



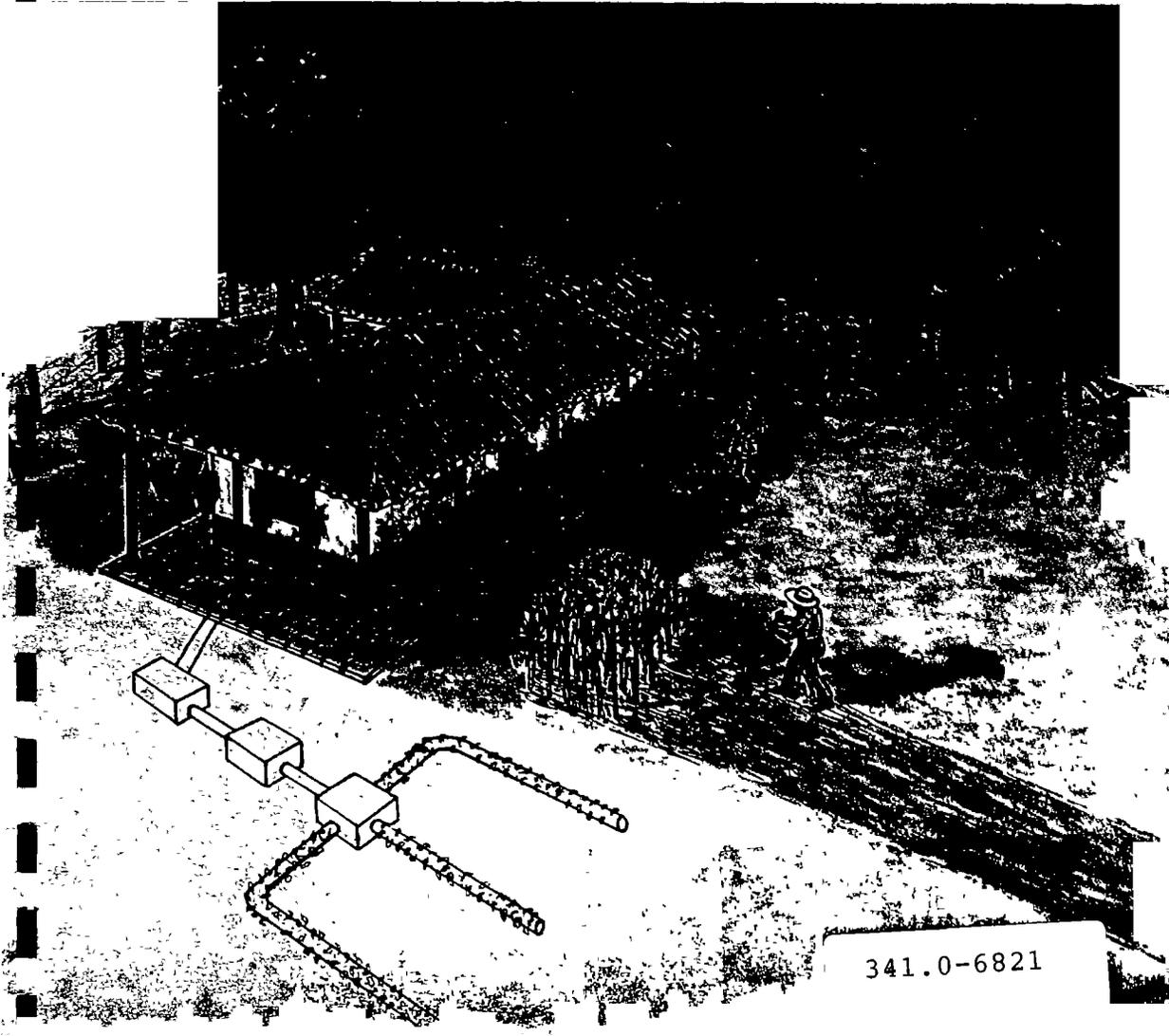
3 4 1 . 0

8 8 S I

82
6821

REVISTA EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

Vol. 10 No. 2 ABRIL - JUNIO DE 1988 ISSN 0120 - 1239



341.0-6821

SECRETARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR DOCUMENTATION, LIBRARY
AND DOCUMENTATION
P.O. Box 17, 1203 AB The Hague
Tel. (070) 814911 ext. 341/142

ISBN: 6821
LD: 341.0 88 SI

1988

INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE
FOR ELECTRICITY AND WATER SUPPLY AND
SEWERAGE TREATMENT (IIRC)



Revista Empresas Públicas de Medellín

Organo de divulgación de carácter técnico
Resolución No. 003471
Del Ministerio de Gobierno
Vol. 10 No. 2
ABRIL/JUNIO DE 1988

COMITE DE DIRECCION

Oscar Velásquez Ruíz
Juan Gregorio Gómez Atehortúa
Himerio Pérez López

COMITE DE PUBLICACION

Héctor Medina Osorio
Darío Vargas Lema
Clemencia Ocampo Arango

Dirección de la Revista.

EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

Calle 53 No. 52-16
Apartado Aéreo 940
Medellín - Colombia

Solicitamos canje
Exchange requested

Tarifa Postal Reducida
Segun Permiso No. 194 de la
Administración Postal Nacional

JUNTA DIRECTIVA DE LAS EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

Juan Gómez Martínez
Presidente

Principales:

Juan Felipe Gaviria G.
Pablo Arango A.
Luis Fernando Montoya M.
Luis G. Gómez G.
Sergio Mejía M.

Suplentes:

Juan Guillermo Jaramillo C.
Gabriel Zapata C.
Alberto Naranjo G.
Javier Hoyos A.
Hugo Botero P.
Iván Zuluaga P.

Ramiro Valencia C.
Secretario General Alcaldía

Darío Betancur I.
Gerente INVAL

Luis Pérez G.
Delegado del Gobernador

Gustavo A. Londoño G.
Personero de Medellín

Carlos A. Zuluaga D.
Auditor EE. PP. M.

PERSONAL ADMINISTRATIVO

Juan Guillermo Penagos Estrada
Gerente General

Oscar Velásquez Ruiz
Gerente de Energía

Alberto Vásquez Botero
Gerente de Teléfonos

Javier Aristizábal J.
Gerente (E) de Acueducto y Alcantarillado

Tatyana Aristizábal L.
Gerente Financiero

Juan Gregorio Gómez Atehortúa
Gerente Administrativo

Silvia Castaño de González
Secretaria General

Himerio Pérez López
Director de Planeación

Las ideas expresadas en los artículos son de la absoluta responsabilidad de sus respectivos autores

Se autoriza la utilización parcial o total de la información contenida en esta Revista siempre y cuando se cite la fuente

CONTENIDO

PRESENTACION	9
--------------------	---

SISTEMAS ELEMENTALES PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES SECTOR RURAL Y SEMI-RURAL

INTRODUCCION	11
--------------------	----

CAPITULO 1

ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES

1. INTRODUCCION	12
1.1. Esquemas de colección y tratamiento de aguas residuales . . .	13
1.1.1. Desarrollos urbanos	13
1.1.2. Desarrollos dispersos (semi-rurales)	15
1.2. Estrategias para la selección de tratamiento en el sitio	21
1.2.1. Evaluación preliminar de tratamiento	21
1.2.2. Cantidad y calidad de las aguas residuales	21
1.2.3. Evaluación inicial del sitio	21
1.2.4. Selección preliminar del sistema de tratamiento	21
1.2.5. Selección final del sistema de tratamiento	23
1.2.6. Diseño	24

CAPITULO 2

PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACION DEL SITIO DE TRATAMIENTO

2.1. Opciones para el tratamiento de aguas residuales en el suelo	25
2.1.1. Tratamiento y disposición de aguas residuales en el suelo . . .	25
2.1.2. Tratamiento y disposición de las aguas residuales por evaporación	26
2.1.3. Tratamiento y disposición de aguas residuales en las aguas superficiales	26
2.2. Inspección visual del terreno	26
2.3. Información de campo para tratamiento en el sitio	28
2.3.1. Información existente	28
2.3.2. Pendientes	28

CAPITULO 3

CARACTERISTICAS Y ENSAYOS EN EL SUELO

3.1.	Perforaciones	30
3.2.	Textura del suelo	30
3.3.	Estructura del suelo	35
3.4.	Color del suelo	36
3.5.	Conductividad hidráulica	36
3.6.	Ensayo de percolación o prueba de filtración	37
3.6.1.	Exploraciones subterráneas	38
3.6.2.	Procedimiento de la prueba	38
3.7.	Tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad	40
3.7.1.	Tamaño efectivo	41
3.7.2.	Coeficiente de uniformidad	42

CAPITULO 4

CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

4.1	Flujos de aguas residuales domésticas	43
4.2	Calidad de las aguas residuales domésticas	44
4.3.	Flujos y calidad de aguas residuales domésticas	45
4.4.	Ahorro de agua	47

CAPITULO 5

TANQUE SEPTICO

5.1.	Descripción	48
5.2.	Procesos que operan dentro del tanque séptico	49
5.2.1.	Eliminación de sólidos	49
5.2.2.	Tratamiento biológico	49
5.2.3.	Almacenamiento de lodos y natas	50
5.3	Localización del tanque séptico	50
5.3.1	Normas generales	50
5.3.2.	Distancias mínimas	51
5.4.	Número de compartimientos del tanque séptico	52
5.4.1.	Tanque de un solo compartimiento	52
5.4.2	Tanque de dos compartimientos	52
5.5.	Capacidad del tanque séptico	52
5.5.1	Criterios de diseño	52
5.5.2	Caudal medio diario de aguas residuales, q	52
5.5.3	Cálculo del caudal de aguas residuales, Q	54
5.5.4	Cálculo de la capacidad del líquido del tanque, V	54

5.5.5.	Capacidad mínima	54
5.5.6.	Capacidad del líquido del tanque	54
5.5.7.	Capacidad para borde libre	56
5.6.	Dimensiones generales del tanque séptico	56
5.7.	Dispositivo de entrada	56
5.8.	Dispositivo de salida	57
5.9.	Tabique divisorio	57
5.9.1.	Función	57
5.9.2.	Funcionamiento	57
5.9.3.	Tamaño del tabique	57
5.10.	Construcción del tanque séptico	57
5.10.1.	Asesoría en la construcción	58
5.10.2.	Materiales utilizados	58
5.10.3.	Etapas de la construcción	58
5.11.	Limpieza	60
5.11.1.	Objetivos de la limpieza	60
5.11.2.	Inspección	60
5.11.3.	Recomendaciones para la limpieza	63
5.11.4.	Lodos y natas	64
5.12.	Calidad del efluente del tanque séptico	65
5.13.	Cuidado y sostenimiento	65

CAPITULO 6

FILTROS DE ARENA ENTERRADOS

6.1.	Descripción	67
6.2.	Restricciones	69
6.3.	Factores que afectan la eficiencia	69
6.4.	Medios filtrantes en un filtro de arena enterrado	71
6.4.1.	Tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad	71
6.4.2.	Espesor del medio filtrante	71
6.5.	Carga hidráulica	72
6.6.	Drenajes	72
6.6.1.	Tamaño del medio filtrante	72
6.6.2.	Espaciamiento entre tuberías	73
6.6.3.	Pendientes	73
6.6.4.	Ventilación	73
6.7.	Carga orgánica	73
6.8.	Eficiencia	73
6.9.	Mantenimiento	74

CAPITULO 7

FILTROS DE LIBRE ACCESO

7.1.	Descripción	79
7.2.	Restricciones	79
7.3.	Factores que afectan la eficiencia	79
7.4.	Medios filtrantes en un filtro de libre acceso	79
7.5.	Carga hidráulica	81
7.6.	Drenajes	81
7.7.	Cubierta del filtro	81
7.8.	Operación y mantenimiento	82

CAPITULO 8

TRINCHERAS

8.1.	Descripción	87
8.2.	Localización y configuración de trincheras	88
8.3.	Medio filtrante	89
8.4.	Cargas hidráulicas	92
8.5.	Dimensiones	92
8.6.	Operación y mantenimiento	93

CAPITULO 9

CAMPOS Y ZANJAS DE INFILTRACION

9.1.	Descripción	96
9.2.	Localización y configuración de un campo de infiltración ..	97
9.3.	Medio filtrante	99
9.4.	Dimensionamiento	102
9.5.	Cargas hidráulicas – áreas	103
9.6.	Construcción	108

CAPITULO 10

POZOS DE ABSORCION

10.1.	Descripción	114
10.2.	Localización de un pozo de absorción	114
10.3.	Áreas de absorción requeridas	116
10.4.	Restricciones de un pozo de absorción	118

CAPITULO 11

MONTICULOS

11.1.	Descripción	123
11.2.	Movimiento de flujos en un montículo	124
11.2.1.	Suelos ligeramente permeables (impermeables)	124
11.2.2.	Suelos muy permeables	124
11.3.	Requerimientos y restricciones para montículos	125
11.4.	Lleno de un montículo	125
11.4.1.	Lleno por debajo del área de absorción (lleno inferior)	125
11.4.2.	Lleno por encima del área de absorción (lleno superior)	127
11.5.	Criterios de diseño	128
11.5.1.	Cálculo del volumen diario de aguas residuales	128
11.5.2.	Diseño del área de absorción	128
11.6.	Dimensionamiento de un montículo	130
11.6.1.	Altura	130
11.6.2.	Ancho y largo	132
11.6.3.	Area básica	133
11.6.4.	Tasas de percolación	133
11.6.5.	Sistema de distribución	134
11.6.6.	Dosificación	134

