento— para superficies no pavimentadas ni edificadas ^{a, b}

I. Regiones húmedas

Pendiente media del terreno	Permeabilidad del suelo			
	muy baja (piedra y arcilla)	baja (limo)	media (limo arenoso)	alta (arena y grava)
Llano: 0-1 %	0,55	0,40	0,20	0,05
Suave: 1-4 %	0,75	0,55	0,35	0,20
Medio: 4-10 %	0,85	0,65	0,45	0,30
Empinado: > 10 %	0,95	0,75	0,55	0,40

II. Regiones semiáridas

Pendiente media del terreno	Permeabilidad del suelo			
	muy baja (piedra y arcilla)	baja (limo)	media (limo arenoso)	alta (arena y grava)
Llano: 0-1 %	0,75	0,40	0,05	0,0
Suave: 1-4 %	0,85	0,55	0,20	0,0
Medio: 4-10 %	0,95	0,70	0,30	0,0
Empinado: > 10 %	1,00	0,80	0,50	0,05

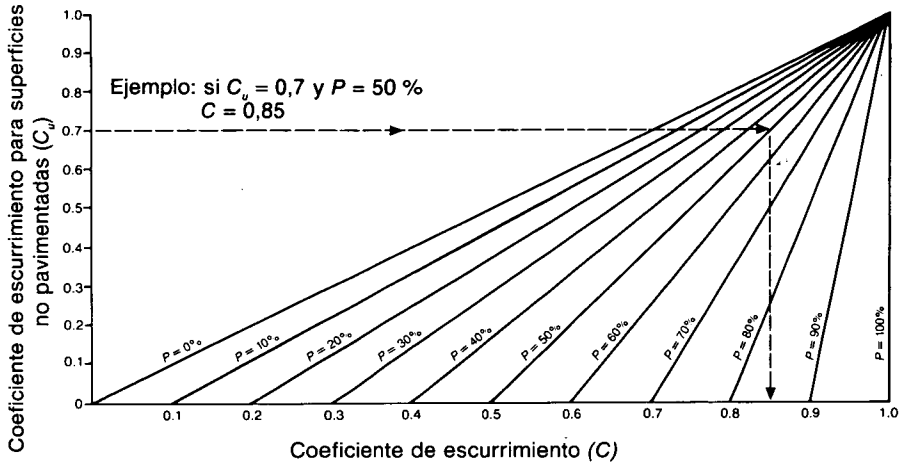
^a Tomado de WATKINS, L. H. y FIDDES, D. *Highway and urban hydrology in the tropics*. Londres. Pentech Press; 1984.

^b En caso de duda, se aplica la parte I para las regiones del mundo sombreadas en la Fig. 1 y la Parte II para las restantes.

Cuadro A2.2. Valores normales del porcentaje de área pavimentada y edificada en asentamientos urbanos de bajos ingresos (P)

Densidad de población (hab/Ha)	P (%)
0-50	0-12
100	25
200	50
300	75
>400	100

Fig. A2.2. Diagrama de obtención del coeficiente de escurrimiento (C) a partir del coeficiente para superficies no pavimentadas (C_u) y del porcentaje de superficie pavimentada (P).



descubiertas, es decir, de las zonas no pavimentadas ni edificadas. En el cuadro A2.1 se dan valores de C_u . Luego se efectúa un cálculo aproximado de P , porcentaje del área total de captación cubierta con pavimentos impermeables o techos de edificios. Para esto se podrían emplear fotografías aéreas, pero supondría un procedimiento muy laborioso. En cambio, se puede realizar un cálculo aproximado y razonable a partir de la densidad de población utilizando el cuadro A2.2. Por último, de la Fig. A2.2 se obtiene el coeficiente de escurrimiento general correspondiente al área de captación (C).

- e) *Caudal máximo.* En el caso de pequeñas áreas de captación, lo mejor es calcularlo mediante el «método racional», que se expresa en la siguiente fórmula:

$$Q = 2,78 CIA$$

donde Q = caudal en litros por segundo (l/seg)

C = coeficiente de escurrimiento

I = intensidad pluvial (mm/h)

A = área de captación (Ha)

Para áreas de captación mayores de 5 Ha existen otros métodos de cálculo más exactos, pero suelen ser bastante más complejos.

