

HOJAS DE DIVULGACIÓN TÉCNICA

Organización
Panamericana
de la Salud

Organización
Panamericana de la Salud
ÁREA DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y
SALUD AMBIENTAL

Centro Panamericano de
Ingeniería Sanitaria y
Ciencias del Ambiente
CEPIS/OPS



GALERÍAS FILTRANTES: PEQUEÑOS SISTEMAS

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y
Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS)
Unidad de Apoyo Técnico para el
Saneamiento Básico del Área Rural (UNATSABAR)

1. Introducción

Las galerías son obras de captación y conducción de agua subterráneas hasta un punto determinado, bien sea para su distribución o para su consumo.

El diseño y construcción de galerías requiere de una cuidadosa planificación para asegurar su buen funcionamiento. De los estudios iniciales para la obtención de los datos de diseño, dependerán las actividades que deban implementarse para la construcción y funcionamiento de una galería.

Este documento resume los pasos que deben seguirse para lograr el diseño de una galería que satisfaga las exigencias del abastecimiento de agua para consumo humano en pequeñas ciudades

2. Trabajos preliminares

2.1 Información básica

Para diseñar una galería filtrante se necesita la siguiente información:

- Plano cartográfico de la zona.
- Plano geológico y perfiles transversales.
- Perfil estratigráfico.
- Mapa de niveles de las aguas subterráneas y su variación en el año hidrológico.
- Parámetros hidrogeológicos determinados por ensayos de bombeo.
- Análisis físico-químico y bacteriológico del agua.

2.2 Reconocimiento de campo

El reconocimiento de campo es imprescindible porque permite apreciar el relieve, el afloramiento de rocas, la proximidad de posibles focos de contaminación, etc.

2.3 Trabajos complementarios

De no ser suficiente la información disponible, será necesaria la ejecución de trabajos complementarios como perforaciones exploratorias, trabajos de topografía, ensayos de bombeo de pozos y análisis físico-químico y bacteriológico de muestras de agua, entre otros.

2.4 Ubicación

Frecuentemente, la ubicación es perpendicular al flujo de las aguas subterráneas, pero si existe una recarga constante de un río, podrá ser paralela a éste. La profundidad será definida en función de la variación del nivel de las aguas subterráneas, de manera que garantice su funcionamiento durante todo el año y bajo las condiciones de sequía más severas.

3. Diseño

Considerando que el proyectista de pequeñas obras de abastecimiento de agua tiene que diseñar la galería de filtración de acuerdo con su experiencia y, por

lo general, sin un detallado estudio hidrogeológico, resulta práctico efectuar cálculos por medio de diferentes métodos y variar los parámetros dentro de un rango razonable de magnitud, para luego seleccionar los resultados más probables. Aunque el procedimiento no parece confiable, en muchos casos proporciona buenos resultados en el diseño de pequeños sistemas de abastecimiento de agua. Emplear diferentes modelos en el diseño de la galería filtrante, permite al proyectista identificar los parámetros o factores de mayor influencia y por lo tanto, ayuda a definir las pruebas de campo que se deben realizar.

De esta manera, una vez determinada la longitud mínima de la galería se procede al diseño de los elementos que la componen.

3.1 Colector

En el diseño del colector se deben considerar los siguientes aspectos:

- Sección con capacidad suficiente para el caudal de diseño.
- Mínimas pérdidas por fricción.
- Área de las aberturas del dren

que faciliten el flujo hacia el conducto.

3.1.1 Diámetro

El diámetro mínimo es el que garantice el escurrimiento del caudal de diseño con un tirante no mayor al 50%, y no será menor de 200 mm. para facilitar la limpieza y mantenimiento de los drenes.

En las galerías largas, es posible usar distintos diámetros y hay que tener en cuenta que los tramos iniciales no necesitan una alta capacidad de conducción, (ver figura 1).

3.1.2 Tipo de material

Por lo general, se usan tuberías comerciales, como las de cloruro de polivinilo (PVC), asbesto cemento, hierro fundido y hormigón simple o armado.

Si se evalúan los materiales, se encuentra que la tubería plástica de PVC presenta grandes ventajas: es barata, liviana, induce pocas pérdidas por fricción, es fácil de transportar, instalar y perforar, no se corroe y tiene una larga vida útil.

Los conductos de asbesto cemento tienen la desventaja de ser frágiles y pesados, y son difíciles de perforar.

