

XVI CONGRESO INTERAMERICANO DE
INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

SANTO DOMINGO - REPUBLICA DOMINICANA
19 al 24 de febrero de 1978

SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

EN CASOS DE EMERGENCIA (*)

Preparado por:
Gustavo A. Ruiz M.
Ingeniero Consultor de Ingenieria
Ambiental Cia. Ltda.
Profesor de la Facultad de Ingenieria
de la Universidad Central de
Quito, Ecuador

(*) Documento reproducido con la autorización del autor

C O N T E N I D O:	<u>Página</u>
RESUMEN	1
CONCLUSIONES	1
1. REHABILITACION DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE Y FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE EMERGENCIA	3
1.1 Captación	4
1.2 Almacenamiento	6
1.3 Calidad físico-química y bacteriológica del agua	7
1.4 Distribución	7
1.5 Protección del sistema	8
1.6 Hielo para climas cálidos	8
2. BOMBAS DE EXTRACCION DE EMERGENCIA	8
2.1 Bombas de mano	9
2.2 Bombas centrífugas de eje horizontal	9
2.3 Bombas centrífugas de eje vertical	9
2.3.1 Bombas de turbina	9
2.3.2 Bomba eléctrica sumergible	10
2.4 Bombas de lodos	10
3. CONSTRUCCION DE POZOS PARA APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS	10
3.1 Tipos de pozos	10
3.2 Formaciones productoras de agua	11
3.3 Prospección de aguas subterráneas	11
3.4 Actividades principales en la perforación de pozos	11
3.5 Construcción de pozos profundos	12
3.5.1 Sistema de percusión	12
3.5.2 Sistema rotatorio	13
3.6 Reconocimiento de formaciones productoras de agua	13
4. REHABILITACION DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN CASOS DE EMERGENCIA	14
5. ELIMINACION DE EXCRETAS EN CASOS DE EMERGENCIA	16
5.1 Letrina de zanja somera	17
5.2 Letrina de zanja profunda	17

5.3	Letrinas taladradas	17
5.4	Letrina de pozo	17
5.5	Tanques sépticos	18
5.6	Urinarlos	18
5.7	Letrinas móviles	18
6.	LISTA TENTATIVA DE EQUIPO REQUERIDO PARA ACTIVIDADES DE SANEAMIENTO, EN CASOS DE EMERGENCIA, PARA 10.000 PERSONAS	18
6.1	Abastecimiento de agua	18
6.2	Alcantarillado y disposición de excretas	19
	BIBLIOGRAFIA	20

RESUMEN

El Ecuador es uno de los países que ha venido sufriendo de catástrofes naturales, tales como terremotos, inundaciones, deslaves, etc., por lo que se hace necesario la prevención de los mismos en lo que respecta a los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado de las comunidades, que poseen estos servicios y que han sido afectadas.

Además en caso de sucederse estas catástrofes, a veces se hace necesario ubicar nuevos sitios para el asentamiento de la población afectada y en las cuales se debe contar con los servicios de agua y disposición de excretas, para de esta forma evitar el origen de epidemias que en muchos casos pueden ser de mayor impacto que el mismo fenómeno natural.

El presente tema trata de dar sugerencias para actuar en caso de presentarse estos fenómenos naturales, que también pueden utilizarse cuando sean ocasionados por aspectos artificiales, en lo que respecta a los sistemas de agua potable, alcantarillado y disposición de excretas.

Se hace un recuento de los pasos a dar para la rehabilitación de los sistemas, la determinación de nuevas fuentes de agua, el uso de equipos de bombeo, la perforación de pozos, etc., recogido de dos experiencias sucedidas en el Ecuador y de la bibliografía que se indica al final del Artículo.

CONCLUSIONES

Se hace necesario que las Instituciones tomen cargo el enfrentamiento de los problemas que pueden acarrear los desastres naturales, especialmente en lo que respecta a prevenir la salud de los moradores.

En el Ecuador la Institución llamada a dirigir actividades de este tipo es la Dirección de Defensa Civil, a la cual le orientan todas las Instituciones del Estado en los diferentes campos de actividad, entre las que podemos mencionar las siguientes: Ministerio de Salud, con las subsecretarías de Salud y Saneamiento Ambiental y con sus organismos adscritos tales como: Dirección General de Salud, Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, Ministerio de Agricultura y Ganadería, con su organismo adscrito el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos, Ministerio de Defensa Nacional, Ministerio de Recursos Naturales y Turismo, Ministerio de Industrias, Comercio e Integración, Consejos Provinciales, Consejos Municipales y Empresas de Agua Potable y Alcantarillado.

Una vez sucedido un desastre debe procederse a elaborar un plan de operaciones de Saneamiento Ambiental, que podría comprender los siguientes puntos:

- a) Coordinación con otras Instituciones.
- b) Inspección, identificación y evaluación de los problemas ambientales.
- c) Movilización de personal y equipos.

- d) Ejecución de acciones de emergencia para controlar o eliminar problemas que afectan a la salud y al ambiente.
- e) Restablecimiento de emergencia de los sistemas de agua potable y alcantarillado.
- f) Restablecimiento total de los sistemas de agua potable y alcantarillado.
- g) Elaboración de informes sobre las condiciones encontradas y las medidas aplicadas.

Por último se hace necesario el que las Instituciones involucradas preparen debidamente a su personal para afrontar estos aspectos y además debe programarse una educación al público, sobre la forma de proceder en estos casos, para lo cual se podría desarrollar temas de esta naturaleza a ser dictados en Escuelas, Colegios y Universidades.

1. REHABILITACION DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE Y FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE EMERGENCIA

Si un desastre ha afectado el sistema de abastecimiento de una comunidad debe darse la primera prioridad a ello para poner el mismo nuevamente en operación.

Los daños en las tuberías de alimentación deberán ser reparados tan pronto como sea posible, a menudo, se utiliza para ello, la colocación de ramales paralelos, en los sitios de daños graves, para lo cual se instalarán las válvulas respectivas, por medio de las cuales se puede cerrar el tramo dañado y dar paso al nuevo ramal. Para tuberías rotas existen en la actualidad un sistema de parches especiales, de fácil instalación y en el menor tiempo posible. Todo ello sin embargo requiere de una correcta planificación por las autoridades respectivas, proveyendo el personal y equipos adecuados para estos trabajos. El mantenimiento de registros, planos del sistema completo de agua potable y una reserva apropiada de repuestos es fundamental para la elaboración de medidas de reparación en caso de daños.