Ejemplo

Calcular la capacidad de flujo de un desagüe necesaria en una zona llana de suelo arcilloso en Cebú, Filipinas. El desagüe sirve a un área de captación de 3 Ha y 600 habitantes.

- a) Como la zona es llana, no hay peligro de erosión. Por tanto, es apropiado calcular un ciclo de retorno relativamente breve (digamos, de tres años). El área es menor de 4 Ha, por lo que el período de concentración puede estimarse en 15 minutos.
- b) Utilizando la Fig. A2.1 para un ciclo de retorno de 3 años y una duración de 15 min., la intensidad pluvial es $I = 107$ mm/Ha.
- c) Área de captación $A = 3$ Ha.
- d) Filipinas se encuentra en una región húmeda. De la Tabla del Anexo 2, para un terreno llano y arcilloso, obtenemos $C_u = 0,55$

$$\text{Densidad de población} = \frac{600}{3} = 200 \text{ hab/Ha.}$$

Del cuadro A2.2 sacamos el porcentaje de área edificada $P = 50$

Por consiguiente, de la Fig. A2.2 obtenemos el coeficiente de escurrimiento $C = 0,77$.

- e) Por último, para calcular el caudal

$$\begin{aligned} Q &= 2,78 \text{ CIA} \\ &= 2,78 \times 0,77 \times 107 \times 3 \\ &= 687 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Cálculo del tamaño de un desagüe

Una vez determinado el valor del caudal, de él se derivan las dimensiones de sección que requiere el desagüe. Para ello, los ingenieros utilizan con frecuencia la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Donde

Q = caudal del desagüe (m^3/s)

A = área de sección del canal (m^2)

R = «radio hidráulico» de la sección el canal (m); para calcularlo hay que dividir el área de sección por el «perímetro húmedo»,

es decir, la parte del perímetro del canal que está en contacto con el agua, sin contar la superficie misma del agua

S = pendiente del desagüe; para un gradiente del 1 %, $S = 0,01$.

n = constante que depende de la rugosidad del revestimiento del canal; valores típicos de n son:

$n = 0,015$ para hormigón liso o mampostería de ladrillos enlucidos;

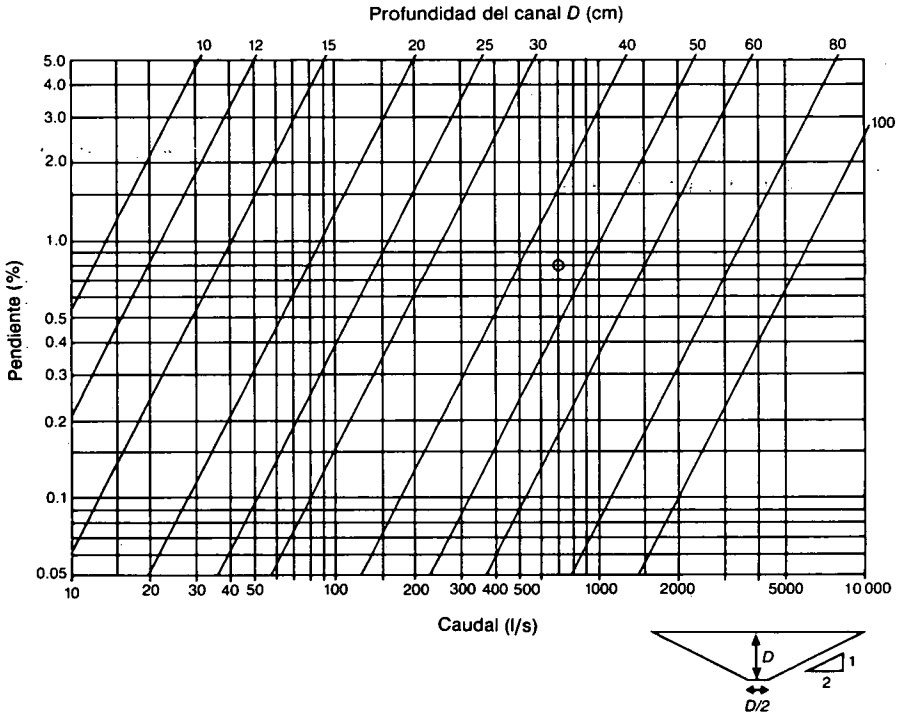
$n = 0,025$ para canales rectos sin revestimiento ni vegetación;

$n = 0,035$ para canales sin revestimiento, con césped corto y algunas hierbas.