CAPITULO 12

LETRINA SANITARIA

12.1.	Descripción	143
12.2.	Función de la letrina sanitaria	144
12.3.	Proceso que opera dentro de la letrina sanitaria	144
12.4.	Limitaciones de la letrina sanitaria	144
12.5.	Localización de la letrina sanitaria	144
12.5.1.	Ubicación	144
12.5.2.	Distancias mínimas	145
12.6.	Dimensiones generales de una letrina sanitaria	145
12.6.1.	Hoyo o foso	145
12.6.2.	Brocal o anillo de la letrina	146
12.6.3.	Piso de la letrina	148
12.6.4.	Taza sanitaria	148
12.6.5.	Caseta	148
12.7.	Detalles de construcción	151
12.8.	Mantenimiento de una letrina	151

CAPITULO 13

TRAMPA DE GRASAS

13.1.	Objetivo de la trampa de grasa	153
13.2.	Función de la trampa de grasa	153
13.3.	Capacidad de la trampa de grasa	153
13.4.	Funcionamiento de la trampa de grasa	154
13.5.	Localización de la trampa de grasa	154
13.6.	Dimensiones generales de la trampa de grasa	154
13.7.	Dispositivo de entrada	156
13.8.	Dispositivo de salida	156
13.9.	Construcción de la trampa de grasa	156
13.9.1.	Materiales utilizados	156
13.9.2.	Cubierta	156
13.10.	Limpieza	157
13.10.1.	Objetivo	157
13.10.2.	Frecuencia	157
13.11.	Recomendaciones generales	157

CAPITULO 14

USO DE PLANTAS ACUATICAS PARA TRATAR AGUAS RESIDUALES

14.1.	Introducción	158
14.2.	Tipos de plantas acuáticas	158
14.3.	Proceso de remoción de contaminantes	159
14.3.1.	Remoción de carbono	161
14.3.2.	Remoción de nitrógeno y fósforo	161
14.4.	Sistemas de tratamiento con plantas acuáticas	161
14.4.1.	Lechos de grava y arena	162
14.4.2.	Lagunas con jacintos o lechugas de agua	163

LISTA DE EJEMPLOS

No.	Ejemplo	
1-1	Selección preliminar de un sistema de tratamiento en el sitio	
6-1	Diseño de un filtro de arena enterrado	23
7-1	Dimensionamiento de un filtro de libre acceso	75
8-1	Diseño de una trinchera	82
9-1	Diseño de una zanja de infiltración	94
9-2	Diseño de un campo de infiltración	108
10-1	Dimensionamiento de un pozo de absorción	111
11-1	Diseño de un montículo	118
14-1	Dimensionamiento de un lecho de helofitas con grava y arena, para una vivienda	135
		164

PRESENTACION

La revista Empresas Públicas de Medellín continúa en circulación para bien de todos los lectores. Esta revista tiene como característica especial, llevar una instrucción precisa, sobre temas de gran importancia para toda la ciudadanía. En la presente edición tratamos el tema "Sistemas Elementales para el manejo de Aguas Residuales" el cual consideramos de suma actualidad en Colombia. Nuestro país está iniciando la toma de conciencia sobre el manejo del medio ambiente, el cual se ha visto seriamente deteriorado por las aguas residuales, las basuras, las emisiones de gases y el exceso de construcción sin consideración de las zonas verdes, los árboles y demás factores amables al habitante de la ciudad. Dos de las más grandes riquezas de Colombia son sus gentes y sus aguas y con ellas podremos tener un mejor futuro, y una mejor calidad de la vida para las nuevas generaciones.

Esta revista está dirigida a todas las personas que deseen construir su propia solución para el manejo de las aguas residuales, a las juntas de acción comunal, a los servicios nacionales de salud, a los promotores de saneamiento y en general a todas las personas que nos quieren ayudar en la limpieza de las fuentes de aguas, que son la base de la salud y la principal materia prima para la producción de la energía eléctrica. Si todos los colombianos nos proponemos tratar de manera racional las aguas residuales, muy pronto podremos ver los ríos limpios y seremos testigos del renacer de una nueva Colombia. La revista está redactada de manera didáctica, con diseños claros, con cifras concretas y con las dimensiones necesarias que permitan la autoconstrucción del sistema de manejo de las aguas residuales. Si algunos de los lectores tiene inquietudes adicionales sobre el tema, nosotros le pedimos el favor de dirigirse directamente a las Empresas Públicas de Medellín, pues nuestro compromiso con la comunidad es liderar las acciones que conduzcan a una mejor protección de las fuentes de agua. Con esta publicación esperamos contribuir una vez más, a la educación del pueblo colombiano, última razón de ser de nuestra Empresa de Servicios Públicos. Esta publicación, es pues, una invitación a toda la ciudadanía para que nos ayude a proteger las fuentes de agua ya que todos tenemos que aceptar el reto propuesto por el desarrollo actual: "Los ríos no pueden morir en nuestras manos".

JUAN GUILLERMO PENAGOS ESTRADA
Gerente General



SISTEMAS ELEMENTALES PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES SECTOR RURAL Y SEMI-RURAL *

INTRODUCCION

A continuación se presenta un breve esquema de cómo debe ser el manejo de las aguas residuales en zonas rurales y semi-rurales.

Con estas ideas se pretende dar una mejor orientación en cómo resolver este problema, adoptando unas políticas que conduzcan a las implementaciones de soluciones que estén más de acuerdo con las capacidades técnicas y económicas del medio.

Toda esta recopilación bibliográfica obedece a una necesidad sentida de la comunidad, que constantemente ha estado en busca de soluciones sencillas para resolver sus problemas de aguas residuales. Se espera que toda esta información sea de gran utilidad para los estudiantes de Ingeniería Sanitaria y Tecnología en Saneamiento Ambiental, Servicios Seccionales de Salud, Juntas de Acción Comunal, entidades de desarrollo comunitario y los residentes de viviendas que no están conectadas a una red de servicios públicos.

Se presentan en esta publicación las teorías para el diseño de tanques sépticos, filtros de arena enterrados, filtros de libre acceso, trincheras, campos y zanjas de infiltración, pozos de absorción, montículos y trampas de grasas. Se ha procurado dar para cada caso un ejemplo detallado de los procedimientos de diseño, uso de tablas, figuras, etc.

La información sobre tanques sépticos, pozos de absorción, letrinas y trampas de grasa es la misma presentada en la Revista Empresas Públicas de Medellín — Vol. 4 No. 2. Abril/Junio, 1982.

Se agradece mucho la participación de la Ingeniera Ana María Henao S., quien hizo la revisión del documento y de la Dibujante Patricia E. Ruiz A., quien realizó todos los dibujos.

* El contenido de esta edición ha sido preparado por el Ingeniero Alvaro Salazar A , Coordinador de la Unidad de Planeación Saneamiento Hídrico de EE PP M , quien contó con la colaboración del personal técnico y auxiliar de dicha Unidad

CAPITULO 1

ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

1. INTRODUCCION

Existen muchos métodos elementales para el tratamiento de las aguas residuales en el sitio, provenientes de viviendas, escuelas, centros comerciales, etc. Infortunadamente, muchos de estos sistemas no son conocidos y por ello cuando a un nuevo desarrollo habitacional se le exige un sistema de tratamiento de aguas residuales, se construyen sistemas sofisticados y costosos que nunca llegan siquiera a iniciar la operación. El resultado de estas decisiones ha sido un sinnúmero de plantas de aguas residuales dispersas por todo el territorio nacional sin cumplir el objetivo para el cual fueron construídas (Figura 1-1).

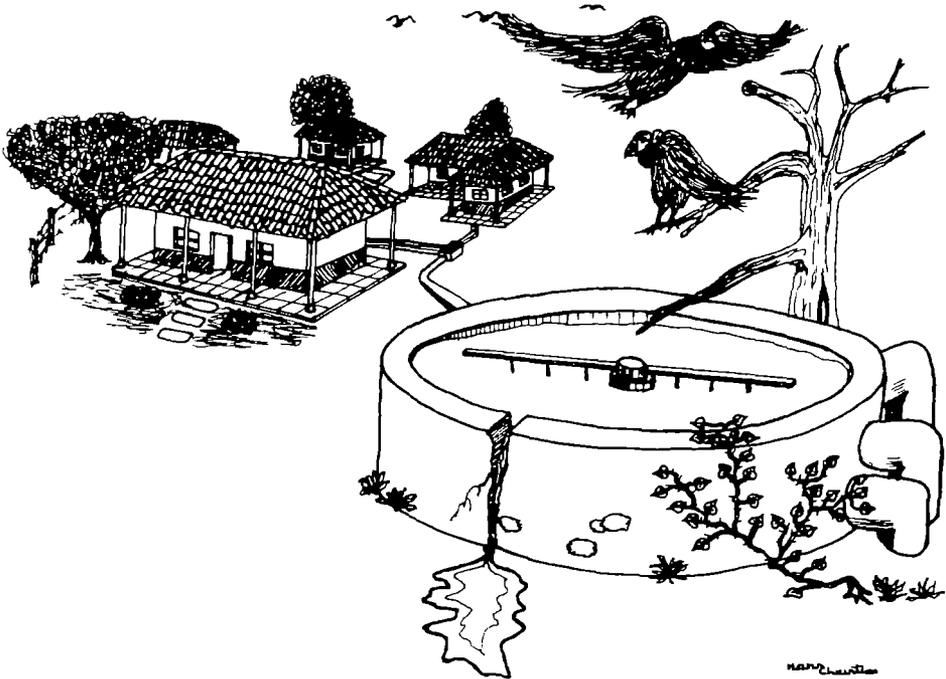


FIGURA 1-1. Perspectiva de una planta de tratamiento de aguas residuales compleja, cuando se entrega a unos pocos usuarios sin capacidad técnica y económica de operarla.

La anterior situación no quiere decir que estos sistemas de tratamiento no sirvan, todo lo contrario, han sido probados con éxito en muchos países; la falla en nuestro medio ha sido el permitir o exigir a los usuarios unos sistemas de tratamiento que no están ni en capacidad técnica ni económica de operar. Por esto, hay que tener mucho cuidado con las políticas y decretos que se emiten, no adecuados a la situación real del país.

Es necesario, entonces, impulsar sistemas de tratamiento de aguas residuales que sean más adaptables al medio, que utilicen el terreno como sistema de tratamiento, que requieran poca operación y que puedan ser manejados por el propio usuario.

Vale la pena aclarar que en los Estados Unidos, un país muy avanzado en el manejo de las aguas residuales, el 25% de la población localizada en asentamientos dispersos, utiliza sistemas de tratamiento de aguas residuales en el sitio, utilizando el terreno como medio de disposición final. Estos sistemas son muy sencillos y de operación fácil y no costosa.

1.1. Esquemas de colección y tratamiento de aguas residuales

1.1.1. Desarrollos urbanos

Cuando se tiene un desarrollo urbano compacto y atendido por una empresa de servicios públicos, lo más viable, desde el punto de vista técnico y económico, es conectar tanto las aguas residuales domésticas como las industriales, estas últimas con requerimientos de pretratamiento si es necesario, a la red municipal de alcantarillado para ser transportadas a una planta de tratamiento de aguas residuales para tratamiento conjunto (Figura 1-2).

Las ventajas de tener un tratamiento combinado de aguas residuales domésticas e industriales en un centro urbano atendido por una empresa de servicios públicos son:

- La responsabilidad se centraliza en una sola entidad.
- Sólo se necesita un operador jefe (más ayudantes) en una planta municipal. La experiencia ha demostrado a nivel industrial que el operador tiene que atender otras tareas del proceso de producción, abandonando la planta de aguas residuales.
- Un operador de una planta grande de tipo municipal recibe mejor entrenamiento que uno de una planta muy pequeña. Además, muchas industrias pequeñas no pueden asumir los costos totales de operación de una planta individual.