Durante un desastre es conveniente y fundamental, el proceder a realizar dos aspectos:

- a) Elevar la cantidad de dosificación de cloro en el sistema de agua potable, y
- b) Elevar la presión de agua en el sistema.

Estos dos aspectos protegerán el sistema de distribución de las posibles contaminaciones que puedan ingresar a las tuberías, especialmente después de inundaciones.

Si la planta de tratamiento o potabilización, o la estación de bombeo está inundada, el agua proveniente de ésta debe ser extraída por bombeo o a gravedad y luego de lo cual los equipos deben ser limpiados y desinfectados.

Después de la reparación, que haya sido objeto la red de distribución, las tuberías deben ser lavadas y desinfectadas con una solución de cloro que contenga 50 mg. por cada litro de agua y por un tiempo de contacto de 24 horas; luego de las cuales esas tuberías deben ser vaciadas y llenadas luego con agua potable. Si la demanda de agua es urgente, o si la tubería principal no puede ser aislada por cualquier motivo, la concentración de la solución del desinfectante puede ser incrementada a 100 mg. por litro y el período de contacto puede reducirse a una hora.

Luego de terminar las operaciones de desinfección, pero antes de poner en servicio el sistema de agua, debe tomarse muestras de la misma para realizar análisis bacteriológicos y determinar el cloro residual.

Para el sistema de desagüe de las redes de distribución, se pueden utilizar los hidrantes, como puntos de desfogue tanto para la salida de agua de limpieza, como para comprobar la calidad bacteriológica y la presencia de cloro residual.

Cuando la planta de tratamiento, estación de bombeo o el sistema de distribución se encuentran en mal estado y su restablecimiento puede llevar algún tiempo, se deberá proceder a utilizar otros métodos tales como los siguientes: utilización de sistemas privados de abastecimiento, aprovechamiento de vertientes y pozos cercanos al proyecto y utilización de agua superficial. El orden indicado deberá seguirse para solucionar el sistema de abastecimiento, ya que la factibilidad de aprovechamiento va incrementando su costo para cada sistema que se emplee en la solución durante un desastre.

Es posible en ciertas zonas encontrar sistemas privados, vecinos a los del desastre. Estos sistemas pueden estar dando agua a: plantas pasteurizadoras, vaquerías, industrias cerveceras, industrias de alimentos o bebidas gaseosas. En estos sistemas la fuente de abastecimiento puede estar constituida por pozos profundos o por plantas de tratamiento. El agua de estas fuentes con una adecuada desinfección, puede ser conducida a los puntos de consumo de la zona del desastre, instalando tuberías provisionales. Los dueños de estas fuentes deben estar listos a cooperar, pero la posibilidad de su aprovechamiento no debe descartar la investigación de otras fuentes de agua en la zona.

1.1 Captación

El agua subterránea de vertientes y pozos puede ser a menudo encontrada en las zonas vecinas a la del desastre. Siendo estas fuentes las que están menos sujetas a contaminación en comparación con el agua superficial, requiriéndose medidas simples para obtener un agua de buena calidad. Otra gran ventaja del agua subterránea es la relativa a su limpieza y puede no requerir un tratamiento complicado, pero en todo caso se debe proveer la desinfección necesaria. Generalmente las vertientes son fáciles de aprovechar y a veces no se requiere de estaciones de bombeo para conducir el agua a la superficie y luego disponerla al consumidor, instalando tuberías provisionales de distribución.

Si una vertiente es usada como fuente de abastecimiento, para una zona de desastre deberá tenerse especial cuidado en lo relativo a las formaciones geológicas del suelo. Las arcillas y ciertas rocas permiten la formación de cavernas y grietas, especialmente después de un sismo, lo cual puede dar lugar a la contaminación del agua subterránea. Además las vertientes pueden estar expuestas a contaminación del agua proveniente de inundaciones, por lo que la construcción de estructuras adecuadas se hace necesaria para proteger la calidad del agua subterránea.

El desarrollo y protección de una vertiente o de un pozo, debe ser efectuado en el lapso más corto de tiempo, para lo cual se debe disponer de los materiales de construcción, herramientas y trabajadores experimentados.

Dependiendo de las condiciones geológicas del suelo es posible determinar la forma de construcción de pozos para obtener agua que se ha de utilizar durante la fase de rehabilitación de una zona.

Para el caso de vertientes y pozos se hace necesaria una inspección de toda el área donde se ha ubicado esta fuente, especialmente dedicada a la parte sanitaria y geológica. Este trabajo debe ser llevado a cabo por personal ca-

lificado y relacionado especialmente con el medio ambiente, para proveer información sobre lo siguiente: fuentes de contaminación, estructuras geológicas, calidad y cantidad del agua subterránea, dirección de la corriente subterránea, etc.

En términos generales el pozo debe estar localizado como mínimo a 30 m. de una fuente potencial de contaminación. La parte superior del pozo debe ser protegida con tubería de revestimiento y la misma debe profundizarse por lo menos 3 m. bajo la superficie del suelo y llegar a 30 cm. sobre el nivel del agua subterránea. La tubería de revestimiento, en la superficie del suelo debe ser protegida en su perímetro con una plataforma de hormigón de 1 m. de ancho y la cual debe tener pendiente hacia afuera del pozo, para impedir la entrada de otro tipo de aguas al mismo. Las aberturas para tuberías que entran al pozo, como por ejemplo las de la bomba, deben tener sellos herméticos para prevenir la entrada de aguas extrañas. Las tapas de los pozos de revisión deberán sobre elevarse por lo menos 10 cm. del piso terminado y las tapas de estos pozos deben cubrir por afuera la boca de entrada.