El hierro fundido tiene alta resistencia a las cargas, gran durabilidad y permite un alto porcentaje de área abierta. Sin embargo su costo es alto y es propenso a las incrustaciones, las que disminuyen su capacidad hidráulica.

Las tuberías de hormigón son pesadas y frágiles, lo que complica su manejo, perforación e instalación. No obstante, pueden instalarse en pequeños tramos con las juntas abiertas.

3.1.3 Velocidad

Para evitar la acumulación del material fino que pueda entrar al conducto, la tubería del dren debe tener una pendiente adecuada que facilite su autolimpieza. Normalmente, la velocidad de escurrimiento del agua en el dren debe ser mayor a 0,60 m/s. De esta manera, el material fino podrá ser arrastrado hasta la cámara colectora donde se depositará para su eliminación.

La velocidad de autolimpieza se logra con pendientes que varían de 0,001 m/m a 0,005 m/m.

No se recomienda pendientes altas para evitar una profundidad excesiva en casos de galerías de gran longitud.

3.1.4 Área abierta

En el diseño del área perimetral abierta de los conductos, se debe tomar en consideración dos aspectos:

- Pérdida de la resistencia estructural de la tubería;
- Velocidad de ingreso

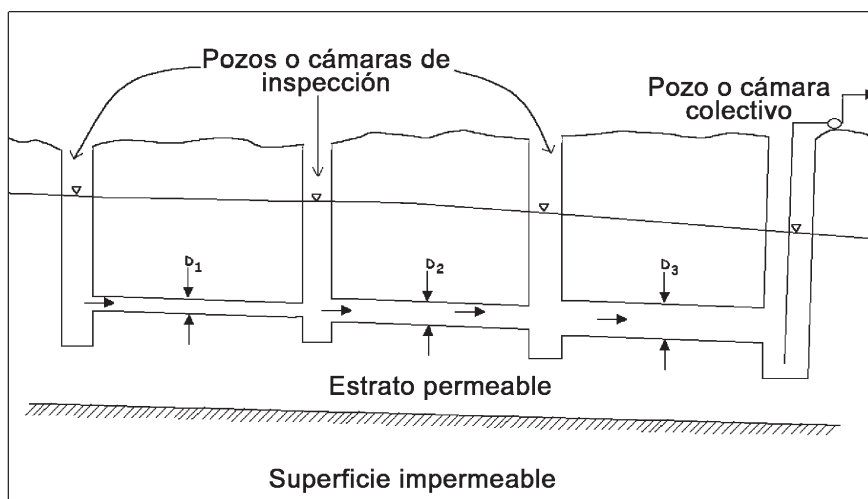


Figura 1 Galería de infiltración con distintos diámetros

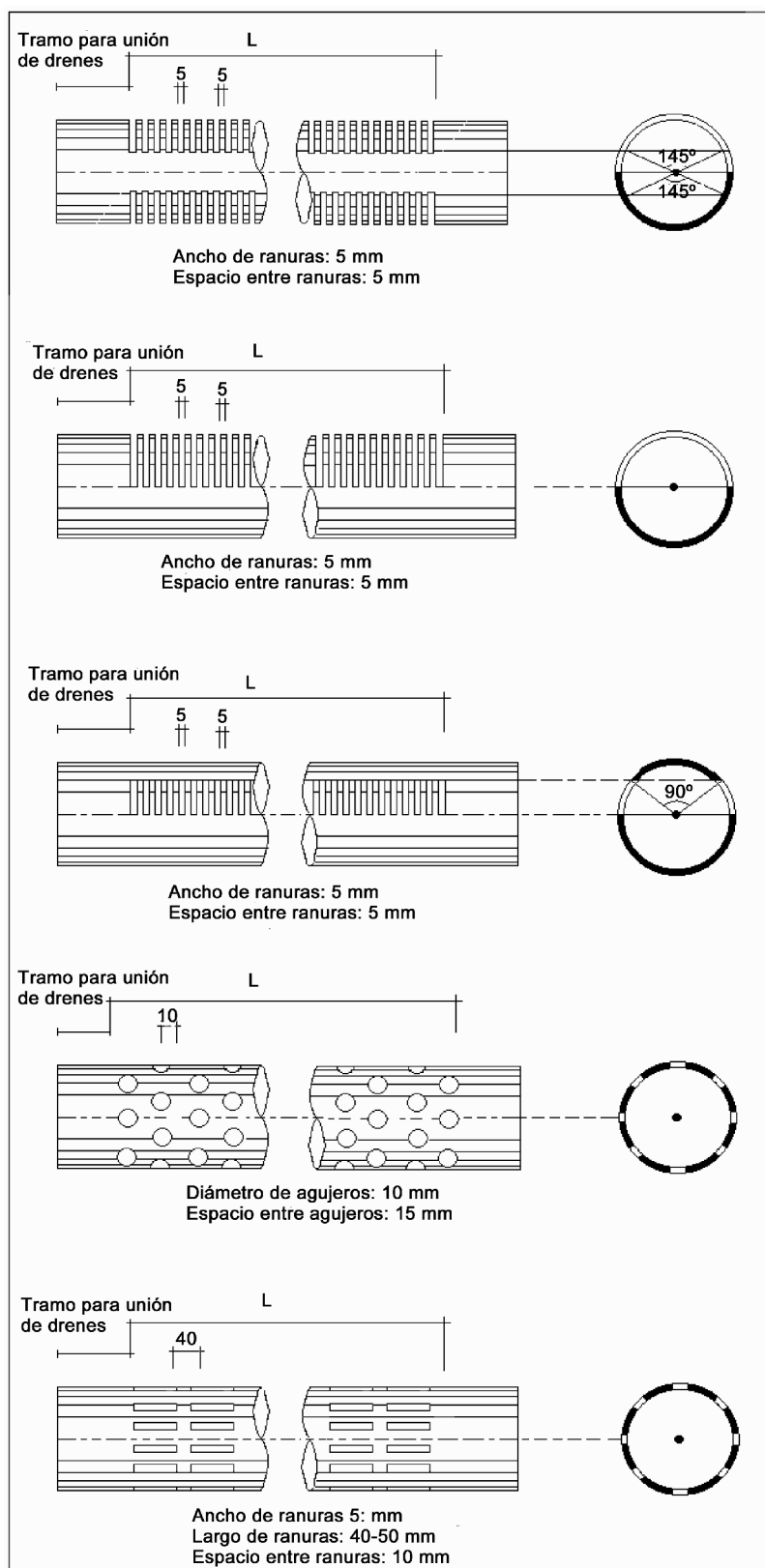


Figura 2 Modelo de drenes

El valor de la máxima velocidad de entrada permisible para evitar el arrastre de partículas finas, varían desde 2,5 cm/s hasta 10 cm/s con un valor recomendado de 3 cm/s y para un coeficiente de contracción de entrada por orificio de 0,55. En todo caso, es recomendable disponer de la mayor cantidad de área abierta para tener bajas velocidades de entrada.