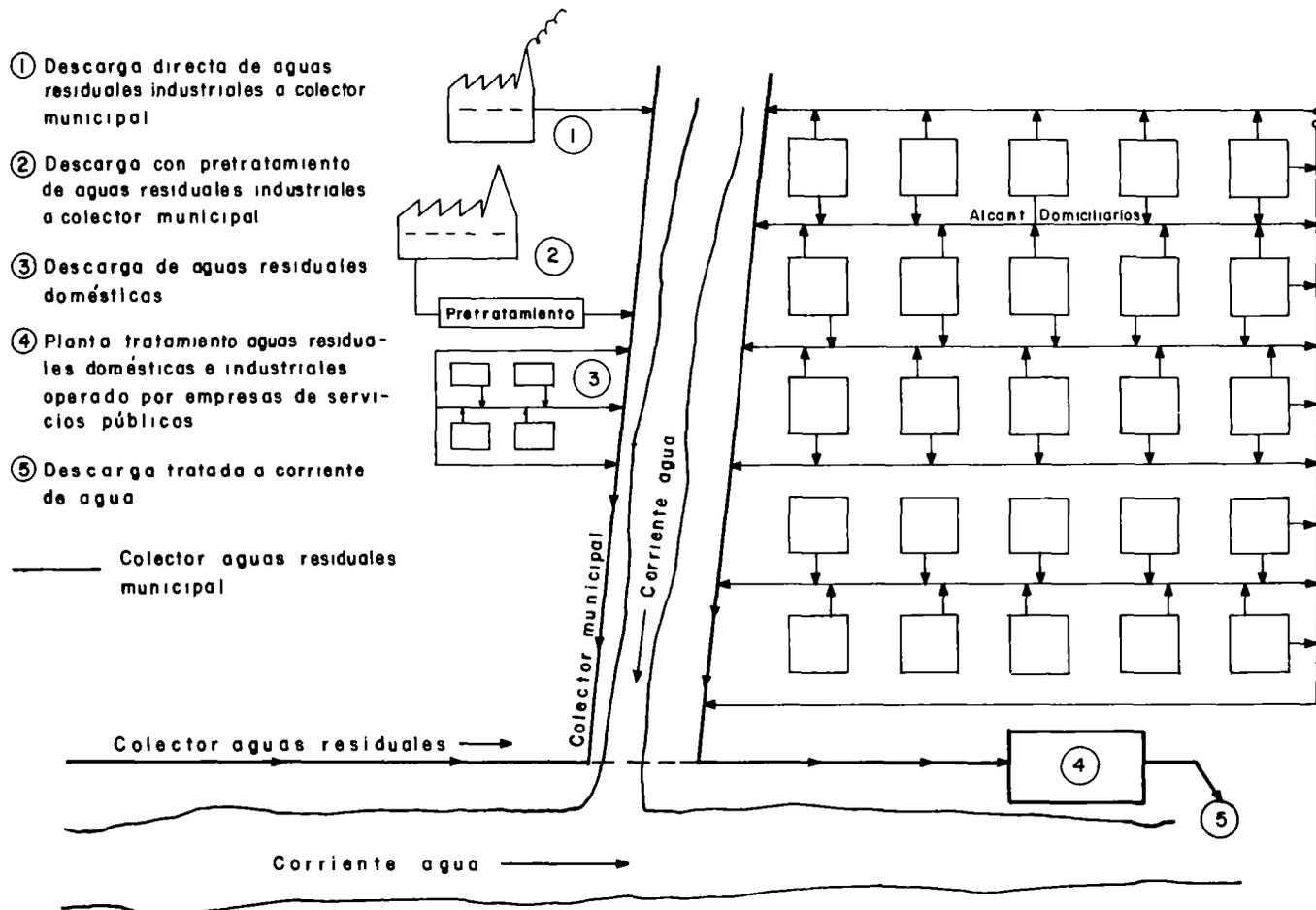


FIGURA 1-2. Esquema general de un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales en un conglomerado urbano atendido por una Empresa de servicios públicos.

- Los costos de construcción son menores para una planta grande que para varias pequeñas.
- Los costos de operación son más bajos, puesto que más desechos son tratados a un menor costo por volumen.
- Una planta conjunta de tipo municipal tiene la ventaja de ayudas del gobierno o préstamos a intereses más bajos.
- La cantidad de tierra requerida por una planta municipal que trate combinadamente las aguas residuales domésticas e industriales es menor que el área total ocupada por muchas plantas dispersas.
- Las aguas residuales domésticas agregan muchos elementos nutritivos a las aguas residuales industriales, los cuales son necesarios para los tratamientos de tipo biológico. El tratamiento biológico de muchas aguas residuales industriales puede no ser viable cuando se hace individualmente.
- El tratamiento conjunto de las aguas residuales domésticas e industriales asegura un grado de tratamiento uniforme de todas las descargas, pudiéndose aumentar el grado de tratamiento a medida que avanza la tecnología.

Un esquema de una planta de tratamiento de aguas residuales a nivel municipal se presenta en la Figura 1—3, siendo la manera habitual como se manejan las aguas residuales en un conjunto urbano.

Una planta de éstas debe recibir, por lo general, los mismos usuarios del servicio de acueducto.

1.1.2. Desarrollos dispersos (semi-rurales)

Cuando se tienen conjuntos de viviendas, escuelas, centros comerciales, etc., dispersos, es muy difícil poder llevar hasta ellos redes de servicio público, ya sea de acueducto o de alcantarillado. En el caso de acueducto, cada usuario debe instalar un sistema de captación de aguas superficiales o subterráneas operado por él mismo. Igual situación pasa en el caso de alcantarillados y es cuando se hace necesario implementar sistemas que pueden ser construidos y operados por el propio usuario.

Un esquema de disposición de aguas residuales en un medio semi-rural, se presenta en la Figura 1—4.



Figura 1-3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO MUNICIPAL

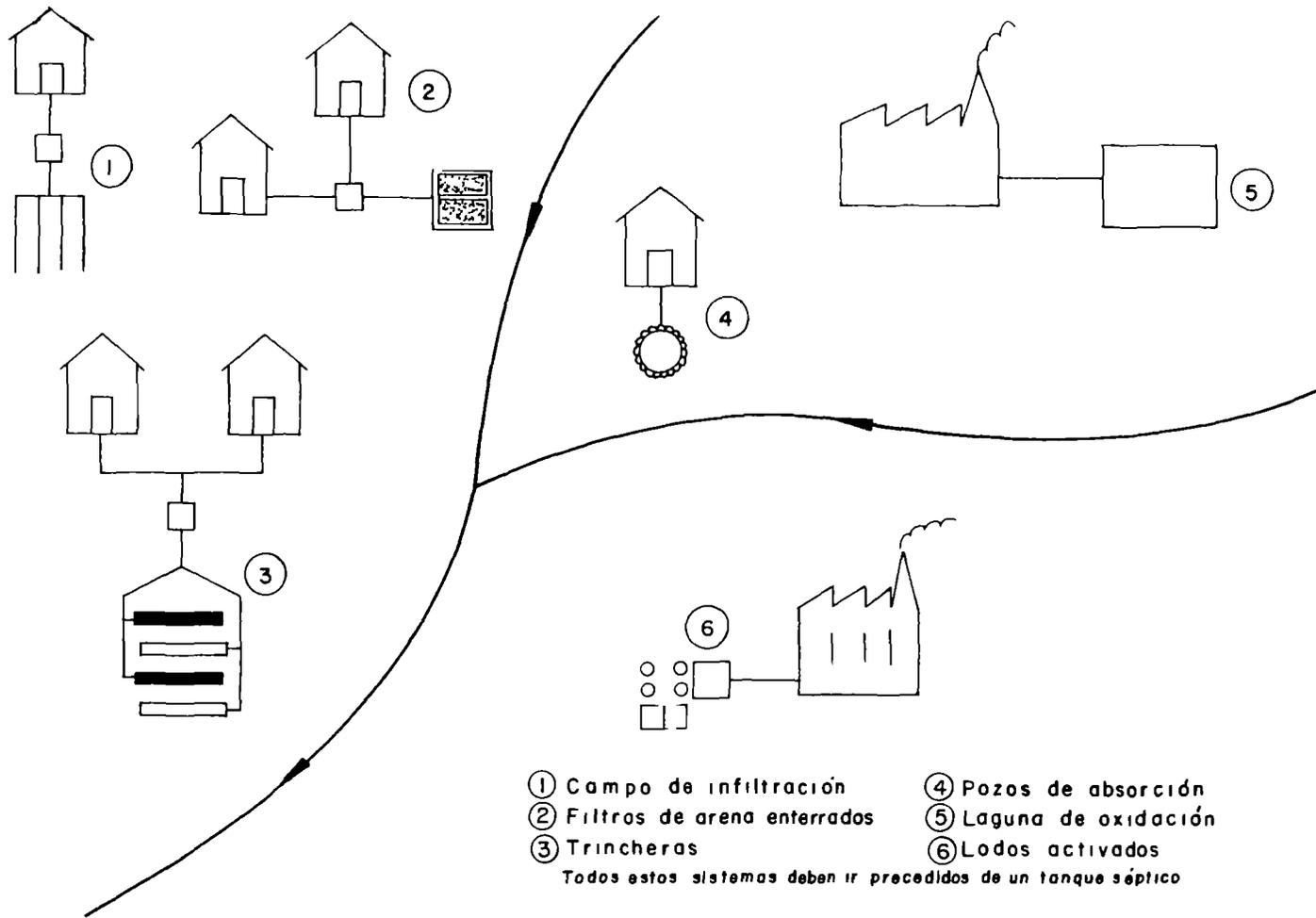


FIGURA 1-4. Esquema de un sistema de colección y tratamiento de aguas residuales en asentamientos dispersos (rurales y semi-rurales).

Hay que aclarar que en el caso de una industria localizada en un medio rural o semi-rural, es más factible desarrollar sistemas de tratamiento sofisticados, como lo pueden ser sedimentadores, lodos activados, filtros percoladores, etc., si la industria puede disponer de personal profesional capacitado para operar estos sistemas.

Muy distinta es la situación cuando se entrega una planta de tratamiento de aguas residuales del tipo lodos activados, zanjas de aireación, filtros percoladores, etc., con un alto componente de equipos mecánicos y consumo de energía, a un conjunto de viviendas, escuelas, almacén, etc. La práctica ha demostrado que estos sistemas en manos de un ciudadano normal no funcionan (Figura 1-1).

¿Qué alternativas existen entonces? Pues bien, se han desarrollado sistemas como el tradicional tanque séptico, los filtros de arena enterrados y de libre acceso, las trincheras, campos de infiltración, montículos de tierra y aún los pozos de absorción, que pueden ser operados y mantenidos por un ciudadano común y corriente. Aunque estos sistemas de tratamiento hacen un gran uso de la capacidad de infiltración del suelo, es posible hacer un remplazo del suelo para mejorar sus condiciones de absorción. Si se trata de viviendas u otros desarrollos nuevos es posible planear con la debida anticipación dónde se construirán y qué espacios quedarán disponibles para el tratamiento de las aguas residuales (Figura 1-5).

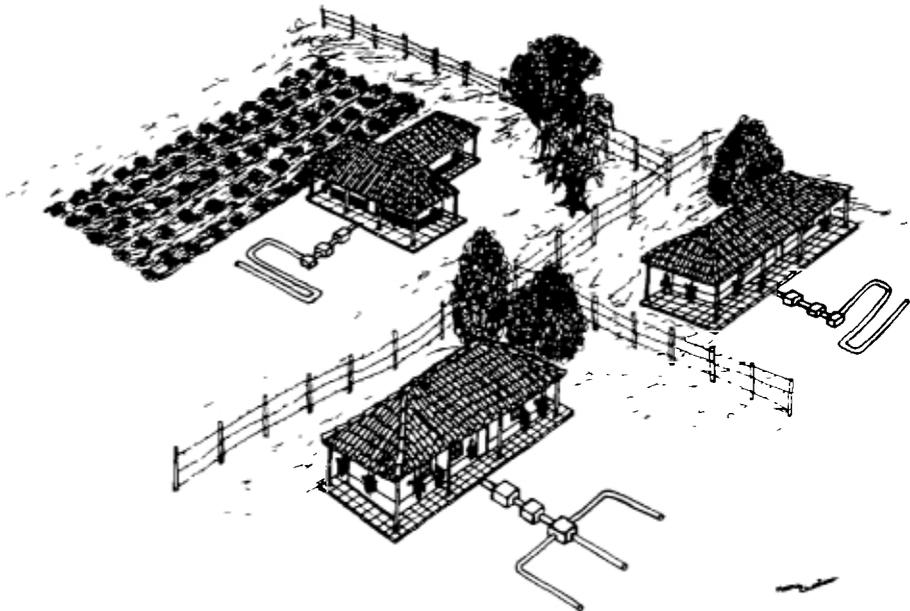


FIGURA 1-5. Perspectiva de cómo debe ser un sistema de evacuación de aguas residuales en un medio rural o semi-rural sin red municipal de alcantarillado.

Infortunadamente, muchas veces hay que manejar "hechos cumplidos", en los que es prácticamente imposible desarrollar un sistema de tratamiento por elemental que sea, porque no se dejaron los espacios, o si éstos están disponibles tienen limitantes de drenaje, retiros, etc.

Cuando se va a efectuar un tratamiento en el sitio, hay que analizar una serie de variables que van desde la cantidad de aguas residuales, características topográficas del terreno, tipo de suelos, clima, etc. Cuando se trata de usuarios individuales o un conjunto pequeño de usuarios, lo mejor es analizar todas las posibilidades existentes para tratar las aguas residuales utilizando la capacidad de absorción del suelo (Figura 1-6). Este método se ha comprobado que es muy eficiente, económico y fácil de operar. Cuando el terreno no tiene buena capacidad de absorción, es posible hacer una adecuación de éste aún a bajo costo, más si se tienen en cuenta los costos elevados de operación de un sistema diferente.