Inmediatamente después de construído o reparado un pozo debe procederse a su desinfección, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

- a) La tubería de revestimiento del pozo o las paredes del mismo deben ser desinfectadas con una solución que contenga 100 mg. por litro de cloro libre.
- b) Desinfección del agua del interior del pozo con solución que contenga de 50 a 100 mg. por litro de cloro libre.
- c) Agitación de la solución anterior en el pozo y dejarla por un período de contacto de 12 horas.
- d) Bombear el pozo al sistema de desagüe para extraer gran parte de la solución anterior.
- e) Comprobar el cloro residual y si éste llega a por lo menos un mg. por litro el agua puede ser usada para el consumo.

La mayor parte de las indicaciones anteriores se aplican también a las vertientes o manantiales, en lo referente a su localización y protección sin embargo se debe añadir los siguientes puntos:

- a) El sistema de captación debe ser construído en tal forma de prevenir la entrada de la luz solar.
- b) El sistema de desborde de la captación debería ser localizado en forma tal que evite la entrada de agua superficial, como por ejemplo la proveniente de lluvias intensas.
- c) Los pozos de revisión y las compuertas deben tener los respectivos elementos de seguridad para evitar el acceso o uso de personas extrañas.
- d) Antes de usar el agua para el consumo se debe proceder a desinfectar la cámara de recolección con soluciones de cloro.

- e) En una área con un radio de 50 m., alrededor de la vertiente, se debe proteger a la misma para prevenir la entrada de agua superficial contaminada.

En lo referente a la utilización de agua superficial se debe anotar que esta fuente de abastecimiento puede ser aprovechada como último recurso, ya que sus malos olores, su alto color y su posible alta contaminación la convierten en objetable para su entrega directa al consumidor requiriendo por lo general de un tratamiento previo antes de su utilización para el consumo. Si no existen equipos especiales para su tratamiento se puede proyectar ciertos tipos de estructuras para obtener agua de mejor calidad. Entre estos tipos podemos indicar la construcción de galerías de infiltración o la perforación de una batería de pozos, los cuales pueden ser ubicados lo más cerca de la fuente superficial con lo que se podría reducir la turbidez y el número de bacterias, ya que se está sometiendo al agua superficial a una filtración natural.

Si el agua superficial es la fuente escogida para abastecimiento deben tomarse las medidas del caso para proteger la cuenca o área de drenaje de la contaminación producida por personas o animales.

En cuanto a la ubicación de la captación de aguas superficiales se debe indicar que es un problema bastante difícil, por la serie de regulaciones que se deben impartir, pero en forma general ésta debe ubicarse aguas arriba de cualquier sistema tributario que puede conducir agua contaminada.

Si se coloca un equipo de bombeo en la captación, la succión de la bomba debe tener en su extremo una rejilla y la misma debe estar colocada en tal forma que no se asiente en el lodo o fango de la corriente o reciba desechos de la misma. El dispositivo de la succión de la bomba puede estar ubicado dentro de un tanque metálico perforado, el cual se lo coloca lo más cerca posible del centro de la corriente.

El tratamiento del agua superficial debe ser proyectado de acuerdo a los materiales y equipo del que se dispone para el efecto debiendo estar constituido por uno de los siguientes procesos:

- a) Desinfección únicamente.
- b) Coagulación y desinfección.
- c) Coagulación filtración y desinfección.
- d) Filtración y desinfección.

1.2 Almacenamiento

Una vez solucionada la captación de la fuente provisional, el paso siguiente es el de recolectar la misma por medio del almacenamiento. Si no existe alguna estructura especial para ello, se puede proyectar la utilización de recipientes de lona, caucho revestido de nylon o de plástico, que posean una capacidad superior a los 10 m. cúbicos. También se puede proyectar la excavación de hoyos los cuales pueden ser revestidos de polietileno para capacidades de almacenamiento superiores a 50 m³. Si el propósito del almacenamiento es solamente proveer el tiempo necesario de contacto para obtener una desinfección

correcta, su capacidad debe ser calculada para un período de contacto de por lo menos 30 min. La capacidad total de almacenamiento de agua debe ser igual a la cantidad de líquido requerido para 12 a 24 horas de consumo. Se puede también proyectar la instalación de tanques elevados utilizando tanques metálicos o de asbesto-cemento prefabricados, siendo la estructura de soporte constituida por columnas de madera, hierro o tubería. Es preferible la utilización de tanques prefabricados que se producen en serie y que sean de fácil transporte y erección. En términos generales los tanques de reserva deben ser cubiertos para evitar la entrada de la luz solar y por lo tanto evitar el crecimiento de algas, las cuales pueden producir olores en el agua y para evitar también el ingreso de pájaros, insectos y polvo. El techo de los tanques pueden ser cubiertos por planchas de asbesto-cemento o zinc. Debiendo proveerse además a los tanques un sistema de rebose, pero teniendo cuidado que el agua que salga por él no produzca daños a la estructura de fundación del mismo. La tubería de entrada a los tanques elevados puede colocarse por la parte superior del mismo y a su salida debe disponerse una válvula flotadora. La tubería de salida del tanque deberá colocarse alrededor de 5 cm. sobre el fondo del tanque; debiendo disponerse una tubería de pequeño diámetro para drenar el tanque y colocada en su fondo. En la cubierta del tanque se dispondrá una boca de visita para permitir el ingreso de personas a reparación o inspección. Las aberturas del tanque para efectos de ventilación colocadas en la parte superior del mismo, deben llevar rejilla metálica para evitar el ingreso de insectos y pájaros pequeños.

1.3 Calidad físico-química y bacteriológica del agua

Para comprobar la calidad físico-químico del agua se debe disponer la realización de los análisis respectivos de muestras de aguas las mismas que se deben tomar en los diferentes procesos del sistema; igualmente se deben realizar análisis bacteriológicos en varios puntos del sistema. Estos análisis deben comprender por lo menos los siguientes aspectos:

- a) Determinación del cloro residual.
- b) Análisis bacteriológico para determinar la presencia o no de bacteria del grupo coli.
- c) Determinación del ion hidrógeno (PH)
- d) Determinación del tipo de alcalinidad.