Sin embargo, a muchos lectores les resultará más sencillo usar la Fig. A2.3; en ella se ve el gráfico de diseño de un canal —cuya sección trapezoidal se ilustra adyacente al gráfico— sin revestimiento ni vegetación ($n = 0,025$) con una profundidad D —obtenida de la misma Fig A2.3 —que puede emplearse para calcular las dimensiones de canales y tubos de distintas formas y tipos de revestimiento. En tal caso, se seguirá el siguiente procedimiento:

- a) Calcular el caudal máximo en l / s, tal como se describe en las páginas 79-84
- b) Calcular el porcentaje de pendiente del desagüe que se desea diseñar (un 1 % equivale a un desnivel de 1 m por cada 100 m de desagüe)
- c) Utilizar la Fig. A2.3 para hallar el valor de D correspondiente a este caudal y este gradiente.
- d) Si el desagüe no es un canal trapezoidal, multiplicar D por el factor dado en la Fig. A2.4 para calcular las dimensiones que corresponden a la forma de sección que interese. Si ésta no coincide exactamente con ninguna de las formas que se muestran en la Fig. A2.4, elegir la más parecida y seguir el método de cálculo de dimensiones de una sección estándar. Luego, diseñar el desagüe de modo que tenga la misma área de sección que un diseño de sección estándar.
- e) Si se desea que el desagüe tenga un revestimiento liso, o si se quiere cubrir el fondo de las paredes con césped corto, habrá que ajustar más las dimensiones:
 - para un revestimiento de hormigón liso o de mampostería de ladrillos enlucidos, se multiplican las dimensiones por 0,83 (es decir, se reducen en un 17 %)
 - para canales sin revestimiento y con césped corto y algu-

Fig. A2.3. Gráfico de diseño de canales pequeños de sección trapezoidal sin revestimiento ni vegetación.



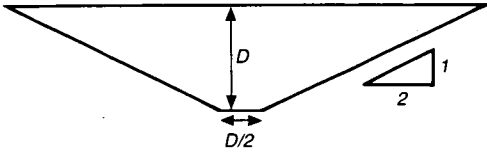
nas hierbas, se multiplican las dimensiones por 1,13 (se incrementan en un 13 %)

— para un revestimiento de tierra apisonada o de mampostería sin enlucir no es preciso ningún ajuste.

f) Por último, calcular la velocidad promedio del flujo de agua cuando el desagüe funciona a rendimiento máximo (ver página 86). Si en un canal sin revestimiento se produce erosión por causa de la velocidad de la corriente, habrá que revestirlo o al menos estabilizarlo con césped. En tal caso, se repetirá el paso precedente (e), tomando los valores para desagües revestidos o cubiertos de césped.

Por otra parte, con una velocidad demasiado baja no se conseguirá el efecto de autolimpieza del canal y por tanto se facilitará la acumulación de sedimentos. En lo posible, cuando los desagües funcionan al máximo de su capacidad, la corriente debe alcanzar una velocidad mínima de 0,5 m/s, aunque mejor aun sería una velocidad de 1,0 m/s.

Fig. A2.4. Cálculo de las dimensiones de diversos tipos de desagües a partir de los valores de profundidad (D) derivados de la Fig. A2.3.



a) Canal trapezoidal

$$\text{Anchura de la base} = \frac{D}{2}$$

Pendiente del lado = 1 por cada 2

Obtégase D en la Fig. A2.3.

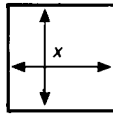


b) Canal semicircular

$$\text{Radio } r = 1,2 D$$

Obtégase D en la Fig. A2.3.