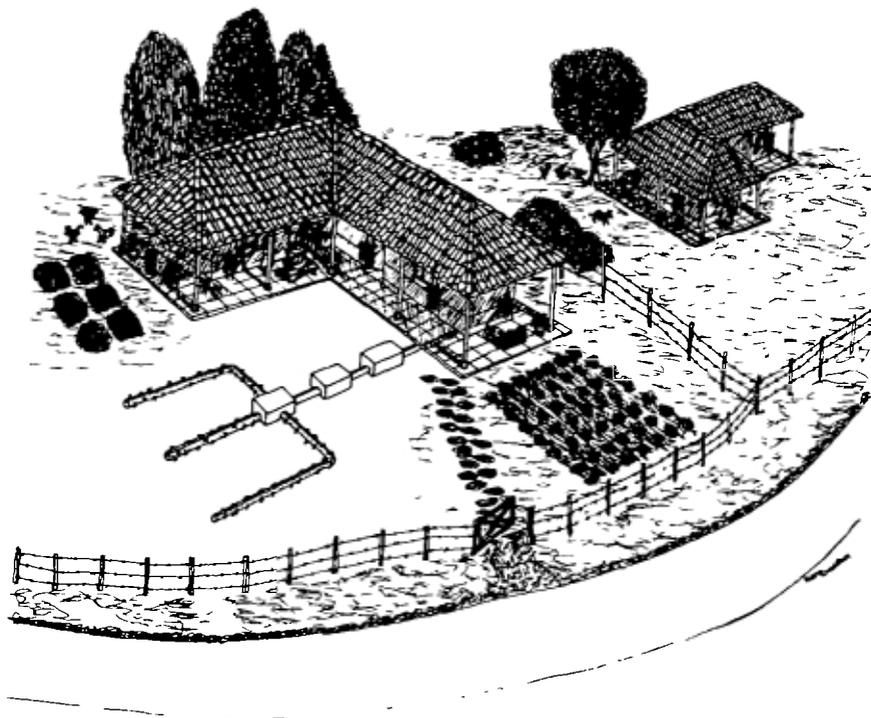


FIGURA 1-6. Sistema de tratamiento que utiliza la capacidad de absorción y asimilación del suelo para el manejo de las aguas residuales.

Una vez se han agotado todas las posibilidades de utilizar el subsuelo como medio de tratamiento, hay que optar por otros sistemas más complejos. En estos casos es muy importante definir cuál entidad se hará responsable de mantener y operar ese sistema.

Un esquema de los sistemas de tratamiento en el sitio de fácil operación y que utilizan principalmente el subsuelo como medio de tratamiento, se presenta en la Figura 1-7.

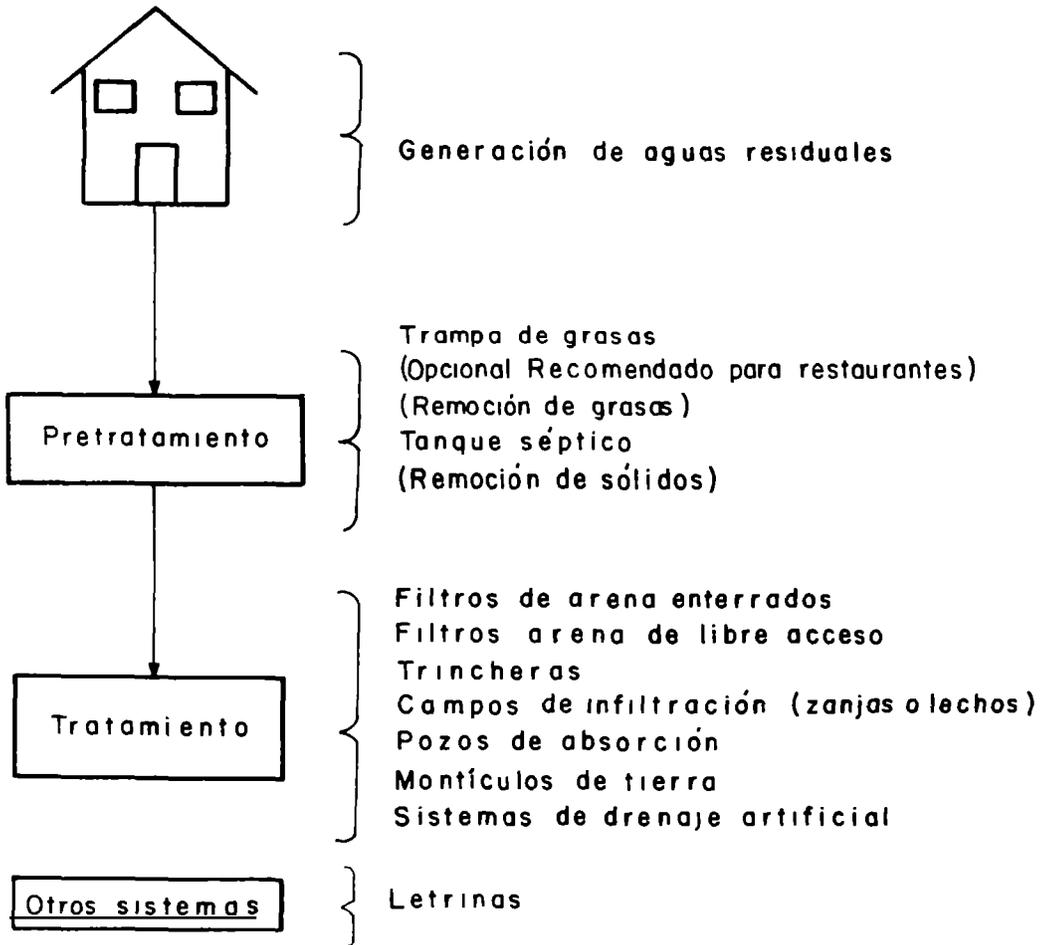


FIGURA 1-7. Esquema de sistemas de tratamiento en el sitio utilizando el subsuelo como medio de tratamiento.

1.2. Estrategias para la selección de tratamiento en el sitio

1.2.1. Evaluación preliminar de tratamientos

Cuando se va a implementar un sistema de tratamiento en el sitio, hay que evaluar una serie de aspectos con el fin de hacer una selección adecuada. Este aspecto es muy importante porque cada sitio tiene características muy especiales y no es posible implementar ningún sistema de tratamiento que utilice el subsuelo sin antes haberlo examinado cuidadosamente.

1.2.2. Cantidad y calidad de las aguas residuales

La cantidad de aguas residuales a tratar a corto y largo plazo definen el tamaño y aún el tipo de tratamiento a seleccionar. Esta cantidad es variable según se trate de viviendas ocupadas permanentemente o por temporadas. En el caso de escuelas, éstas no tienen flujos continuos, al menos los fines de semana o en épocas de vacaciones. Este tema será ampliado posteriormente.

1.2.3. Evaluación inicial del sitio

Una evaluación inicial del sitio permite obtener la siguiente información:

- Espacio disponible
- Tipo de suelo
- Topografía
- Clima

Aunque con esta información preliminar no es posible definir el sistema de tratamiento más óptimo, sí es posible hacer un descarte inicial de tratamientos.

1.2.4. Selección preliminar del sistema de tratamiento

Una vez se tenga información sobre la cantidad y calidad de aguas residuales y sobre las características del sitio, es posible hacer una selección preliminar del sistema de tratamiento utilizando la Tabla 1—1.

TABLA 1-1. Selección preliminar de un sistema de tratamiento en el sitio según condiciones del suelo

Método	RESTRICCIONES											
	Permeabilidad del suelo			Profundidad del estrato rocoso			Profundidad a nivel freático		Pendiente			Lote de tamaño pequeño
	Muy rápida	Rápida—moderada	Lenta—muy lenta	Poco profundo y poroso	Poco profundo y no poroso	Profundo	Poco profundo	Profundo	0-5%	5-15%	>15%	
Trincheras		X	X(1)			X		X	X	X	X	X
Campos de infiltración		X				X		X	X			X
Pozos de absorción		X				X		X	X	X	X	X
Montículos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Campos de infiltración o trincheras recubiertas con arena	X	X	X(1)			X		X	X	X(2)	X(2)	X(3)

(1) Construir solamente cuando el suelo esté seco.

(2) Trincheras únicamente

(3) Se sugiere reducción del flujo

TOMADO DE. Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems — Design Manual — EPA. 1980.

En esta tabla se presentan los requerimientos de diversos sistemas de tratamiento y su utilización se explica a continuación, mediante el Ejemplo 1-1.

Ejemplo 1-1: Selección preliminar de un sistema de tratamiento en el sitio.

Se tiene una vivienda unifamiliar con las siguientes características generales:

Permeabilidad del suelo de lenta a muy lenta.
Nivel freático o tabla de agua muy profunda.
Estrato rocoso muy profundo.
Pendiente del terreno de 5 a 150/o.
Tamaño del lote pequeño.

En este caso, según la Tabla 1-1, se ve que las trincheras, campos de infiltración y trincheras recubiertas con arena pueden ser aplicados.

1.2.5. Selección final del sistema de tratamiento

Una vez se tiene una lista potencial de tratamientos en el sitio habrá que entrar a hacer una evaluación más detallada de ellos para escoger el sistema más apropiado y el más económico. Para ello habrá que visitar de nuevo las áreas disponibles, analizar el tipo de suelos y la profundidad de los acuíferos.

El área disponible y su conformación ayudarán a inclinarse por uno de los posibles sistemas. Por ejemplo, si el área disponible no es mucha, serán preferibles las trincheras o filtros de arena a los campos de infiltración.

Posteriormente habrá que evaluar la cantidad de aguas residuales a tratar. Si hay restricciones de área habrá que evaluar las posibilidades de disminuir la cantidad generada de aguas residuales o en último caso tratar sólo las aguas más contaminadas, como por ejemplo las provenientes de orinales y sanitarios.

Procedimientos para evaluar la generación de aguas residuales o reducir su volumen serán discutidos posteriormente. Simultáneamente habrá que hacer un análisis sobre el tipo de suelos que se tienen. La capacidad de absorción, textura, etc. del suelo serán definitivos para la selección final.

Si se comprueba que los suelos tienen baja capacidad de absorción habrá que evaluar el costo de adecuación del terreno, posibilidad de descargar a una corriente de agua u otros sistemas más sofisticados.

1.2.6. Diseño

Una vez se ha definido el sistema del tratamiento, habrá que realizar el diseño. Las normas y criterios generales de diseño se discutirán posteriormente.

BIBLIOGRAFIA

1. *Ministere del environnement. Cahiers Techniques de la Direction de la Prèvention des Pollutions. Assainissement Individuel. Francia, 1981, p. 14.*
2. *Otis, Richard J. Onsite Wastewater Facilities for Small Comunities and Subdivisions. Ann Arbor, Michigan, 1976.*

CAPITULO 2

PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACION DEL SITIO DE TRATAMIENTO

2.1. Opciones para el tratamiento de aguas residuales en el suelo

2.1.1. Tratamiento y disposición de aguas residuales en el suelo

En general, las instalaciones diseñadas para descargar desechos parcialmente tratados al suelo y proseguir un tratamiento, son las más económicas y sencillas de operar; esto se debe a que muy poco pretratamiento es requerido antes de la aplicación al suelo. Por otra parte, el suelo tiene una gran capacidad de transformar y reciclar la gran mayoría de contaminantes presentes en las aguas residuales.

El suelo es un arreglo complejo de partículas orgánicas y minerales primarios y secundarios que difieren en composición y tamaño. Los poros o vacíos entre las partículas transportan y retienen aire y agua, o sea que sus características son muy importantes puesto que es a través de ellos que el agua residual pasa, es absorbida y tratada.

El suelo es capaz de tratar materiales orgánicos, sustancias inorgánicas y organismos patógenos de las aguas residuales, al actuar como filtro, intercambiador, absorbente y poseer superficie en la cual pueden ocurrir muchos procesos físicos, químicos y bioquímicos. La interacción de todos estos procesos físicos, a medida que el agua residual pasa a través del suelo, produce un agua de aceptable calidad para ser descargada en el subsuelo.

El atrapamiento físico del material particulado presente en las aguas residuales se cree es la principal causa del tratamiento ejercido por el suelo. Este proceso se efectúa mejor cuando el suelo no está saturado y a la inversa, si el suelo está muy saturado el agua residual pasa por los poros recibiendo un tratamiento mínimo.

Las partículas coloidales del suelo, por lo general, están cargadas negativamente y pueden atraer partículas de carga opuesta. Es así como se pueden adsorber bacterias, virus, nitrógeno, fósforo, etc. La retención de virus y bacterias permite un tiempo para que éstos mueran o sean destruidos por otros procesos como predación por otros microorganismos del suelo. Cuando hay condiciones aeróbicas, las bacterias pueden oxidar el amonio a nitritos y luego a nitratos, los cuales son solubles y se infiltran en el agua subterránea

Por su parte, el fósforo es adsorbido por los coloides del suelo y a medida que aumenta su concentración con el tiempo, se precipita unido a compuestos de hierro, aluminio, calcio, etc., que se encuentran naturalmente en el suelo. Esto quiere decir que el movimiento del fósforo a través del suelo es muy lento.

Muchos estudios han demostrado que entre 0,6 y 1,2 m de profundidad de suelo no saturado, son suficientes para remover bacterias y virus a un nivel aceptable y fijar casi todo el fósforo. Sin embargo, la profundidad requerida dependerá de la permeabilidad del suelo.