1.4 Distribución

En cuanto al sistema de distribución del agua para los usuarios o pobladores afectados de una zona, se puede realizar en la mayoría de los casos por medio del uso de tanqueros, los cuales pueden ser de propiedad de las Fuerzas Armadas, de los Cuerpos de Bomberos, de las industrias o de otras instituciones. A falta de red de distribución cada familia afectada debe poseer un recipiente de plástico o de hierro galvanizado para recibir el agua de los tanqueros. El tanquero de distribución deberá tener una capacidad para proveer agua a 1000 personas. Los trabajadores de salud deben ser los responsables de que los tanqueros sean llenados de agua de fuentes aceptables y de manera higiénica y la cloración debe ser realizada bajo su supervisión.

Si para la distribución del agua existe un sistema de distribución municipal, dentro de una razonable distancia, se puede pensar en proyectar o extender la red de distribución a la zona afectada, utilizando tuberías del tipo liviano, tales como plástico, pero de fácil acoplamiento. Si el sitio afectado por un desastre está más lejos, se puede extender la tubería de una red municipal hasta un punto que servirá de alimentación. Estos puntos de agua usualmente deben tener uno o más grifos y cada grifo debe ser suficiente para alimentar a por lo menos 100 personas. Los sitios de asilo o refugios no deben estar más allá de 100 m. desde el punto de agua de servicio.

1.5 Protección del sistema

En situaciones de emergencia la protección física de los abastecimientos de agua para el uso de los afectados es un punto al que se le debe dar la mayor consideración posible. Debe preverse la ubicación de guardias de seguridad para el sistema, debiendo cubrir también las obras que se construyan para evitar el acceso de personas extrañas, que pueden producir la contaminación del agua y el daño de las instalaciones, tales como plantas de tratamiento, sistemas de bombeo, tanqueros, estaciones de distribución y facilidades de recolección. Así mismo debe darse la protección necesaria en lo que a seguridad se refiere, de las estructuras de captación, tanques de almacenamiento, pozos y vertientes. El carácter y la extensión de esta protección dependerá de las situaciones locales en cada caso.

1.6 Hielo para climas cálidos

En climas cálidos las autoridades de asistencia social deben preocuparse de proveer hielo a los afectados. El hielo puede ser abastecido por alguna industria de este tipo y ser fabricado con agua de buena calidad, que cumpla las regulaciones sanitarias. El hielo podrá ser distribuido por camiones especiales, los cuales deben estar equipados para el manejo del producto con herramientas apropiadas para que mantengan la calidad del mismo. Cada familia podrá tener un recipiente cerrado y si es posible aislado térmicamente para el almacenamiento del hielo.

2. BOMBAS DE EXTRACCION DE EMERGENCIA

Si el nivel del agua de una fuente de abastecimiento se encuentra más bajo que el nivel de entrega del líquido se hace necesaria la utilización de equipos de bombeo. Además para el caso de inundaciones y limpieza de sistemas de alcantarillado se requiere también el empleo de equipos de bombeo.

Los equipos de bombeo más comúnmente usados para casos de emergencia se pueden clasificar en los siguientes:

- a) Bombas de mano
- b) Bombas centrífugas de eje horizontal
- c) Bombas centrífugas de eje vertical
- d) Bombas de lodos

2.1 Bombas de mano

Las bombas de este tipo son las más sencillas de operar y se utilizan especialmente para pozos someros y están constituidas de las siguientes partes: cilindro, varilla de accionamiento del cilindro, tubería de impulsión dentro del pozo y cabezal de descarga con palanca de accionamiento. Este tipo de bombas se recomienda utilizarlas para alturas de bombeo máxima de 30 m. y pueden arrojar hasta un caudal de 1,0 litros por cada embolada del cilindro. Para evitar el accionamiento manual, de esta bomba, se acostumbra acoplarlas a molinos de viento o a motores de combustión interna.

2.2 Bombas centrífugas de eje horizontal

Se utilizan especialmente para captación de aguas superficiales, tales como las provenientes de ríos o lagos. Están constituidas por la bomba propiamente dicha, dentro de la cual se aloja el impulsor, acoplándose a éste el eje horizontal el cual se conecta con el motor que la acciona. El motor puede ser de combustión interna, a diesel o gasolina, preferiblemente y si existe energía eléctrica disponible el motor puede ser para ese tipo de energía.

En cuanto a la capacidad de estas bombas los valores mínimos recomendables podrían oscilar alrededor de los siguientes:

caudal = 10,0 l/s.
altura dinámica de bombeo 30,0 m.

Las bombas y motores para emergencia deben venir sobre ruedas para su fácil instalación.

2.3 Bombas centrífugas de eje vertical

Este tipo de bombas se utiliza generalmente en pozos profundos, clasificándose de la siguiente manera:

- a) Bomba de turbina, y
- b) Bomba eléctrica sumergible.

2.3.1 Bombas de turbina

Este tipo de bomba está compuesta de los siguientes elementos: bomba con uno o más impulsores acoplados en serie, eje de transmisión desde la bomba hasta el motor y tubería de elevación, elementos que van dentro del pozo; cabezal de descarga, cabezal de engranajes y motor a combustión interna o motor eléctrico, elementos que van en la superficie del terreno. En cuanto a las capacidades mínimas recomendables, para casos de emergencia, de estas bombas pueden ser las siguientes:

Para 4,0 l/s. y altura dinámica de bombeo de 30 m. o para 30,0 l/s. y altura dinámica de bombeo 60 m.

2.3.2 Bomba eléctrica sumergible

Este tipo de bomba está compuesta por los siguientes elementos: Bomba con uno o más impulsores acoplados en serie, motor y tubería de elevación, todos estos elementos dentro del pozo; sistema de arranque y parada, conexión al sistema eléctrico y sistema de guarda nivel en la superficie del terreno. Lógicamente este tipo de bomba requiere de energía eléctrica para su funcionamiento, para lo cual se puede disponer de la existente en el lugar o en su defecto se debe proveer un generador eléctrico. En cuanto a sus capacidades mínimas para casos de emergencia pueden ser las mismas indicadas para las bombas de turbina.

2.4 Bombas de lodos

Este tipo de bombas se utiliza para drenar áreas inundadas o para evacuar aguas negras o servidas de sistemas de alcantarillado. Generalmente son del tipo de diafragma no atascable, o del tipo centrífugo con impulsor abierto. Este tipo de bombas puede ser accionada por motores a combustión interna o eléctricos. En cuanto a sus capacidades mínimas, para casos de emergencia se pueden indicar los siguientes:

caudal 10,0 l/s. para altura dinámica de bombeo 30,0 m.