Multiplíquese luego por 1,2 (es decir, súmese el 20 %) para hallar r .

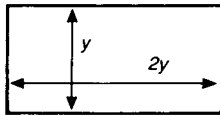


c) Canal cuadrado

$$\text{Lado } x = 1,56 D$$

Obtégase D en la Fig. A2.3.

Multiplíquese luego por 1,56 (es decir, súmese el 56 %) para hallar x .



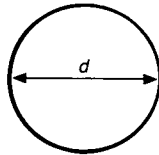
d) Canal rectangular

Profundidad y , anchura $2y$

$$y = 1,1 D$$

Obtégase D en la Fig. A2.3.

Multiplíquese luego por 1,1 (es decir, súmese el 10 %) para hallar y .



e) Tubería circular y cerrada, a rendimiento máximo

$$\text{Diámetro } d = 1,34 D$$

Obtégase D en la Fig. A2.3.

Multiplíquese luego por 1,34 (es decir, súmese el 34 %) para hallar d .

Control de la velocidad de flujo

Una vez elegidas las dimensiones del desagüe, se calcula a partir de ellas el área de sección. La velocidad media de flujo se puede obtener con la fórmula

$$V = \frac{10 Q}{A}$$

donde

V = velocidad de flujo, en m/s

Q = caudal, en l/s

A = área de sección, en cm^2

Si la velocidad calculada resulta superior al valor correspondiente dado en el cuadro A2.3, existe el peligro de erosión grave, salvo que al desagüe se le añada revestimiento o muros de contención (ver sección 2.3). El cuadro A2.3 también da las velocidades máximas de flujo permisibles en canales cuyas caras laterales y base se estabilizan mediante una firme capa de césped.

Ejemplo

Diseñar un canal de hormigón, de sección cuadrada, para desaguar un caudal máximo de 687 l/seg. El desnivel del lecho del canal es de 40 cm en 50 m.

a) Caudal $Q = 687$ l/s

b) Gradiente = $\frac{0,4 \times 100}{50} = 0,8 \%$

c) En la parte izquierda del gráfico de diseño (Fig. A2.3) buscar el gradiente de 0,8 % y, en la parte inferior del gráfico, el punto aproximado correspondiente a 687 l/seg (ligeramente a la izquierda del punto de los 700 l/seg). Buscar el punto de cruce

Cuadro A2.3 Velocidades de flujo permisibles para evitar la erosión en canales sin revestimiento

Tipo de suelo	Tamaño ordinario de partícula (mm)	Velocidad premisible (m/seg)
Arena fina	0,05	0,4
Limo arenoso	—	0,7
Arena media	1,0	0,8
Limo fangoso	—	0,8
Limo común firme	—	1,0
Ceniza volcánica	—	1,0
Arena gruesa	2,5	1,0
Arcilla dura	—	1,5
Cieno aluvial	—	1,5
Esquisto y suelo duro	—	1,8
Gravilla	5	1,5
Grava	10	1,8
Guijarros	40	2,4
Césped, suelos erosivos	—	1,2
Césped, suelos estables	—	1,8

^a Tomado de CHOW, V. T. *Open-channel hydraulics*, Nueva York, McGraw-Hill, 1959; y WATKIN, L. H. y FIDES, D. *Highway and urban hydrology in the tropics*. Londres. Pentech Press, 1984.

de las líneas horizontal y vertical; el punto está señalado en la Fig 3 del Anexo 2.

Este punto se encuentra aproximadamente a mitad de camino entre las dos líneas inclinadas correspondientes a $D = 40$ cm y $D = 50$ cm. Por interpolación, escoger $D = 45$ cm.

- d) En la Fig. A2.4 puede verse que hay que incrementar este valor en un 56 % para obtener el ancho de un canal cuadrado:

$$45 \times 1,56 = 70 \text{ cm}$$

- e) Como el revestimiento es de hormigón, la anchura puede ajustarse para incorporar la menor fricción que suponen las caras laterales lisas.