2.1.2. Tratamiento y disposición de las aguas residuales por evaporación

Las aguas residuales pueden ser devueltas al ciclo hidrológico por medio de la evaporación. Este método puede ser utilizado sólo donde las condiciones climáticas sean apropiadas y cuando las características del suelo o profundidad de los acuíferos no permitan un tratamiento en el terreno.

Para que la evaporación ocurra continuamente deben existir tres condiciones: abastecimiento continuo de calor, la presión de vapor en la atmósfera debe ser menor que la presión de vapor en la superficie de evaporación y por último abastecimiento continuo de agua. Como se puede observar, los dos primeros factores dependen del clima del lugar como temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar y el tercero puede ser controlado por diseño. En resumen, el proceso de evaporación sólo es aplicable en áreas en donde la evaporación exceda las tasas de precipitación.

2.1.3. Tratamiento y disposición de aguas residuales en las aguas superficiales

Toda corriente de agua tiene una capacidad asimilativa de aguas residuales que depende del caudal, velocidad, aireación, etc. Esta capacidad asimilativa puede ser utilizada en algunos casos para disponer de volúmenes pequeños de aguas residuales. La entidad que maneje el recurso hídrico será la encargada de decidir si se permite una descarga de agua residual a una corriente de agua, según las capacidades de asimilación y usos del agua.

2.2. Inspección visual del terreno

La inspección visual del terreno da una visión clara de un sitio potencial para tratar las aguas residuales por medio de su absorción en el terreno. Para tener una visual del sitio potencial para tratamiento hay

que ubicar depresiones, barrancos, pendientes, rocas y otros accidentes topográficos. Los tipos de vegetación pueden ser indicadores de la humedad y espesor del terreno. Igualmente, hay que notar la ubicación de pozos de agua, límites o linderos, edificaciones, etc.

A partir de la inspección visual se puede hacer un esquema a mano alzada sobre localización de viviendas, dimensiones del terreno, líneas de drenaje, pozos de agua, etc., como se indica en la Figura 2-1.

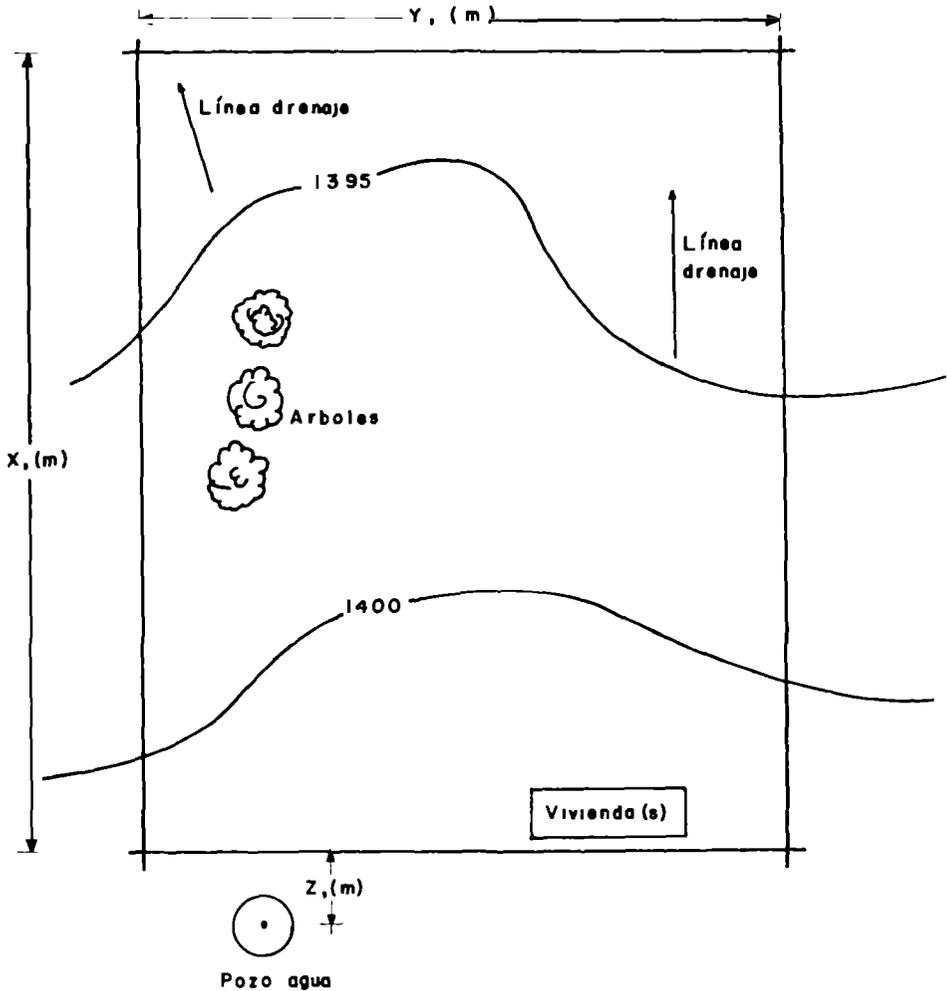


FIGURA 2-1. Esquema que puede ser realizado a mano alzada después de una inspección visual de un sitio potencial para tratamiento de aguas residuales.

2.3. Información de campo para tratamientos en el sitio

2.3.1. Información existente

Una vez se ha identificado el posible sitio para tratamiento de aguas residuales de una vivienda, grupo de viviendas, centro comercial, etc., habrá que indagar si existe información acerca de los suelos, topografía, geología, etc. En caso de no existir habrá que proceder a obtenerla por medio de mediciones de campo, según se tratará en los numerales posteriores.

2.3.2. Pendientes

Las pendientes del terreno son muy importantes para poder prevenir problemas de drenaje. Por ejemplo, una pendiente cóncava hace converger las aguas residuales, mientras que una pendiente convexa las puede dispersar (Figura 2-2).

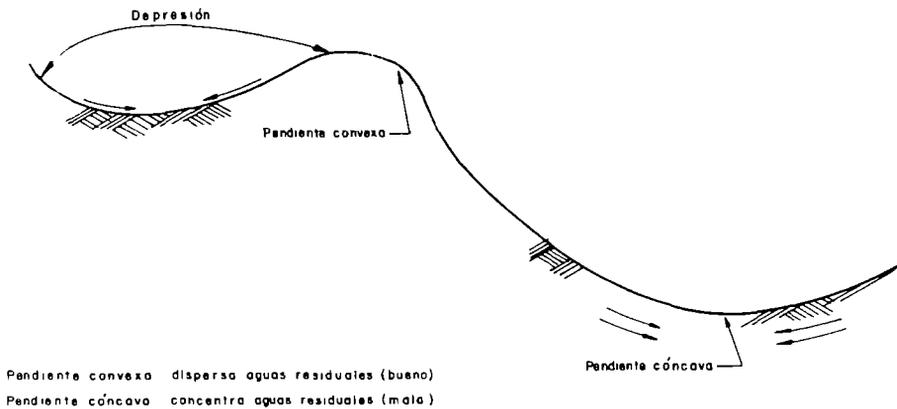


FIGURA 2-2. Distintas formas que puede presentar la pendiente de un terreno.

Cuando no se dispone de un levantamiento topográfico, es posible hacer mediciones de pendiente con niveles de mano y una cinta de medición. Un promotor de saneamiento puede colaborar con esta medición.

Las pendientes del terreno pueden ser medidas como porcentaje o pendiente, según se indica en la Figura 2-3.

$$\text{Pendiente (\%)} = \frac{6}{30} = 0.2 = 20\%$$

$$\text{Pendiente} = \frac{6}{30} = \frac{1}{5} = 1:5$$

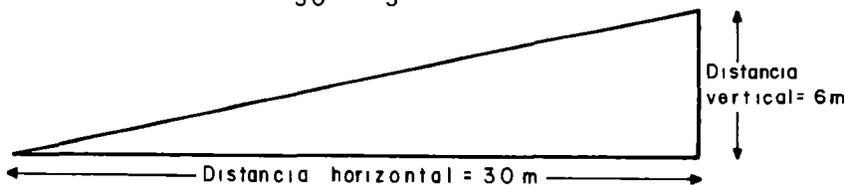


FIGURA 2-3. Formas de representar la pendiente de un terreno.

CAPITULO 3

CARACTERISTICAS Y ENSAYOS EN EL SUELO

La observación y evaluación de las características del suelo son muy importantes cuando éste se va a utilizar como medio para el tratamiento de las aguas residuales. Es posible que las características del suelo impidan un tratamiento en el sitio y haya que acudir a soluciones más costosas.

Los aspectos más importantes para evaluar las características del suelo se discutirán en los siguientes numerales.

3.1. Perforaciones

Las características de un suelo pueden ser determinadas a partir de perforaciones hechas manualmente o con algún equipo. Con estas perforaciones será posible determinar los diferentes estratos y tipos de suelos.

Las perforaciones hay que hacerlas en el perímetro del área donde se construirán los sistemas de absorción como campos de infiltración, trincheras, filtros de arena, etc. No es muy aconsejable hacer estas perforaciones dentro del perímetro o sea donde se construirán los sistemas de tratamiento porque las perforaciones pueden asentarse y alterar los futuros sistemas de distribución. Se recomienda, además, hacer varias perforaciones para obtener una representatividad del suelo. Estas perforaciones deben ser de una profundidad tal que permita observar los diferentes estratos del suelo.

3.2. Textura del suelo

La textura es quizás la propiedad física más importante del suelo porque está ligada al tamaño, distribución del tamaño y continuidad de los poros.

La textura del suelo es determinada en el campo pasando y aplastando entre los dedos pulgar e índice una muestra húmeda del terreno. La textura puede ser:

- a. Aspera: Cuando el suelo está compuesto principalmente por arenas.
- b. Sedosa: Cuando el suelo está compuesto principalmente por limos y tierras arcillosas ligeras.

c. Pegajosa: Cuando el suelo está compuesto principalmente por arcillas.

Después de analizar varias muestras se adquiere experiencia en la identificación de la textura del suelo sin necesidad de acudir a análisis de laboratorio con los consabidos ahorros.

Para hacer el ensayo de textura se debe humedecer una muestra del suelo de forma redondeada con un diámetro entre 1 a 3 cm. La humedad debe ser tal que la consistencia sea como de masilla.

Si la muestra se humedece mucho el material será muy pegajoso y difícil de trabajar. Una vez la muestra esté húmeda, se debe empezar a aplastar y a pasar entre los dedos de manera que se vaya formando una cinta (Figura 3-1).

En la Tabla 3-1 y Figura 3-2 se describen las apariencias y sensaciones de diferentes texturas de suelo desde un punto de vista muy general.

TABLA 3-1. Propiedad de la textura de suelos minerales

TEXTURA	APARIENCIA Y SENSACION	
	SUELO SECO	SUELO HUMEDO
Arenosa	Suelta, granos simples que se sienten ásperos. Cuando se aprieta el suelo entre los dedos la masa se desintegra.	Cuando se comprime entre los dedos forma una bola que se rompe cuando se toca. No forma cinta cuando se pasa entre el dedo pulgar e índice.
Franco arenosa (Suelos con predominio de arena)	Se rompe fácilmente. Inicialmente la textura aparece suave, pero a medida que se frota empieza a dominar una sensación arenosa.	Forma una masa que permite un manipuleo cuidadoso sin romperse. No forma una cinta cuando se frota entre los dedos pulgar e índice.

Continúa

TABLA 3-1 (Continuación)

<p>Franca (Suelos con características de arena, limo y arcilla)</p>	<p>Los agregados se rompen bajo presión moderada. Los terrones pueden ser firmes. Cuando se pulveriza, el suelo franco presenta al tacto una sensación como de terciopelo, que se torna arenosa a medida que se frota. El suelo franco cuando se moldea resiste un manipuleo cuidadoso.</p>	<p>Un molde o bola de suelo franco puede ser manipulado suavemente sin que se desintegre. Hay una ligera tendencia a formar cinta cuando se frota entre el pulgar y el índice. La superficie que se frota es áspera.</p>
<p>Franco limosa (Suelo con predominio de limo)</p>	<p>Los agregados son muy firmes pero se pueden romper bajo presión moderada. Los terrones son firmes a duros. Cuando el suelo es pulverizado la sensación al tacto es parecida a la de la harina</p>	<p>Un molde de suelo franco limoso puede ser manipulado sin que se rompa. Tendencia a formar cinta entre el pulgar y el índice. La superficie, cuando se frota, tiene una apariencia rizada</p>
<p>Franco arcillosa (Suelo con predominio de arcilla)</p>	<p>Agregados muy firmes y duros, muy resistentes a dejarse romper con la mano. Cuando se pulveriza, el suelo presenta una sensación áspera al tacto, debida a los pequeños agregados que persisten.</p>	<p>Un molde de este suelo resiste mucho manipuleo sin quebrarse. Cuando se frota entre el pulgar y el índice forma una cinta cuya superficie se siente algo áspera. El suelo es plástico y pegajoso.</p>
<p>Arcillosa</p>	<p>Agregados muy duros, moldes o bolas del material extremadamente duros y muy resistentes a dejarse romper con la mano. Cuando se pulveriza, muestra una textura aparentemente arenosa, debido a que pueden persistir pequeños agregados</p>	<p>Un molde o bola de este material resiste considerablemente el manipuleo sin romperse. Forma una cinta flexible cuando se frota entre el índice y el pulgar y retiene su plasticidad cuando se suprime el esfuerzo. La superficie muestra una sensación de satín, muy suave, cuando se le frota. Pegajoso cuando está húmedo.</p>



a) Humedecimiento de la muestra



b) Moldeo



c) Formación cinta

FIGURA 3-1. Preparación del suelo para un ensayo de textura.