Estas bombas pueden venir montadas en vehículos o poseer ruedas para su fácil instalación.

3. CONSTRUCCION DE POZOS PARA APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

Un pozo para aprovechamiento de aguas subterráneas es un hueco profundizado en la tierra para interceptar acuíferos o mantos de agua subterránea.

3.1 Tipos de pozos

- a) Pozo excavado.- es aquel que se construye por medio de picos palas, etc. y que puede ir a profundidades desde 3 a 12 m, y con diámetros que van de 0,8 m. a 1,2 m.
- b) Pozo taladrado.- es aquel en el que la excavación se hace por medio de taladros rotatorios y que puede alcanzar profundidades de 5,0 m. a 15,0 m. y diámetros desde 2" a 32".
- c) Pozos inclinados o clavados.- se construyen clavando una rejilla que tiene punta de acero y a medida que se introduce en el suelo se va añadiendo más tubería. Pueden alcanzar profundidades de 10,0 m. a 15,0 m. y con diámetros desde 2" a 4". A estos pozos también se les conoce con el nombre de well-points.
- d) Pozo a chorro.- es aquel en que la excavación se hace mediante un chorro de agua a alta velocidad, la cual es generada por una bomba. Pueden ir hasta profundidades de 10,0 m. a 15,0 m. y diámetros de 2" a 4".

- e) Pozo perforado.- este tipo de pozo se lo construye con la utilización de maquinaria especial, y según su forma de trabajo se pueden tener pozos por sistemas de: rotación, percusión, combinados o circulación inversa. En nuestro medio los sistemas más utilizados son el sistema de rotación y el sistema de percusión. Para la selección del equipo a utilizarse se deben analizar tres factores: El diámetro del pozo, la profundidad y la geología de la zona.

Cada tipo de pozo tiene sus ventajas particulares que pueden ser la facilidad de construcción, tipo de equipo requerido, capacidad de almacenamiento, facilidad de penetración en ciertas formaciones y protección contra la contaminación.

3.2 Formaciones productoras de agua

Las formaciones de las cuales se puede obtener agua subterránea son por lo general de dos tipos: rocas consolidadas y gravas y arenas no consolidadas. Las marcadas diferencias que existen entre las formaciones productoras de agua, influyen grandemente en el diseño y construcción del pozo, el cual intercepta y penetra dentro de ellas. Cuando se perfora un pozo en roca consolidada, el hueco generalmente no requiere de tubería de revestimiento. No obstante, un hueco abierto en arena y grava no consolidada debe revestirse con tubería y rejilla para impedir derrumbes. En las formaciones consolidadas el agua se encuentra en fracturas, en cavernas o en otros espacios vacíos de las rocas. En cambio en las arenas y gravas el agua se encuentra entre los espacios de las partículas, por eso es que regularmente se tiende a determinar este último tipo de formaciones, que son las más productoras de agua. Por otro lado algunas veces se encuentra agua en las juntas o grietas de las formaciones arcillosas, pero su producción es muy limitada y generalmente se descarta para su aprovechamiento.

3.3 Prospección de aguas subterráneas

Antes de proceder a perforar un pozo se deben realizar ciertos estudios, para en base de los cuales determinar la presencia de aguas subterráneas. Entre estos estudios llamados de Prospección de Aguas Subterráneas se puede anotar los siguientes: Análisis de ciclo hidrológico del agua en la zona, tomando en cuenta la precipitación, evapotranspiración, infiltración y escorrentía, estudios de las estructuras geológicas predominantes, análisis de resistividad eléctrica de suelos y de refracción sísmica de la corteza terrestre, análisis de pozos existentes en la zona, presencia de vertientes o manantiales, tipo de vegetación, etc.

3.4 Actividades principales en la perforación de pozos

Una vez determinado el sitio para la perforación de un pozo, las actividades que se realizan son las siguientes:

- a) Transporte e instalación del equipo
- b) Perforación propiamente dicha y obtención de muestras del material atravesado.

- c) Diseño del pozo
- d) Instalación de tuberías y tamices o rejillas
- e) Instalación de empaques de grava si fuese necesario
- f) Desarrollo del pozo
- g) Pruebas de bombeo y determinación de la calidad del agua
- h) Sellamiento superficial y de fondo
- i) Desinfección del pozo
- j) Instalación del equipo de bombeo para la producción

El diámetro de un pozo está determinado por el caudal que se piensa extraer.

La profundidad del pozo depende de la estratigrafía obtenida y en términos generales se debe llegar hasta el fondo de la formación productora de agua.

El objetivo de la tubería de revestimiento es el de prevenir derrumbes del material y el de prevenir la contaminación.

El objetivo de la rejilla, a más de sostener la parte del material de la formación acuífera, el de dejar pasar el agua al interior del pozo, reteniendo ciertas partículas de tamaño pequeño y para ayudar en esta última labor a veces se coloca empaques de grava alrededor de la rejilla.

El objetivo del desarrollo de un pozo es extraer una gran parte del material fino de la formación, que se encuentra alrededor y en las cercanías de la rejilla, de tal forma de producir un filtro natural de mejor calidad.

Las pruebas de bombeo se realizan para determinar la capacidad del pozo y la calidad físico-química del agua.

3.5 Construcción de pozos profundos

3.5.1 Sistema de percusión

Una máquina de perforar por percusión consiste de los siguientes elementos principales: torre, cabrestante, brazo exéntrico, para subir y dejar caer las herramientas, dos contraejes de transmisión con sus respectivos embragues y el motor de accionamiento.

En este método la perforación se logra subiendo y dejando caer un barrero pesado, que está unido a una barra de peso. El impacto del barrenador fractura y afloja el material del hueco. El material suelto se extrae mediante una cuchara o achicador. Cuando se perfora en seco es preciso la inyección de agua. En roca dura se perfora generalmente sin tubería de revestimiento, pero en materiales suaves no consolidados se hace necesario la instalación de tuberías de revestimiento, para mantener el hueco sin derrumbes.

Las máquinas de percusión son mecanismos portátiles y pueden venir en patines, en camiones o en remolques.