Las dimensiones pueden reducirse en un 17 %:

$$70 \times 0,83 = 58 \text{ cm}$$

Redondeando el resultado para obtener un valor práctico, las dimensiones del desagüe serán de:

60 cm de ancho por 60 cm de profundidad

- f) Este canal tendrá un área de sección de 3.600 cm^2 . Por consiguiente, la velocidad de flujo será de

$$V = \frac{10 \times 687}{3.600} = 1,9 \text{ m/s}$$

Esta velocidad de flujo produciría erosión en casi todos los desagües sin revestimiento, pero no así en un canal de hormigón bien construido. Una velocidad de $1,9 \text{ m/s}$ es más que suficiente para producir el efecto de autolimpieza; así, el desagüe no presentará problemas de depósitos de cieno.

Anexo 3

Términos de referencia para consultores

Aunque muchos proyectos de alcantarillado son diseñados por ingenieros consultores, por lo general no son trabajos destinados a comunidades de bajos ingresos. Por lo tanto, se corre el riesgo de que los especialistas diseñen redes de desagües inapropiadas o inasequibles para zonas de bajos ingresos, salvo que se definan los términos de referencia de su tarea de modo que quede absolutamente claro qué tipo de soluciones se desea. Un municipio que ya ha obtenido fondos para la construcción de una red de alcantarillado normalmente tendrá una idea bastante clara de sus necesidades, y seguramente quedará más satisfecha con el trabajo de los consultores si las tareas de diseño para las cuales los contrata están claramente especificadas dentro del marco de dichas necesidades.

Sin embargo, los organismos y entidades nacionales e internacionales de cooperación casi siempre exigen que, antes de tomar la decisión de financiar la construcción de una red de alcantarillado, ésta debe ser objeto de un estudio de viabilidad efectuado por una reconocida firma de ingenieros consultores. En tal caso, la institución que financia la obra tendrá sus propios requerimientos y deseará participar en la redacción de los términos de referencia del estudio de viabilidad. No obstante, el municipio o los representantes de la comunidad pueden sugerir cláusulas que garanticen los siguientes aspectos:

- que se demuestren todos los beneficios del proyecto de alcantarillado propuesto;
- que el estudio se lleve a cabo de forma que se pueda llegar a la solución de mejor relación costo/eficacia;
- que se haga, lo antes posible, una evaluación exacta de los recursos que se necesitarán para el mantenimiento de la red;
- que la construcción de las piezas que se necesitan con mayor urgencia no se demore más de lo necesario por causa del largo proceso de preparación, aprobación y diseño del proyecto;
- que la comunidad participe en las decisiones clave.

Estos factores se examinan por separado.

Beneficios

Los perjuicios para la salud originados por la falta de desagües adecuados, descritos en la sección 1.2, indican los beneficios sanitarios que ofrece una red de alcantarillado mejorada. A este respecto, los consultores pueden aportar más documentación, valiéndose de estadísticas sanitarias existentes o de los resultados de cualesquiera encuestas de salud comunitarias que se hayan realizado.

Además de los beneficios sanitarios, los beneficios económicos más importantes derivan de impedir los daños que las inundaciones o la erosión pueden causar en los siguientes bienes:

- infraestructura pública,
- propiedades privadas, en especial viviendas,
- mobiliario doméstico y otras propiedades muebles.

Es posible otorgar un valor monetario a estos beneficios.

En una comunidad de bajos ingresos, la propiedad privada se puede valorar según un determinado porcentaje del salario mínimo.

Otros beneficios pueden ser:

- aumento del valor del terreno,
- menores demoras de tránsito,
- menores pérdidas de ingresos, rentas, ventas y producción,
- menores costos de limpieza y mantenimiento,
- menores costos de asistencias urgentes,
- mayor sensación de seguridad,
- mejora estética del entorno, y
- más oportunidades recreativas.

Relación costo/eficacia

Las opciones técnicas esbozadas en la sección 2 indican que las redes de desagües no tienen que ser necesariamente caras. Modificando los criterios de diseño que allí se exponen, se pueden crear otras opciones de distintos costos y beneficios y luego elegir la mejor de ellas. Esto se aplica particularmente a las opciones que se presentan en los siguientes puntos:

- ciclo de retorno (sección 2.2),
- desagües abiertos o cerrados (sección 2.5),
- revestimiento de canales (sección 2.6).