Muestra seca



Arenas – Consistencia suelta



Limos – Consistencia moderadamente dura a dura



Arcillas – Consistencia dura a muy dura

Muestra húmeda



No forma cinta



Casi no forma cinta



Forma cinta

FIGURA 3-2. Determinación de la textura de un suelo con la mano. Apariencia de varias texturas.

Cuando se haga la perforación y se haya determinado la textura del suelo se deben marcar las diferentes capas y medir sus espesores. Con esta información se puede hacer un esquema como el de la Tabla 3—2.

TABLA 3—2. Manera de presentar gráficamente la textura, estructura y color del suelo a partir de observaciones en una perforación del suelo

Prof. (m)	Textura	Estructura	Color	Otros
0,0	Franco limosa	Granular	Pardo (Café)	
		Laminar		
1,0	Arcillo limosa		Pardo a pardo amarillento	
2,0	Arcillosa	Blocosa		
3,0	Arcillo arenosa	Laminar		
4,0				

3.3. Estructura del suelo

La estructura del suelo tiene una influencia significativa en la aceptación, transmisión y tratamiento de las aguas residuales. Esta estructura se refiere principalmente a la agregación de partículas de suelo en grupos o agregados, los cuales son separados por hendidias o superficies de debilidad. Los poros formados entre los agregados, pueden modificar la influencia de la textura en el movimiento de agua en el suelo. En suelos con muchos poros, es más rápido el movimiento del agua que en suelos sin estructura compactos o masivos. Estos últimos suelos tienen bajas tasas de percolación. La estructura del suelo se sintetiza en la Tabla 3—3.

TABLA 3-3. Grados de la estructura del suelo

GRADO	CARACTERISTICAS
Sin estructura (No plástico si es arena, plástica si es masivo).	No se observa agregación.
Débil	Pobrementemente formada y difícil de ver. Cuando se manipula no retiene su forma.
Moderado	Los agregados son bien definidos. Moderadamente durable cuando se manipula.
Fuerte	Agregados bien definidos. Muy durable cuando se manipula.

3.4. Color del suelo

Aunque el color no es una propiedad importante por sí misma, es una indicación de otras propiedades más importantes. Por ejemplo: Matices amarillos y rojos indican que un suelo ha sufrido una severa meteorización, ya que esos colores se deben a los óxidos de hierro que se han formado. Un color oscuro a negro o pardo (café) oscuro es a menudo una indicación de presencia de materia orgánica. Si durante una excavación se encuentra un cambio de color, es con frecuencia una indicación de que se ha descubierto un estrato diferente de suelo con propiedades diferentes. El color es usualmente la propiedad del suelo que más fácilmente emplea el que no tiene experiencia en mecánica de suelos para identificarlo; sin embargo, un método práctico para enseñarle a las personas cómo distinguir los suelos, es por el color. Los colores del suelo se describen visualmente con la ayuda de las cartas de colores.

3.5. Conductividad hidráulica

La conductividad hidráulica es el principal parámetro para determinar qué tan bien un suelo puede absorber y percolar las aguas residuales. Esta capacidad del suelo o conductividad hidráulica se mide a partir de un ensayo de percolación que se describe en el numeral 3.6. Aunque los ensayos de percolación han sido muy criticados por su variabilidad y falta de precisión, son prácticamente la única manera sencilla y económica de calcular la conductividad hidráulica.

Sobre la permeabilidad y percolación de los suelos se seguirán dando cifras y rangos recomendados para los diferentes sistemas de tratamiento que utilizan el suelo, pero de una manera general se presentan en la Tabla 3-4.

TABLA 3-4. Características hidráulicas del suelo

Textura del suelo	Permeabilidad cm/hora	Percolación min/2,5 cm	Observación
Arena	> 15	< 10 (1)	Muy permeables para tratar aguas residuales.
— Franco arenosa — Franco limosa porosa — Franco arcillo limosa	0,5-15	10-45	Adecuados para tratar aguas residuales.
Arcillosa compacta Franco limosa Franco arcillo limosa	< 0,5	> 45 (1)	Muy impermeables para tratar aguas residuales.

(1) Terrenos muy permeables o muy impermeables no son muy adecuados para tratamiento de aguas residuales que utilizan el suelo

3.6 Ensayo de percolación o prueba de filtración

En el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizando el terreno, el primer paso será determinar si el suelo es apropiado para la absorción y calcular el área requerida por el sistema de tratamiento seleccionado. El suelo deberá tener una velocidad de filtración aceptable, sin interferencias de agua freática o de estratos impermeables bajo el nivel del sistema de absorción. En general, la elevación del nivel freático deberá estar, cuando menos a 1,2 m bajo el fondo del sistema de absorción, pero se recomienda consultar las restricciones para cada sistema de tratamiento.

3.6.1. Exploraciones subterráneas

Será necesario hacer exploraciones subterráneas en una zona dada. En algunos casos, la observación de cortes en caminos, terrazas de ríos o excavaciones para edificios, darán información útil.

Los registros de pozos o de perforadores de pozos podrán ser usados también para obtener información acerca del nivel freático y de las condiciones del subsuelo. En algunas zonas, los estratos del subsuelo varían ampliamente en distancias cortas, y deberán verificarse sondeos en el sitio donde se colocará el sistema.

3.6.2. Procedimiento de la prueba

Mientras más poroso sea el suelo mayor efectividad se consigue en la infiltración del líquido; sin embargo, los terrenos formados por poros grandes son inefectivos como filtros de las partículas pequeñas y los formados por poros muy pequeños prácticamente son impermeables. A fin de determinar el área necesaria para los sistemas de tratamiento, se deberá hacer el siguiente ensayo:

- a. Se excavará un hoyo de 30 x 30 cm de lado y de la profundidad a la cual va a hacerse la excavación para el sistema de tratamiento (60 cm aproximadamente).
- b. Se llenará con agua saturándolo. La saturación deberá hacerse llenando con agua el pozo tantas veces sea necesario por espacio de una hora.
- c. Se dejará drenar el agua completamente e inmediatamente se volverá a llenar con agua limpia hasta una altura de 15 cm (6 pulgadas) y se anota el tiempo que tarda en bajar los primeros 2,5 cm (1 pulgada), para lo cual deberá disponerse de una regla graduada, o se podrá tomar un promedio del tiempo que duró en bajar 15 cm (Figura 3-3).

Por ejemplo, si durante 30 minutos el nivel del agua desciende 2 cm, la tasa de percolación será de $30 \text{ min}/2 \text{ cm} = 15 \text{ min/cm} = 37,5 \text{ min}/2,5 \text{ cm}$.

Esta tasa de percolación se expresa mucho en min/2,5 cm porque es equivalente a min/pulgada y muchas tablas y normas de diseño vienen expresadas en min/pulgada. Queda claro entonces que una tasa de percolación en min/2,5 cm es equivalente a una en min/pulgada.

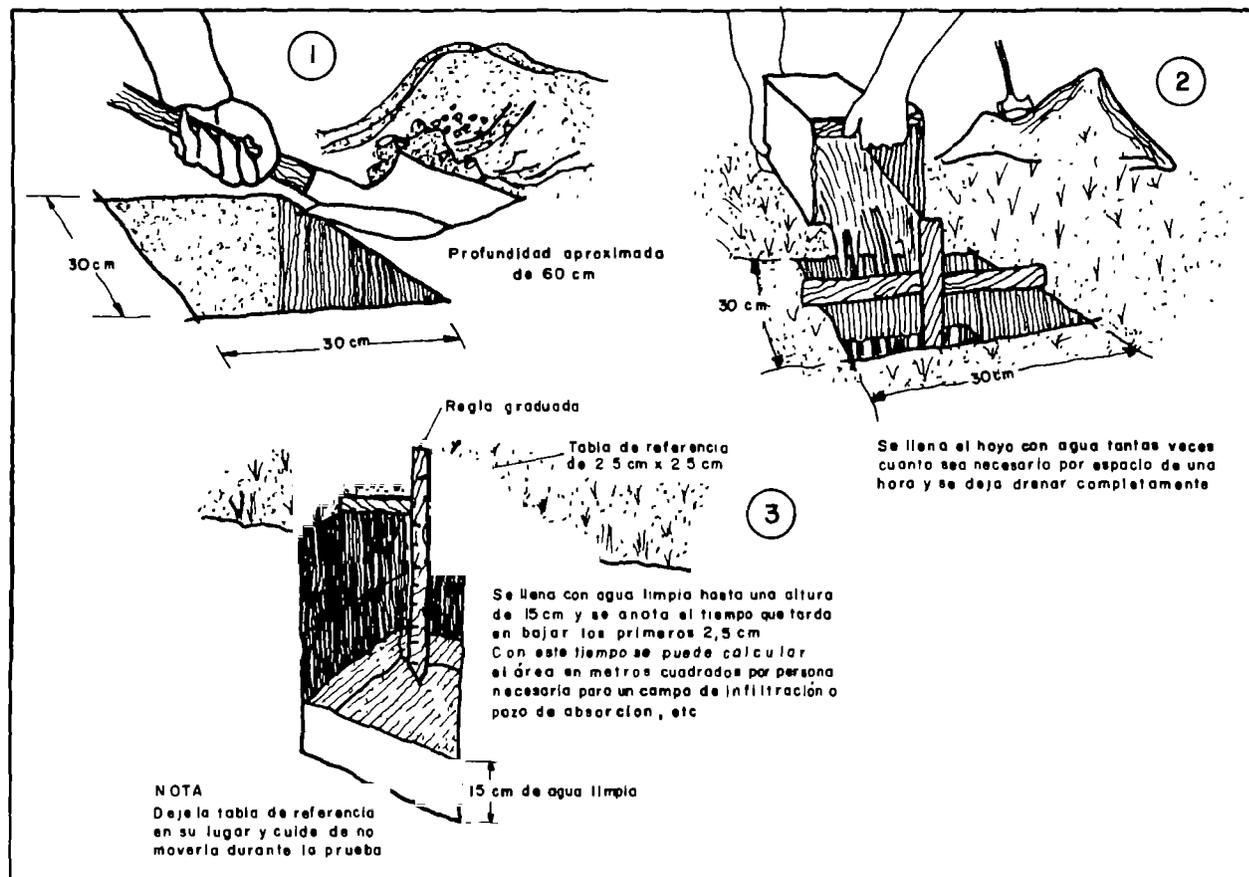


FIGURA 3-3. Ensayo de percolación.

- d. Las tasas de filtración encontradas serán utilizadas para el diseño de sistemas de tratamiento en el sitio, según se explicará en los capítulos posteriores.

Las posibilidades del terreno, según las tasas de filtración encontradas a partir de un ensayo de percolación, se obtienen en la Tabla 3-5.

TABLA 3-5. Porosidades del terreno según las tasas de filtración

Tasa de filtración (tiempo requerido para que el agua baje 2,5 cm en minutos)	Porosidad del terreno Absorción del terreno	Tipo de suelo
1 o menos 2 3	Absorción rápida	Arena gruesa o grava
4 5	Absorción media	Arena fina Franco arenoso
10 15 30 (a)	Absorción lenta	Franco arcilloso
45 50 60 (b)	Terreno semipermeable	Arcilla compacta

(a) Inapropiado para pozos de absorción si sobrepasa de 30 min/2,5 cm.

(b) Terreno inapropiado para tratamientos que utilicen el suelo como medio de absorción, cuando la tasa de filtración es mayor de 60 min/2,5 cm

3.7. Tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad

Muchos sistemas elementales de tratamiento utilizan el suelo o combinación de éstos como medio de purificación de las aguas residuales. Cuando se utilizan medios filtrantes como la arena, es necesario definir el tamaño de ésta en función de parámetros como el tamaño efectivo y el coeficiente de uniformidad. La definición de estos parámetros se hace a continuación.

3.7.1. Tamaño efectivo

Se define el tamaño efectivo de las partículas o granos de un suelo como el tamaño correspondiente al 10% en una curva granulométrica y se designa por D_{10} .

Una curva granulométrica (Figura 3-4), se hace a partir del tamizado del suelo en estudio en tamices de diferentes aberturas. Los distintos tamaños de granos se dibujan en escala logarítmica en las abscisas y los porcentajes en peso de los granos del suelo más finos que un tamaño determinado, en escala natural en las ordenadas.

Por ejemplo, en la Figura 3-4, el tamaño efectivo (D_{10}) para la muestra analizada es de 3×10^{-2} cm.