Para el manejo del equipo se requiere de un mínimo de dos personas experimen-

tadas, cuando el equipo viene montado en camión. Si el equipo viene montado en patines se requiere un mínimo de cuatro personas para su operación. Para ambos casos se requiere de una persona más para que actúe como chofer y sea el que abastezca de agua y suministros a la perforación.

3.5.2 Sistema rotatorio

Se han desarrollado máquinas rotatorias pequeñas y eficientes que perforan rápidamente en formaciones suaves y que mediante el uso de brocas especiales revestidas pueden perforar todo tipo de material de las formaciones.

Entre las partes básicas de este tipo de máquinas podemos indicar las siguientes: torre, cabrestante, mesa rotatoria, que hace girar el tubo de perforación y que permite además movimientos hacia arriba y hacia abajo, la tubería de perforación, brocas para cortar el material, las cuales se instalan al extremo inferior de la tubería de perforación, bomba para impulsar el lodo de perforación, por dentro de la tubería y un motor para suministro de energía.

La broca conectada a la tubería de perforación y por acción del giro de la misma, va cortando el material. El lodo de perforación se bombea por dentro del tubo giratorio y sale por los agujeros que tiene la broca. Este fluido se agita en el fondo del hueco, recogiendo el material cortado, el mismo que por acción de la presión del lodo fluye hacia el exterior, por el espacio anular que queda entre el tubo de perforación y la pared del pozo. El tubo de perforar y la broca siguen avanzando hacia abajo y las paredes del pozo se van revistiendo del lodo, lo que permite mantenerlas en posición vertical. En la superficie del terreno el lodo de retorno, con el material cortado, se lo deposita en hoyos, para que se sedimente el material cortado y luego se lo reutiliza en la perforación por medio de la bomba de lodos.

Estas máquinas pueden venir montadas en patines, camiones o en remolques.

La cuadrilla para operar estas máquinas está compuesta de tres hombres, un operario y dos ayudantes, pudiéndose necesitar más personal para acarreo de agua, suministros de la perforación y para la instalación de tuberías y rejillas.

3.6 Reconocimiento de formaciones productoras de agua

Si la Geología de la zona es poco conocida, la búsqueda de acuíferos o zonas productoras de agua, debe hacerse cuidadosamente, probando todas las posibilidades. Muchos pozos capaces de buena producción, han sido abandonados como secos debido a una perforación imperfecta.

No hay criterio infalible para el reconocimiento de acuíferos, éstos pueden estar en piedra calcárea, basaltos agrietados, cavernas, zonas trituradas o fracturadas en rocas sedimentarias, igneas o metamórficas consolidadas, arenas y gravas sueltas, areniscas, conglomerados, lutitas duras y fracturadas.

Las arcillas pegajosas, las lutitas tenaces y plásticas, las areniscas y conglomerados completamente cementados y las rocas calcáreas sólidas y otras rocas densas, rara vez producen agua para su aprovechamiento.

El criterio fundamental para determinar la presencia de acuíferos es el reconocimiento de la permeabilidad de las muestras obtenidas durante la perforación.

Durante la perforación por rotación se puede guiar por los siguientes criterios, los cuales ayudan a la interpretación de si existe la posibilidad de presencia de agua:

- a) Pérdida del volumen del fluido de perforación, lo cual exige agregar agua para mantener el volumen adecuado,
- b) Aumento del flujo del lodo de retorno a la superficie, que puede indicar que se ha encontrado un acuífero del tipo artesiano o brotante, de gran presión. En este caso el fluido pierde viscosidad y peso y en casos extremos es desplazado por la presión del agua del acuífero.
- c) Pérdida completa del fluido de perforar, que puede indicar que se ha llegado a una zona muy porosa.

Durante la perforación por percusión no es difícil descubrir la presencia de estratos acuíferos, puesto que el agua contenida en el hueco no tiende a sellar la formación productora, es por esta razón que un ascenso o descenso repentino del nivel del agua indica que se ha penetrado en una formación permeable. Las grietas o vetas suaves que se encuentran cuando se está perforando en formaciones duras, rara vez son productoras de agua. Las gravas, arenas, areniscas y rocas calcáreas producen las mayores cantidades de agua, por lo tanto resulta aconsejable estar muy atento cuando se está perforando en esas formaciones.

4. REHABILITACION DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN CASOS DE EMERGENCIA

Un insatisfactorio sistema de disposición de excretas o de aguas servidas es común que se presente luego que ha sucedido una catástrofe. A menos que tan pronto se tomen las medidas para proveer una adecuada disposición de las excretas, es probable que se produzcan problemas ambientales tales como los siguientes:

- a) Criaderos de moscas en algunos lugares
- b) Desarrollo de olores desagradables
- c) Contaminación del suelo y de las fuentes de agua
- d) Contaminación de los alimentos por las moscas y el polvo
- e) Incremento en la incidencia de muerte, especialmente por enfermedades entéricas o helmintásicas.

Las medidas a aplicarse dependerán de la naturaleza del problema y de las facilidades disponibles.

En una ciudad que dispone de alcantarillado sanitario o combinado, cuando sucede un desastre, y dependiendo de la magnitud características del mismo, puede ocasionar una suspensión parcial o total de todo el sistema, tanto en las tuberías y colectores, como en las plantas de depuración o estaciones de bombeo.

Así por ejemplo un movimiento sísmico puede causar la rotura de tuberías y colectores, destrucción de plantas de tratamiento o estaciones de bombeo. Las inundaciones pueden llegar a obstruir las alcantarillas, anegar las estaciones de bombeo y las plantas de tratamiento. Situaciones de emergencia también pueden ser causadas por las descargas de aguas negras de industrias, que contienen sustancias tóxicas, en el sistema de alcantarillado, lo cual puede transformar los procesos biológicos del tratamiento existente o producir daños en la vida acuática de los ríos, lagos, perjudicar a la salud del hombre, por sus emanaciones, etc.