Para que estas decisiones no se tomen arbitrariamente, en los términos de referencia del estudio de viabilidad se debería exigir un análisis de costos y beneficios.

Es difícil calcular con exactitud en qué medida los diferentes criterios de diseño, que permiten ligeras inundaciones ocasionales, afectan a los muchos beneficios que otorgan los desagües. Para simplificar el problema, se supone que los daños causados por una inundación son proporcionales a un «índice de daños» D :

$$D = F \times Q \times T$$

donde

F = frecuencia con que ocurre la inundación (es decir, número de veces en un período de diez años)

Q = cantidad de agua que no es posible evacuar inmediatamente (mm de precipitación pluvial)

T = tiempo que dura la inundación (horas).

El costo estimado C de cada opción se compara con el valor D para encontrar la opción con la razón C/D más elevada.

Requisitos de mantenimiento

De ello se ha tratado en la sección 3. Normalmente, el costo anual de mantenimiento ascenderá aproximadamente a un 8 % del costo de construcción de la red. El estudio de viabilidad debe ofrecer una estimación más exacta e incluir una evaluación de los recursos humanos y de equipo que se necesitarán.

Construcción urgente

Una vez alcanzado un acuerdo sobre la opción general elegida, los términos de referencia pueden autorizar a los consultores a diseñar detalladamente los componentes del sistema que se necesitan con mayor urgencia (digamos, hasta un 10 % o un 20 % del valor total calculado para la red), sin que sea necesario redactar un contrato nuevo ni solicitar una nueva aprobación de la institución que financia la obra.

Intervención de la comunidad

En cualquier acuerdo de consulta suelen estipularse las etapas en las que ha de solicitarse la opinión o aprobación del cliente. El cliente en este caso suele ser el municipio. No hay razón para que la comunidad no intervenga en este proceso. Por lo que a los tér-

minos de referencia se refiere, la responsabilidad de asegurar que la comunidad participe en la toma de decisión podría asignarse al cliente o al consultor. Este puede atenerse a las directrices dadas por el cliente, o puede pedírsele que, al presentar su oferta para obtener el contrato, proponga un procedimiento para la intervención de la comunidad.

Anexo 4

Fuentes de orientación para el comité de alcantarillado

En la sección 4, sobre participación de la comunidad, se orienta respecto al establecimiento y las funciones del comité de alcantarillado. Cuando existe dicho comité, los miembros deben reunirse para el intercambio de información acerca de la situación del alcantarillado local. Deben asimismo tratar de asimilar información general acerca de los métodos y materiales usuales para la solución de los problemas de desagüe. Ello facilitará el acuerdo sobre lo que es necesario hacer y sobre el orden en que debe hacerse. Los libros y documentos enumerados más abajo son fuentes útiles de información general acerca del alcantarillado y de la participación de la comunidad que podrán obtenerse fácilmente en bibliotecas u otras fuentes de publicaciones de las Naciones Unidas. El comité de alcantarillado puede asimismo solicitar esa información a autoridades nacionales y/o locales de obras públicas o de sanidad. Los documentos inéditos que se citan pueden solicitarse a la División de Higiene del Medio (EHE), Organización Mundial de la Salud, 1211 Ginebra 27, Suiza; los documentos inéditos de Hábitat pueden solicitarse al Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, Nairobi, Kenya.

Libros y documentos útiles

CAIRNCROSS, S. y FEACHEM, R. G.: *Environmental health engineering in the tropics; an introductory text*. Chichester, John Wiley & Sons, 1983.

OKUN, D. A. y PONGHIS, G. *Problemas de evacuación y tratamiento de desechos en las colectividades*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1970.

WHYTE, A. *Guía para planificar las actividades de participación de la comunidad en proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1987. OMS, Publicaciones en offset N° 96.

Mejoramiento de las condiciones de higiene del medio en los asentamientos de bajos ingresos: Identificación de necesidades y prioridades por la comunidad. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1987 (OMS, Publicaciones en offset N° 100).