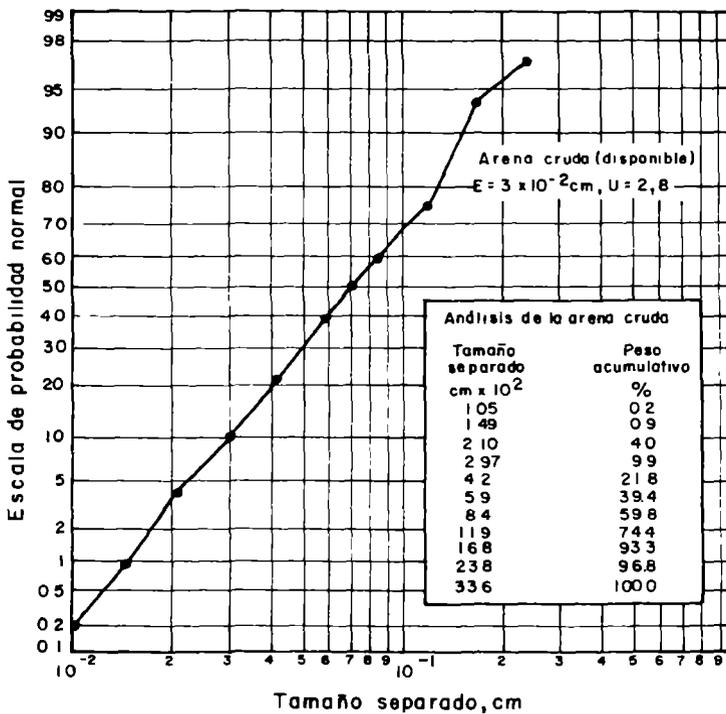


FIGURA 3-4. Distribución del tamaño de granos de una arena cruda y tamaño requerido de una arena para filtros.

3.7.2. Coeficiente de uniformidad

La uniformidad de un suelo se puede definir estadísticamente en función del coeficiente de uniformidad CU, el cual es la relación entre D_{60} y D_{10} en una curva granulométrica.

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Por ejemplo, para un suelo con una curva granulométrica como la de la Figura 3-4, el CU es de $8,5 \times 10^{-2} / 3 \times 10^{-2} = 2,8$.

Los suelos que tienen CU mayor que 6 están bien graduados, siempre que la curva granulométrica sea suave y bastante simétrica.

Los parámetros tamaño efectivo (D_{10}) y coeficiente de uniformidad (CU), serán utilizados para especificar medios filtrantes en algunos sistemas de tratamiento.

BIBLIOGRAFIA

1. Secretaría de Salud y Asistencia de México. Manual de Saneamiento. Agua. Vivienda y Desechos. Dirección de Ingeniería Sanitaria. Méjico, Editorial Limusa, 1978.
2. Gordon F., Geyer J. y Okun D. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Editorial Limusa, 1971.
3. EPA. Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems Design Manual. Washington, 1980.
4. Sowers, George B. y Sowers, George F. Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Limusa. México, 1978

CAPITULO 4

CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

4.1. Flujos de aguas residuales domésticas

Un conocimiento de la cantidad de aguas residuales generadas por las diferentes actividades diarias es indispensable para poder dimensionar los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Los flujos de aguas residuales están en relación directa con el consumo de agua, el cual es muy variable según la disponibilidad, forma de suministro, calidad, clima, etc.

En Colombia se pueden presentar variaciones significativas en las diferentes regiones por los factores mencionados. Para dar una idea de las variaciones en los consumos de agua se dan varios estimativos a continuación. A partir de estas cifras se puede estimar el flujo de aguas residuales (Tabla 4-1).

TABLA 4-1. Consumos de agua

— Consumo mínimo necesario para el sostenimiento de la vida. Estos consumos se dan cuando hay que acarrear el agua desde distancias mayores de 1,5 km(1)	5 l/hab/día
— Consumo de agua en viviendas cuando se tiene una pila o pozo en la casa o patio de la casa (1).	25 l/hab/día
— Consumos de agua en zonas rurales con cierta infraestructura comunal para el suministro (2).	
Mínimo	70 l/hab/día
Máximo	190 l/hab/día
— Consumos de agua en zonas urbanas cuando se dispone de una pila pública (2).	
Mínimo	25 l/hab/día
Máximo	50 l/hab/día
— Consumos de agua en zonas urbanas cuando se dispone de una conexión domiciliar (2).	
Mínimo	160 l/hab/día
Máximo	380 l/hab/día

(1) Village Water Supply — A World Bank Paper — Washington, 1976

(2) Saunders, Robert J y Warford, Jeremy J Agua para zonas rurales y poblados Banco Mundial, 1977

Los consumos en un día para las principales necesidades básicas de una persona se presentan en la Tabla 4-2.

TABLA 4-2. Consumos básicos de agua en litros por persona por día

Consumo por ducha por persona	60 l/ducha
Consumo por sanitario	20 l/uso
Preparación alimentos/familias de 5 personas	10 l/comida
Lavado semanal de ropas	150 l/lavada
Lavado diario de manos	2 l/lavada
Lavado diario de pisos	20 l/lavada
Regado semanal de jardín	100 l/regada
Lavado semanal de carros con balde	100 l/lavada

FUENTE: Estrada Echeverri, Alejandro A. El agua, un don natural. Medellín, 1986.

Los consumos totales de agua para una vivienda de cinco personas se resumen en la Tabla 4-3.

4.2. Calidad de las aguas residuales domésticas

La calidad de las aguas residuales domésticas ha sido determinada en diferentes regiones de Colombia, con resultados muy similares. Estas mediciones se han hecho en las grandes ciudades, para diferentes estratos socioeconómicos, sin existir variaciones significativas. Una caracterización promedia de las aguas residuales de Medellín se presenta en la Tabla 4-4.

La información anterior se da como ilustración y referencia y en ningún caso se debe interpretar como una recomendación a caracterizar las aguas residuales de una vivienda o conjunto de viviendas, si se le va a construir un sistema elemental de tratamiento de aguas residuales. Se sobreentende que los sistemas de tratamiento que se van a explicar posteriormente funcionan correctamente con aguas residuales domésticas.

En caso de quererse diseñar y construir uno de los sistemas de tratamiento elemental a explicar, para tratar aguas residuales no domésticas, como por ejemplo, queseras, restaurantes, lecherías, industrias case-ras, etc., sí es recomendable hacer un análisis de las aguas residuales para saber qué tanta es su variación con respecto a las aguas residuales domésticas y poder hacer los ajustes en los parámetros de diseño.

TABLA 4-3. Consumos de agua para una vivienda de cinco personas

ACTIVIDAD	Litros/día
Consumo por ducha: 5 hab x 60 l/hab/ducha	300
Cuatro usos sanitarios: 4 x 5 hab x 20 l/hab/uso	400
Preparación 3 comidas: 3 x 10 l/comida familiar	30
Lavada de ropas: 2 lavadas x 150 l/lavada semanal	43
Lavada de manos: 2 lavadas x 5 hab x 2 l/hab/lavada	20
Lavada de pisos: 1 lavada x 20 l/lavada diaria	20
Riego jardín. 1 riego x 100 l/regada semanal	15
Lavada de carro: 1 lavada x 100 l/lavada semanal	15
TOTAL	843
Consumo promedio por persona = $843/5$ l/hab/día	168

FUENTE Estrada Echeverry, Alejandro A El agua, un don natural Medellín, 1986

TABLA 4-4. Características de las aguas residuales de Medellín

Parámetro	MEDICION	
	mg/l	g/hab/día
DBO ₅	202,3	45,0
DQO	396,3	90,8
Sólidos totales	463,4	105,0
Sólidos suspendidos	215,2	43,2
Sólidos suspendidos volátiles	150,3	30,9
Nitrógeno total	21,3	4,8
Fósforo total (P)	8,1	1,4
Detergentes A.B.S.	1,7	0,32
Temperatura	23,1°C	
pH	7,0	

FUENTE Empresas Públicas de Medellín, 1981 Caracterización de las aguas residuales domésticas de Medellín

4.3. Flujos y calidad de aguas residuales no domésticas

Existe una serie de actividades no domésticas y susceptibles de tener sistemas elementales de tratamiento en el sitio similares a las que se usan a nivel doméstico. En muchos de estos casos las características del agua

residual son similares a las generadas por una residencia y sólo es necesario tener en cuenta los flujos o caudales para el dimensionamiento de las estructuras. Los caudales de algunas actividades no domésticas o no residenciales se presentan en la Tabla 4-5.

TABLA 4-5. Caudales de aguas residuales de actividades no residenciales

Actividad	Flujo agua residual	Composición similar agua residual doméstica
Escuela (sin cafeterías, duchas, gimnasios)	50 l/alumno/día	Sí
Hoteles	95 l/huésped/día	Sí
Campamentos	30 l/huésped/día (sólo sanitario)	Sí
Restaurantes	25 l/comida servida/día	Sí
Inspección de policía	100-250 l/pers/día	Sí
Centro Salud	100-400 l/pers/día	
Estación de servicio gasolina	10- 30 l/carro/día	

FUENTES Empresas Públicas de Medellín Tanques sépticos Revista Empresas Públicas de Medellín Vol 4 No 2 Abril/junio, 1982

U S Department of Health, Education, and Welfare Manual of Individual Water Supply Systems Washington, 1967, p 16

4.4. Ahorro de agua

Las medidas de conservación de agua son muy importantes para no sobrecargar hidráulicamente los sistemas de tratamiento. Los principales ahorros de agua se pueden obtener en duchas, lavaderos y lavamanos. Aunque existen dispositivos para desestimular altos consumos, lo mejor es tener conciencia de las ventajas del ahorro de agua.

BIBLIOGRAFIA

1. Estrada E , Alejandro A El agua, un don natural. Medellín, 1986. p. 14.
- 2 U S Department of Health, Manual of Individual Water Supply Systems Education, and Welfare. Washington, 1964 p 16
3. Saunders, Robert J. y Warford, Jeremy J. Agua para zonas rurales y poblados. Banco Mundial
4. World Bank Village Water Supply A World Bank Paper. Washington, D. C., 1976, p 33

CAPITULO 5

TANQUE SEPTICO (1)

El tanque séptico es el sistema de pretratamiento en el sitio más universalmente usado. Para dar sólo una idea de la acogida que tiene este sistema, se estima que alrededor de un 25% de las viviendas nuevas que se construyen en los Estados Unidos, utilizan tanques sépticos como método de pretratamiento de las aguas residuales. Hay que aclarar que para que el tratamiento sea completo, después de un tanque séptico debe ir un sistema de tratamiento como filtros de arena, zanjas de infiltración, trincheras, etc., según se describe en los Capítulos 6 a 11 y 14.

5.1. Descripción

Un tanque séptico es un dispositivo en forma de cajón, enterrado y hermético, diseñado y construido para proveer las siguientes operaciones y procesos en el agua residual:

- Separar sólidos de la parte líquida.
- Proveer digestión limitada a la materia orgánica.
- Almacenar los sólidos separados o sedimentados.
- Permitir la descarga del líquido clarificador para posterior tratamiento y disposición.

Los sólidos sedimentados se acumulan en el fondo del tanque, mientras que una espuma liviana compuesta de grasas se levanta y se forma en la superficie. El líquido parcialmente clarificado sale por una tubería localizada por debajo de la capa de espumas para evitar que éstas salgan. En un tanque séptico se usan tuberías (codos, tees) para distribuir el flujo.

La parte sólida que se acumula en un tanque séptico debe de ser retirada cada que se note que éste se está llenando. Hay tanques que sólo necesitan una limpieza cada cinco años. El efluente líquido que sale del tanque se lleva por medio de tuberías enterradas al terreno circundante en donde se continúa el tratamiento por medio de un campo de infiltración, lechos de arena, trincheras, montículos, etc., como se verá posteriormente.

(1) El tema de tanques sépticos presentado aquí corresponde al material presentado en la Revista Empresas Públicas de Medellín, Vol. 4 No. 2, Abril/Junio, 1982

Debe quedar entonces claro que un tanque séptico constituye sólo un **sistema de pretratamiento**, en donde se remueven sólidos y los efluentes líquidos deben continuar a otro tratamiento.

5.2. Procesos que operan dentro del tanque séptico

5.2.1. Eliminación de sólidos

- Aguas residuales en reposo

Las aguas residuales al entrar al tanque séptico disminuirán su velocidad y permanecerán en reposo durante un período de 24 horas.

- Formación de lodos

Los sólidos más pesados se depositarán en el fondo formando una capa de lodos.

- Formación de natas

La mayoría de los sólidos ligeros, como las materias grasas, subirán a la superficie y formarán una capa de natas, mientras el efluente se llevará el resto de los sólidos al sistema final de evacuación.

5.2.2 Tratamiento biológico

El proceso que se desarrollará en el tanque séptico constituirá el "pretratamiento" de las aguas negras.

- Descomposición de aguas residuales

Las aguas residuales en el tanque séptico serán sometidas a descomposición por procesos naturales y bacteriológicos.

- Bacterias presentes

Las bacterias que estarán presentes pertenecen al grupo de bacterias anaeróbicas, porque se desarrollarán en ausencia de aire al ser el tanque un recipiente hermético, con el fondo, los muros y la tapa impermeables. Esta **descomposición de aguas residuales en condiciones anaeróbicas es llamada "séptica"**, de aquí el nombre del tanque.

— Formación de gases

Durante la descomposición se producirá, además de lodos y agua, gas que ascenderá constantemente en forma de burbujas a la superficie. Las burbujas arrastrarán o sembrarán el líquido que entra con organismos necesarios para la putrefacción. Esas partículas llegarán a la capa de natas, que se hará a su vez, espesa y pesada y se hundirá en parte bajo el nivel de agua.