El área abierta por unidad de longitud del conducto estará dada por la siguiente expresión:

$$A = \frac{Q_u}{V_e \times C_c}$$

Donde:

A = Área abierta por unidad de longitud del conducto (m²)

Q_u = Caudal de diseño por unidad de longitud (m³/s)

V_e = Velocidad de entrada (m/s)

C_c = Coeficiente de contracción

3.1.5 Forma, tamaño y distribución de las aberturas

El tipo de abertura que se practica en las tuberías son las perforaciones y las ranuras, las que pueden ser realizadas con taladros o discos.

Las dimensiones de las perforaciones dependen de las características del conducto. Según la publicación *The Desing of Small Dams*, del Bureau of Reclamation, la relación que debe existir entre la mayor dimensión de la abertura y el tamaño de los granos del filtro está dada por la siguiente expresión:

$$\frac{D_{85} \text{ de la grava del forro filtrante}^*}{\text{Ancho o diámetro de las aberturas}} \geq 2$$

(*) D₈₅ es el tamaño de la abertura del tamiz por donde pasa el 85 por ciento en peso del material filtrante.

A su vez, la relación de diámetros entre el forro filtrante y el material granular del acuífero debe ser igual o menor a cinco.

$$\frac{D_{15} \text{ de la grava del forro filtrante}}{D_{85} \text{ del material granular del acuífero}} \geq 5$$

La distribución de las aberturas se hace de forma tal que no reduzca sustancialmente la resistencia a las cargas externas del conducto original. Se recomienda que tanto las perforaciones como las ranuras se distribuyan uniformemente en el área perimetral, tal como se muestran en la figura 2.