Catalogue of external support, 3^a ed. Documento inédito de la OMS, diciembre de 1985 (Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, Serie CWS, N° 7).

Water supply and sanitation for developing countries. An international source list of audiovisual materials. Documento inédito de la OMS, abril de 1987 (Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, Serie CWS, N° 8).

Environmental aspects of water management in metropolitan areas of developing countries. Documento inédito, Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (Hábitat), Nairobi, 1984.

Delivery of basic infrastructure to low income settlements: issues and options. Documento inédito, Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (Hábitat), Nairobi, 1986.

Community participation in low-cost sanitation. Training module. Documento inédito, Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (Hábitat), Nairobi, 1986.

Community participation and low-cost drainage. Training module. Documento inédito, Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (Hábitat), Nairobi, 1986.

Otras publicaciones de la OMS de interés afín

	Precio* (Fr. s)
Tecnología del abastecimiento de agua y del saneamiento en los países en desarrollo: informe de un Grupo de Estudio de la OMS. OMS, Serie de Informes Técnicos, N° 742, 1987 (40 páginas)	7,- (4,90)
Mejoramiento de las condiciones de higiene del medio en los asentamientos de bajos ingresos. Identificación de necesidades y prioridades por la comunidad. OMS, Publicaciones en offset N° 100, 1988 (65 páginas)	12,- (8,40)
Oakley, P. Intervención de la comunidad en el desarrollo sanitario. Examen de los aspectos esenciales. 1990 (84 páginas)	16,- (11,20)
Whyte, A. Guía para planificar las actividades de participación de la comunidad en proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento. 1987 (54 páginas)	10,- (7,-)
Principios de higiene de la vivienda. 1990 (54 páginas)	11,- (7,70)
La urbanización y sus repercusiones en la salud infantil. Posibilidades de acción. 1989 (90 páginas)	16,- (11,20)
Tabibzadeh, I. et al. La ciudad en primer plano. El mejoramiento de la higiene urbana en los países en desarrollo. (En prensa.)	30,- (21,-)

Para más detalles sobre éstas u otras publicaciones de la Organización Mundial de la Salud, sírvanse dirigirse a Distribución y Ventas, Organización Mundial de la Salud, 1211 Ginebra 27, Suiza.

* El precio entre paréntesis se aplica en los países en desarrollo.

La carencia de un sistema adecuado de desagüe es un problema grave, que ocasiona a muchas comunidades de bajos ingresos inundaciones frecuentes, erosión del suelo y transmisión de diversas enfermedades. En esta obra se describe cómo esas comunidades pueden por sí mismas construir sistemas de desagüe sencillos, eficaces y baratos o habilitar instalaciones deterioradas. Ofrece orientaciones prácticas sobre el diseño y la construcción de canales y sobre el procedimiento a seguir en zonas con problemas particulares, como pendientes muy empinadas o terrenos llanos bajos. Se insiste de principio a fin en la importancia de que la comunidad participe en todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la ejecución, y en especial en el posterior mantenimiento del sistema. Redactado sin tecnicismos y profusamente ilustrado, el libro será de valor inapreciable para autoridades locales y grupos comunitarios, así como para planificadores y funcionarios de obras públicas de los países en desarrollo.

La carencia de un sistema adecuado de desagüe es un problema grave, que ocasiona a muchas comunidades de bajos ingresos inundaciones frecuentes, erosión del suelo y transmisión de diversas enfermedades. En esta obra se describe cómo esas comunidades pueden por sí mismas construir sistemas de desagüe sencillos, eficaces y baratos o habilitar instalaciones deterioradas. Ofrece orientaciones prácticas sobre el diseño y la construcción de canales y sobre el procedimiento a seguir en zonas con problemas particulares, como pendientes muy empinadas o terrenos llanos bajos. Se insiste de principio a fin en la importancia de que la comunidad participe en todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la ejecución, y en especial en el posterior mantenimiento del sistema. Redactado sin tecnicismos y profusamente ilustrado, el libro será de valor inapreciable para autoridades locales y grupos comunitarios, así como para planificadores y funcionarios de obras públicas de los países en desarrollo.