Entre las medidas que se deben aplicar en tales casos se puede anotar las siguientes:

- a) Reparación lo más rápida posible de las alcantarillas, con arreglos temporales, en su fase inicial, como por ejemplo la instalación de tuberías o ramales en paralelo en la zona afectada.
- b) Limpieza y baldeo de las alcantarillas que han sido obstruidas.
- c) Drenaje del agua que inunda las estaciones de bombeo y planta de depuración.
- d) Si la planta de depuración está inundada, es preferible la colocación de ramales en paralelo, para evitar el acceso a ella, mientras dure el proceso de rehabilitación; pero esto requiere que la disposición final del agua servida sin tratar tenga un cuerpo receptor que permita su dilución sin afectar mayormente otros aspectos del ambiente.
- e) Transporte del agua residual a un sitio tal para ser enterrada o enviada a otra planta de depuración que exista en la vecindad.
- f) Tratamiento de las alcantarillas con desinfectantes fuertes, para prevenir el desarrollo de organismos patógenos y para desvanecer el olor del agua de inundación y del agua residual proveniente de las alcantarillas rotas.
- g) Proveer instalaciones de disposición final temporales.

Todo el esfuerzo debe ser conducido a poner nuevamente en servicio el sistema de alcantarillado tal como estuvo anteriormente.

El Ingeniero Sanitario que esté a cargo de esos trabajos debe realizar un levantamiento y un reporte del área afectada, el cual debería contener los siguientes aspectos:

- a) Estimación del número de roturas y obstrucciones de las líneas de la red de alcantarillado, la longitud y tamaño de los tubos que se requieran para reemplazar en la zona afectada y una lista del equipo de reparación que incluya lo siguiente: bombas, buldozer, maquinaria de excavación, camiones, volquetas y herramientas, así como también materiales de construcción, provisiones y mano de obra requerida.
- b) Establecer las condiciones en el sitio del desastre, indicando la extensión de la inundación en sótanos y calles.
- c) Estimación del equipo, materiales y mano de obra requerida para rehabilitar la planta de depuración y las estaciones de bombeo, así como el pro-

grama de trabajo respectivo.

- d) Recomendaciones respecto a los puntos donde se podría descargar temporalmente el sistema de alcantarillado.
- e) Necesidad de instalación de letrinas, si el sistema de alcantarillado no puede ser restablecido en forma rápida.

De manera general la reparación de las líneas de un sistema de alcantarillado, durante las emergencias, deberían ser del tipo permanente. Sin embargo reparaciones temporales pueden ser necesarias cuando una línea de alcantarillado o pozo de revisión debe ser reemplazado rápidamente, como por ejemplo para restablecer el tránsito de una calle principal. Tubería de asbesto-cemento, de madera o de otro tipo de fácil instalación y acoplamiento, pueden ser usadas para reparaciones de emergencia.

5. ELIMINACION DE EXCRETAS EN CASOS DE EMERGENCIA

Dependiendo del tiempo que se tomaría en utilizar los lugares destinados a albergar grupos humanos, en casos de emergencia, la disposición de excretas puede ser de varios tipos y entre los más comunes podemos indicar los siguientes: letrina de zanja somera, letrina de zanja profunda, letrina taladrada, letrina de pozo, tanques sépticos, urinarios y letrinas móviles. Las letrinas de zanja somera y de zanja profunda son para uso colectivo.

La letrina de uso colectivo, que es la más usada en situaciones de emergencia, es la más difícil de mantenerla limpia, por lo tanto este tipo se recomienda para los períodos de uso no muy largos.

Para todos los casos se deben tomar estrictas medidas para mantener la letrina en las mejores condiciones de limpieza.

Para el caso de letrinas del tipo colectivo se debe proveer la necesaria cantidad de agua para efectos de limpieza de la misma. En la letrina de uso colectivo se deben proveer por lo menos 5 asientos para cada 100 personas, ubicando bloques separados para hombres y mujeres.

Las letrinas deben ser colocadas aguas abajo de cualquier fuente de agua y a una distancia mínima de 30,0 m. de ella.

Cuando se utiliza agua subterránea, para consumo doméstico, el fondo de la letrina debe ubicarse por lo menos a 1,5 m. sobre el nivel del agua subterránea. Si la corteza terrestre tiene formaciones de piedra caliza o rocas fisuradas, deben tomarse las precauciones del caso para proteger la fuente de abastecimiento de agua.

El sitio para la ubicación de la letrina debe ser seco, bien drenado, y sobre el nivel de inundación y además el área circundante debe estar limpia de vegetación, desechos, despojos y ruinas.

5.1 Letrina de zanja somera

Es simplemente una excavación hecha a mano, con pico y pala. La zanja es de 0,3 m. de ancho y de 0,9 a 1,5 m. de profundidad. La longitud depende del número de usuarios, pudiendo ser de 3,0 m. a 3,5 m. por cada 100 personas. Deberá disponerse de zanjas separadas para hombres y mujeres. La tierra obtenida de la excavación deberá ser dispuesta al costado de la misma, debiéndose dejar en la letrina las palas respectivas para que las personas, debidamente instruídas, cubran con la misma las heces cada vez que se usa la letrina. Sin embargo el relleno de tierra debe ser encargado a una cuadrilla de trabajadores sanitarios, los cuales pueden hacer este trabajo dos veces por día, para mantener el control de moscas y olores. Se hace necesario la colocación de piezas de madera o tableros, a lo largo de la zanja, para proveer facilidades de acceso y para evitar el derrumbamiento de los bordes de la misma. Para dar un ambiente de privacidad se la debe cerrar a la letrina en sus costados, dejando una puerta de acceso, con maleza, madera, cañamos, hojas metálicas, etc. Papel higiénico y agua se deberá disponer en cada una de las letrinas. Este tipo de zanja somera es un rudimentario acondicionamiento para periodos cortos de tiempo, hasta de una semana. Cuando al excavar la zanja se llega a determinar el nivel del agua subterránea, se deberá proceder a excavar por lo menos 0,30 m., dentro de este nivel y luego se colocará tierra en esa profundidad para que sea debidamente compactada, si esto no fuese posible se deberá proceder a excavar una nueva zanja en otro sitio. Después de que la letrina ha sido abandonada, el personal de trabajadores sanitario deberá proceder al relleno adecuado de la misma.