El máximo porcentaje de área perimetral abierta depende del tipo de material del conducto, de modo que a mayor resistencia del material, mayor área abierta permisible. En pruebas realizadas en laboratorio con tuberías de PVC de 200 mm de diámetro, la resistencia a la carga externa aplicada con platos paralelos, disminuyó 20% con un área abierta del 3,2%.

Normalmente, un área abierta de alrededor del 3,0% permite velocidades de entrada por debajo de los valores máximos recomendados. Como los conductos solamente soportan cargas de relleno, es poco probable que colapsen debido a la pérdida de resistencia causada por las perforaciones.

3.2 Forro filtrante

Su función principal es impedir que el material fino del acuífero llegue al interior del conducto sin que sea afectada la velocidad de filtración, el forro filtrante debe ser mucho más permeable que el acuífero.

El forro filtrante se asemeja a la capa de soporte de los filtros de arena, y se deben seguir las re-

comendaciones que se sintetizan en el cuadro 1.

Capa	Diámetro (mm)		Altura (cm)
	Mínimo	Máximo	
1	0,5-2,0	1,5-4,0	5
2	2,0-2,5	4,0-15,0	5
3	5,0-20,0	10,0-40,0	10

Cuadro 1 Granulometría del forro filtrante

Como se observa en el cuadro anterior, el espesor de cada una de las capas de filtro debe estar comprendida entre los 5 y 10 cm para lograr una filtración eficiente. Sin embargo, para evitar que durante la construcción queden tramos de conducto sin recubrimiento, puede ser necesario usar mayores espesores, lo cual no afecta el funcionamiento de los drenes, sino que lo protege contra cualquier defecto constructivo, porque a medida que aumenta el espesor de las capas del forro filtrante, disminuye el riesgo de que los granos más finos del acuífero sean arrastrados hacia el interior del conducto (ver figura 3).

Actualmente, se dispone de geotextiles de material sintético resistente al agua, que pueden ser empleados de manera exitosa en la conformación del forro filtrante.

Al efecto, el geotextil se tiende en el fondo de la zanja o trinchera y sobre él se acomodan las diferentes capas de grava del forro filtrante que han de rodear al dren.

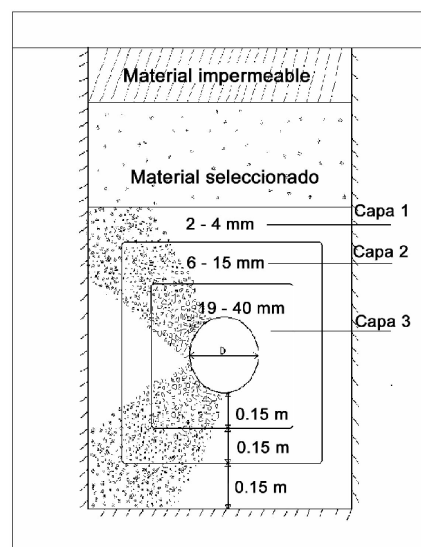


Figura 3 Distribución de capas concéntricas en el forro filtrante

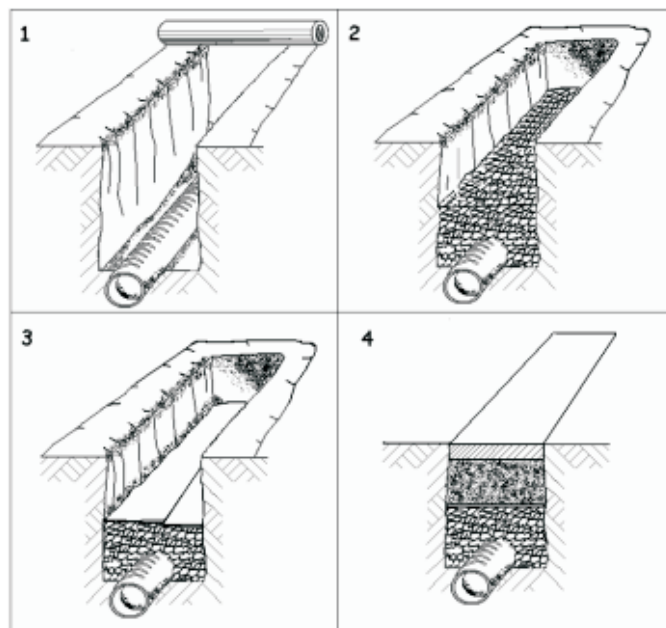


Figura 4 Proceso constructivo del pozo filtrante

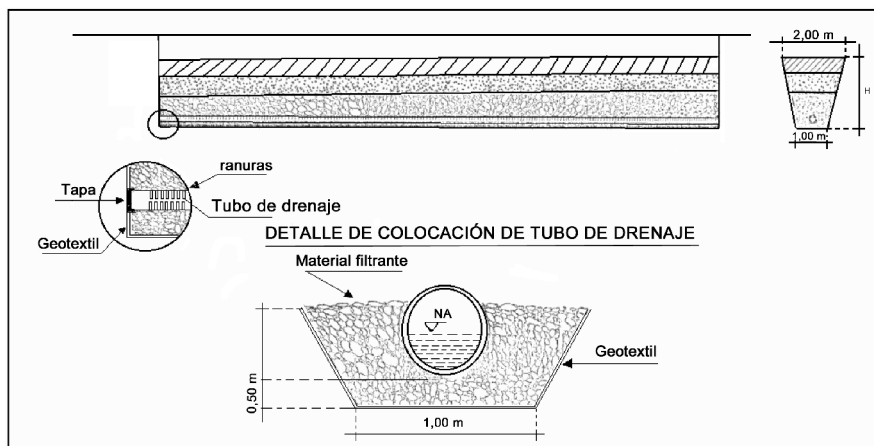


Figura 5 Sección longitudinal de galería de filtración

Una vez concluido el acomodo de todas las capas filtrantes, se cierra conformando el empaque de grava. Encima del empaque se coloca el material de excavación hasta aproximadamente unos 0.30 m por debajo de la superficie natural del terreno (ver figuras 4 y 5).

3.3 Sello impermeable

En las galerías ubicadas en las márgenes de los ríos o lagos y en los acuíferos con escurrimiento propio, es recomendable sellar la parte superior del relleno de la galería.

Se sella con material impermeable para evitar que el agua estancada filtre hacia la galería y contamine el agua captada. Adicionalmente, la función del sello impermeable es aumentar la longitud del recorrido del agua superficial a través de la masa de suelos, y así mejorar su calidad física y bacteriológica.

El sello impermeable puede estar formado por una capa de arcilla de unos 30 centímetros de espesor. Este sello se puede complementar si se coloca en la parte inferior papel impermeable o geomembrana. Para evitar que el agua superficial se estanque, se

recomienda que la capa impermeable quede un poco más alta que el terreno circundante y con una pendiente que facilite el drenaje del agua superficial fuera del área donde se ubica el dren (ver figura 6)

3.4 Pozo colector

La función de este pozo es reunir el agua drenada por la gale-

ría de filtración y facilitar, si fuera el caso, el bombeo de esta agua.

El pozo puede ser circular o rectangular, y sus dimensiones deben permitir que un hombre realice labores el mantenimiento de los conductos y válvulas de regulación de los drenes y de los equipos de impulsión (ver figura 7).

Las paredes, el fondo y la parte superior del pozo deben ser de concreto reforzado y los acabados de las paredes y del fondo deben ser impermeables. La parte superior del pozo debe llevar una abertura para la instalación de una tapa de concreto o de fierro y, dependiendo de su profundidad, debe estar dotado de escalinatas para facilitar el acceso de un hombre al fondo del pozo.

Es recomendable que el fondo del pozo se prolongue unos 60 centímetros por debajo de la boca de salida del dren para