5.2 Letrina de zanja profunda

Este tipo se utiliza para periodos más largos de tiempo, de algunas semanas a pocos meses. La zanja debe ser de 1,8 a 2,5 m. de profundidad y de 0,75 a 0,9 m. de ancho. La parte superior del piso se la puede cubrir con una estructura de madera, la cual puede tener asientos con sus respectivas aberturas y tapa. En cuanto al otro tipo de requisitos es similar a las zanjas del tipo somero.

5.3 Letrinas taladradas

Se las construye en sitios donde el subsuelo no está constituido por roca, ofreciendo una solución más fácil para la disposición de excretas. Para su construcción se utiliza taladros o sacabocados y una vez terminado el hueco se lo cubre con una losa de hormigón prefabricada, o tablero de madera, el cual debe tener el respectivo agujero.

5.4 Letrina de pozo

Se la construye en zonas donde el material del subsuelo es suelto y de fácil excavación. Una letrina de este tipo puede dar servicio a una familia o a un refugio que da albergue a pocas familias. Debe disponerse agua para la limpieza y de ser posible se instalarán asientos o bacinetes prefabricados, para arrastre de agua.

5.5 Tanques sépticos

Consisten de depósitos debidamente sellados y llenos de agua, al cual se descarga las excretas para que sean almacenadas y transformadas por procesos biológicos. Este tipo se construye en zonas que van a dar albergue para periodos bastante largos de tiempo y para descarga de las excretas que provienen de una letrina comunal. Para su construcción se requiere de un cierto periodo de tiempo y no son muy recomendables para casos de emergencia a excepción de aquellos destinados a primeros auxilios o para centros de alimentación de las comunidades.

5.6 Urinarios

Se los ubica en los bloques comunales de letrinas, para reducir el número de asientos. Debiéndose ubicar uno de ellos por cada 25 hombres. El olor de los urinarios se los puede eliminar por la aplicación de soluciones de cloro. Entre los diseños de urinarios se puede utilizar el de tipo de canal o colectivo y el tipo individual, en forma de embudos. La disposición de la orina va al suelo, en el cual se construye un filtro, con material de fino a grueso, de arriba a abajo del terreno.

5.7 Letrinas móviles

Están constituídas por tanques que van montados en camiones o en vagones de ferrocarril. Se los utiliza en áreas que no disponen de sistemas de alcantarillado, en donde el nivel del agua subterránea está bastante cercano a la superficie del terreno y en zonas adyacentes a centros urbanos. El personal de sanidad debe ser el responsable de la supervisión para la adecuada disposición del contenido de los tanques, del lavado y desinfección.

La disposición de aguas residuales que provienen de hospitales de campaña, centros de alimentación y puntos de agua, requieren una propia disposición. Lo usual es descargar esos desechos en un tanque séptico y el caudal remanente de éste enviarlo a un pozo de absorción o por medio de tubería de infiltración disponerlo en el terreno. A la salida de los desechos de baños y cocinas se debe disponer una trampa de grasa, para su eliminación por flotación. También para la disposición de estas aguas se puede utilizar los cursos de antiguos ríos o quebradas secas, pero de todas formas previendo la cría de mosquitos. En áreas donde el suelo es impermeable y el clima es relativamente caliente y seco las aguas de desecho se pueden disponer por evaporación, para lo cual se excavará en el terreno pequeñas depresiones, disponiendo por lo menos dos de estas para su uso alternativo. Para este caso también se debe prever la crianza de mosquitos.

6. LISTA TENTATIVA DE EQUIPO REQUERIDO PARA ACTIVIDADES DE SANEAMIENTO, EN CASOS DE EMERGENCIA, PARA 10.000 PERSONAS

6.1 Abastecimiento de agua

Clorador montado en camión con dos cilindros de cloro:	Uno
Hipoclorador montado en camión, con tanque de solución y accesorios	Cinco

Equipo móvil para purificación del agua, de una capacidad de 200 a 250 litros/minuto	Cuatro
Taller móvil para reparaciones, que incluye: herramientas para colocación y reparación de tuberías, accesorios, uniones, herramientas de excavación, winche, llaves de tubo, válvulas, mangueras, equipo de suelda, botas de caucho, guantes, gafas protectoras, etc.	Uno
Tanqueros de agua para 7,0 m ³	Diez
Tanques para distribución de agua de 0,2 a 10,0 m ³	Cien-Doscientos
Tanque levado portátil, con elementos de soporte y de fácil ensamblaje, de 10,0 a 20,0 m ³	Cinco-Diez
Equipo de perforación de pozos incados y rejillas de punta de acero	Dos juegos
Bombas de mano para agua de 15 a 20 litros por minuto	Cien
Bombas de motor eléctrico o de combustión interna de eje horizontal de 5,0 a 10 l/s.	Cuatro
Tuberías de diferente material, para diámetros de 1/2" a 4"	Variable
Hipoclorito de calcio al 70%, en polvo o granulado, toneladas	Cinco-Diez
Cloro o yodo en tabletas	100.000
Sulfato de aluminio, toneladas	Dos a Cinco
Herramientas de albañilería, juegos	Dos-Cinco
Herramientas de carpintería, juegos	Dos-Cinco
Generador de energía eléctrica montado en camión	Dos
Tanques desarmables con una capacidad total de 100 a 500 m ³	Variable

6.2 Alcantarillado y disposición de excretas

Bomba de lodos móvil	Dos-Cinco
Bomba de lodos no atascable	Dos-Cinco
Tanqueros para transporte de aguas negras de 7,0 m ³	Cinco
Equipo de taladros para letrinas, juegos	Cinco-Diez
Taller móvil para reparaciones, que incluye: herramientas y equipos, máscaras, botas, guantes, herramientas de excavación, etc.	Uno
Tuberías de varios materiales, con material para las uniones, diámetros de 20 a 30 cm.	Variable
Moldes metálicos o de madera para tubería y losas de letrinas, juegos	Diez-Veinte
Desinfectante a base de cresol, barriles	Cincuenta-Cien
Madera, tableros, clavos, etc.	Variable

BIBLIOGRAFIA

1. Guide to Sanitation in Natural Disasters
M. Assar.- Organization Mundial de la Salud.
2. Pozos.-
Departamento del Ejército y de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.
3. Excreta disposal for rural areas and small communities.-
E. G. Wagner and J. N. Lanolix. Organization Mundial de la Salud.