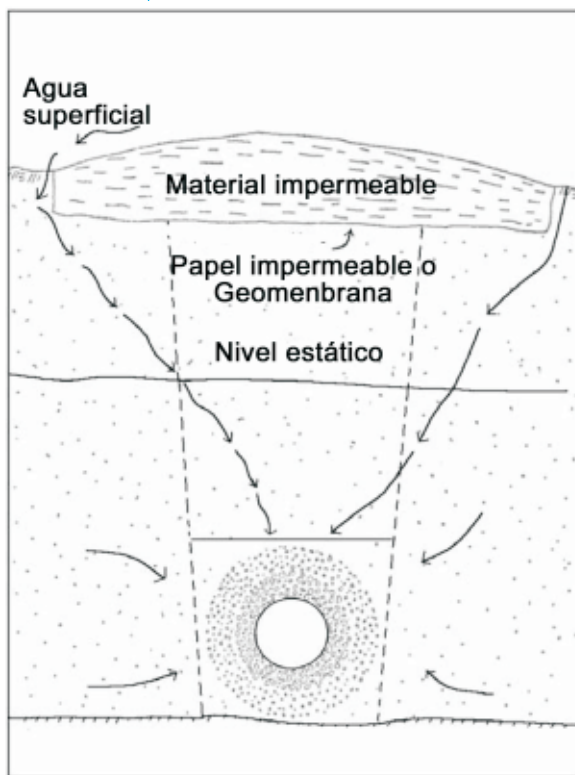


Figura 6 Sección longitudinal de galería de filtración

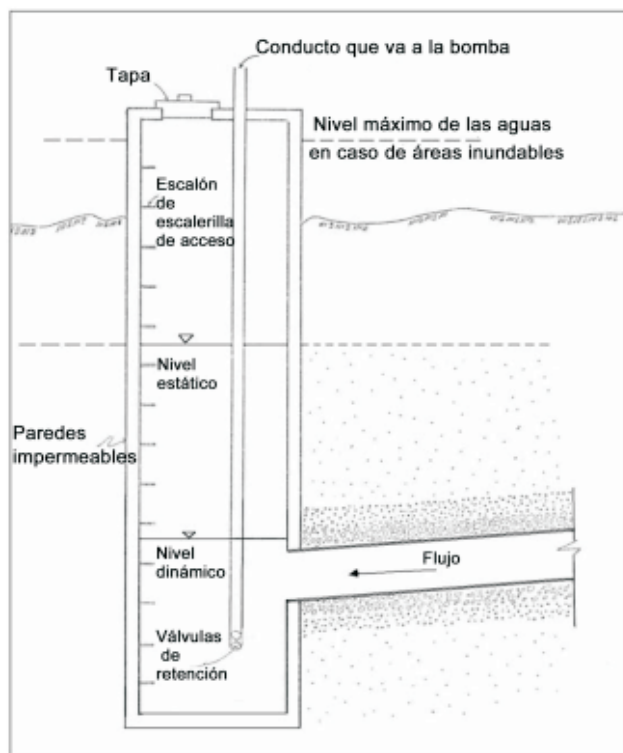


Figura 7
Detalles del
pozo o cámara
colectora

permitir la acumulación de la arena que pudiera ser arrastrada por las aguas captadas y facilitar el funcionamiento satisfactorio del equipo de impulsión del agua, si lo hubiera.

En el caso de que la galería esté ubicada en las márgenes de un curso o cuerpo de agua y que el área del pozo esté sujeta a inundación durante grandes avenidas,

se debe elevar la tapa del pozo colector hasta una altura mayor a la que pueda alcanzar el agua, para evitar la entrada de agua superficial y la contaminación del agua captada por la galería de filtración.

3.5 Cámaras de inspección

En casos de galerías de gran longitud, se colocarán

cámaras de inspección en el extremo inicial y a intervalos regulares para facilitar su mantenimiento. Sin embargo, en pequeñas galerías, se puede colocarse tapones al inicio del ramal. Las cámaras de inspección son similares a las usadas en los sistemas de alcantarillado sanitario, distanciadas entre ellas unos 50 m para diámetros de 200 mm, y hasta de 100 m para diámetros mayores de 200 mm.

Estas cámaras, al igual que el pozo colector, deben tener el fondo y las paredes impermeabilizados. Además, la elevación de la tapa debe estar por encima del nivel máximo que alcanzan las aguas en el caso que la galería se encuentre expuesta a inundaciones.

3.6 Válvulas de control

Las válvulas de control deben instalarse en el extremo inferior del dren y en la cámara de inspección o el pozo colector. Tiene por finalidad controlar la velocidad de ingreso del agua por las ranuras de los drenes o la depresión del nivel freático. Por ningún motivo la columna de agua deberá ser menor a 0,30m por encima del conducto perforado.

HOJAS DE DIVULGACIÓN TÉCNICA

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE

Los Pinos 259, Urb. Camacho, Lima 12

Casilla 4337, Lima 100, Perú

Teléfono: (51 1) 437-1077

Fax: (51 1) 437-8289

cepis@cepis.ops-oms.org

www.cepis.ops.oms.org