— Escape de los gases formados

Los gases se escaparán por el tubo de entrada, el cual estará conectado a un sistema de ventilación en la casa y por el tubo de salida para ir a dar al subsuelo.

— Asentamiento de natas

Comúnmente se experimentará más descomposición en la capa de natas, y una porción se asentará nuevamente hacia el manto de lodos en el fondo. El asentamiento también será retrasado por la gasificación en el manto de lodos.

5.2.3. Almacenamiento de lodos y natas

El resultado más importante de la descomposición anaerobia, la cual afectará no sólo a los sólidos, sino también a la materia orgánica, disuelta o coloidal, que contienen las aguas residuales, será una considerable reducción en el volumen de los sedimentos, lo que permitirá que el tanque funcione por un período de uno a cuatro años o más, según las circunstancias, antes de que sea necesario limpiarlo. Deberá haber espacio en el tanque para almacenar los lodos y las natas durante este intervalo entre limpiezas, porque de otra forma podrían ser expulsados finalmente del tanque, y obstruirse el sistema de tratamiento posterior.

5.3. Localización del tanque séptico

5.3.1. Normas generales

- La localización se podrá hacer solamente después de haber efectuado un estudio completo de todos los sitios posibles.
- Deberá localizarse donde no provoque contaminación de algún pozo, manantial u otra fuente de abastecimiento de agua.
- Deberá localizarse aguas abajo de pozos y manantiales.

- No deberá localizarse en zonas pantanosas, ni áreas sujetas a inundaciones.
- Deberá localizarse en un sitio que permita desarrollar la pendiente especificada para las tuberías domiciliarias.
- La localización deberá ser tal que se pueda disponer de un terreno de suficiente extensión para el tratamiento del efluente.
- Deberá procurarse que la instalación se haga a nivel, con el fin de obtener un mínimo de excavaciones.
- Será muy conveniente localizarlo tan cerca como sea posible de los tratamientos posteriores (zanjas, filtros, trincheras, etc.).
- Deberá localizarse en un sitio que permita desarrollar la pendiente necesaria para los tratamientos posteriores, sin que las tuberías queden enterradas más de lo exigido.

5.3.2. Distancias mínimas

La localización del tanque séptico deberá cumplir con las distancias mínimas de la Tabla 5—1.

TABLA 5—1. Distancias mínimas para la localización del tanque séptico

Distancia entre el tanque séptico y diferentes elementos	Distancia horizontal (metros)
Nivel máximo de la superficie del agua de una represa o lago.	25,0
Corriente de río o arroyo	25,0
Pozo de agua o su tubería de succión	15,0
Tubería de abastecimiento de agua (a presión)	3,0
Una casa o sus dependencias	3,5
Límites de propiedad	3,0
Líneas divisorias de lotes	0,6
Piscina o charco	7,6

5.4. Número de compartimientos del tanque séptico

5.4.1. Tanque de un solo compartimiento

Un tanque de un solo compartimiento dará un servicio aceptable.

5.4.2. Tanque de dos compartimientos

Los datos de investigación disponibles indican que un tanque de dos compartimientos proporciona mejor eliminación de los sólidos en suspensión. Esto podrá ser valioso para la protección de los sistemas posteriores de tratamiento que utilizan el suelo como medio filtrante.

5.5. Capacidad del tanque séptico

La capacidad es una de las consideraciones más importantes en el diseño de un tanque séptico. Los estudios han probado que una capacidad liberal del pozo no sólo es importante desde el punto de vista de funcionamiento, sino que también resulta económica. Todas las partes constituyentes de un pozo séptico aparecen en la Figura 5-1.

5.5.1. Criterios de diseño

Los principales factores que deberán tenerse en cuenta al fijar la capacidad de un tanque séptico son:

- El caudal medio diario de aguas residuales, q .
- El tiempo de detención, t_d , que suele ser de 24 horas.
- El espacio necesario para la acumulación de lodos.

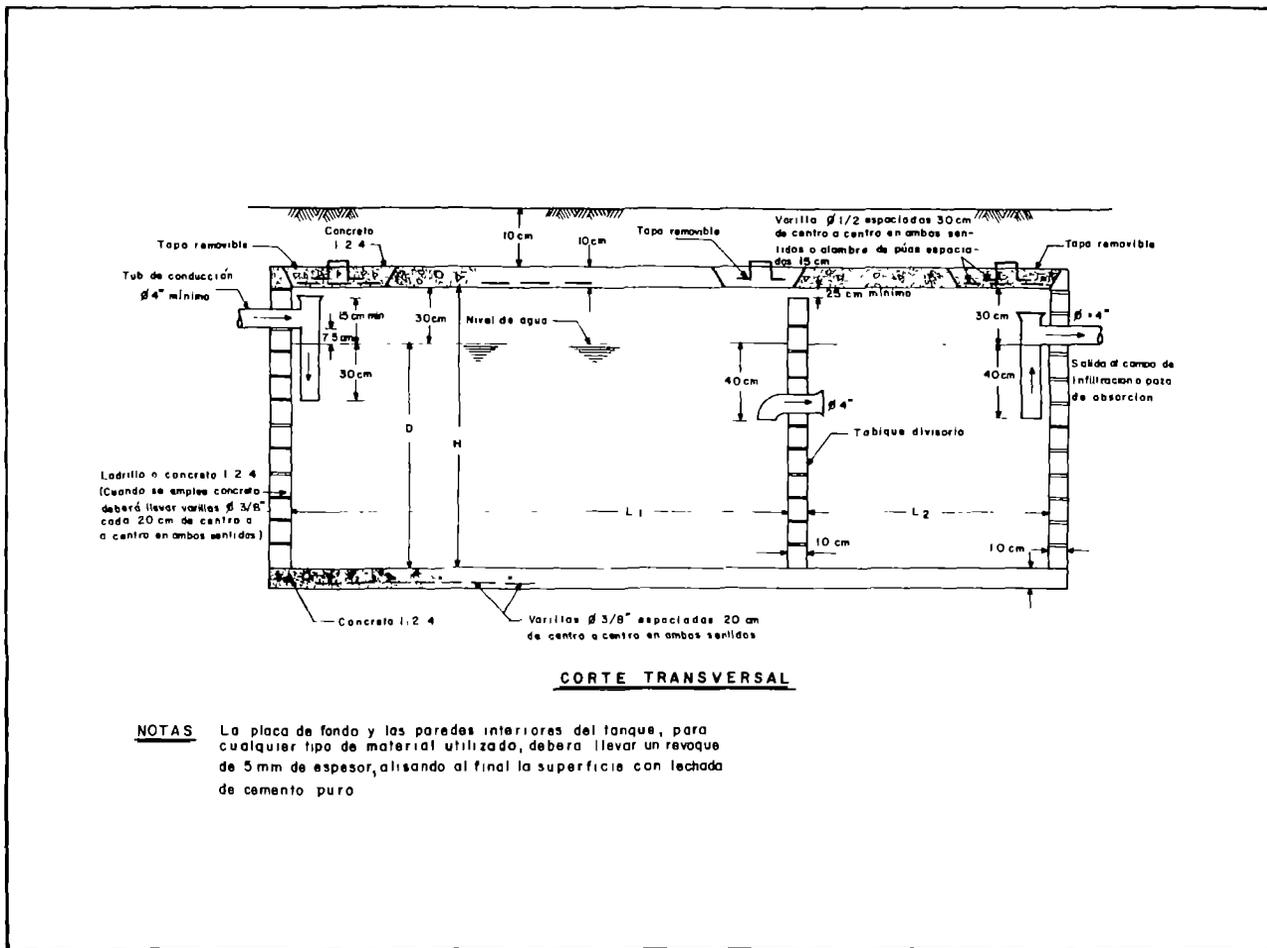
5.5.2. Caudal medio diario de aguas residuales, q

- Caudales recomendados

Los caudales de diseño pueden ser consultados en el Capítulo 4. Para condiciones tropicales, será razonable adoptar valores que oscilen de 150 a 250 l/hab/día.

- Caudales más comunes:

Para residencias	$q = 150$ l/hab/día
Para escuelas diurnas	$q = 50$ l/hab/día
Para hoteles y campamentos	$q = 95$ l/hab/día
Para restaurantes—estaderos	$q = 25$ l/comida/día



CORTE TRANSVERSAL

NOTAS La placa de fondo y las paredes interiores del tanque, para cualquier tipo de material utilizado, deberá llevar un revoque de 5 mm de espesor, alisando al final la superficie con lechada de cemento puro

5.5.3. Cálculo del caudal de aguas residuales, Q

El caudal total de aguas residuales, Q, se calculará según la ecuación:

$$Q = pq \text{ (l/día)}$$

donde:

p = Número de habitantes o comidas

q = 150 l/hab/día para residencias, 50 l/hab/día para escuelas diurnas, 95 l/hab/día para hoteles y campamentos y 25 l/comida/día para restaurantes—estaderos.

5.5.4. Cálculo de la capacidad útil del líquido del tanque, V

— Procedimiento

Para conocer el volumen útil o la capacidad del líquido del tanque, el procedimiento de cálculo será como sigue:

$$V = pqt_d$$

donde:

V = Volumen útil del tanque

p = Número de habitantes o comidas

q = Caudal de aguas residuales por persona o comida

t_d = Tiempo de detención (1 día)

5.5.5. Capacidad mínima

En un tanque de dos compartimentos, el primero de ellos deberá tener una capacidad al menos igual a la mitad o a los dos tercios del volumen total y nunca inferior a 1.500 litros.

5.5.6. Capacidad del líquido del tanque

La capacidad útil del tanque séptico para residencias aparece en la Tabla 5-2, columna 6.

TABLA 5-2. Capacidades requeridas para los tanques sépticos de residencias, escuelas, restaurantes, hoteles y campamentos

Tipo de Tanque Séptico	No. de personas				Capacidad líquida nominal del tanque (litros)	Dimensiones recomendadas					Capacidad total (litros)
	Residencias $q = 150 \text{ l/hab/día}$	Escuelas $q = 50 \text{ l/est/día}$	Restaurantes $q = 26 \text{ l/comida/día}$	Hoteles y Campamentos $q = 95 \text{ l/huésped/día}$		Ancho A (metros)	Largo (m)		Profundidad (m)		
							L ₁ Comp. 1	L ₂ Comp. 2	Líquida D	Total H	
A	hasta 10	hasta 30	hasta 60	hasta 15	1.500	0,7	1,3	0,6	1,2	1,5	2.000
B	11-15	31-45	61-90	16-24	2.250	0,9	1,3	0,7	1,3	1,6	2.880
C	16-20	46-60	91-120	25-32	3.000	1,0	1,5	0,8	1,4	1,7	3.910
D	21-25	61-75	121-150	33-40	3.750	1,1	1,6	0,8	1,5	1,8	4.750
E	26-30	76-90	151-180	41-47	4.500	1,2	1,7	0,8	1,6	1,9	5.700
F	31-35	91-105	181-210	48-55	5.250	1,3	1,8	0,9	1,7	2,0	7.000
G	36-40	106-240	211-240	56-63	6.000	1,3	1,9	1,0	1,8	2,1	7.920

Estas capacidades dejarán espacio suficiente para la acumulación de lodos durante un período de dos años o más, más un volumen adicional equivalente a la afluencia de aguas residuales en 24 horas.

Los cálculos para escuelas diurnas, hoteles y restaurantes—estaderos se harán de igual forma al procedimiento anteriormente descrito.

5.5.7. Capacidad para borde libre

Se requerirá capacidad, arriba del nivel del líquido, para proporcionar espacio a la porción de natas que flota encima del líquido y a la acumulación de gases. Aunque cabe esperar algunas variaciones, en promedio, cerca del 30% de las natas se acumularán arriba del nivel del líquido.

5.6. Dimensiones generales del tanque séptico

- Longitud del tanque

$$L_1 = \frac{2}{3} LT$$

- Profundidad del líquido

$$1,2 \text{ m} < \text{profundidad} < 2,0 \text{ m}$$

- Dimensiones del tanque

Las dimensiones recomendadas para el tanque se resumen en la Tabla 5-2.

Para el caso de residencias de una sola familia (máximo 10 personas) se podrá considerar el uso de tanque séptico prefabricado de asbesto—cemento.

5.7. Dispositivo de entrada

Una "Te" ventilada de entrada deberá proporcionarse para desviar el agua residual entrante hacia abajo.

El ramal inferior deberá penetrar en el tanque, como mínimo 7,5 cm arriba del nivel del líquido en el tanque, para permitir una elevación momentánea del nivel del líquido durante las descargas de agua al tanque. Este ramal se hará penetrar en la masa líquida unos 30 cm con el fin de que la capa de nata no obstruya la boca del tubo de entrada.

En ningún caso la penetración deberá ser mayor que la permitida para el dispositivo de salida.

El ramal superior permitirá la ventilación o salida de gases.

5.8. Dispositivo de salida

El dispositivo de salida retendrá las natas en el tanque, pero al mismo tiempo limitará la cantidad de lodo que puede acomodarse sin ser arrastrado, lo cual provocaría descarga de lodo en el efluente del pozo.

El dispositivo de salida será una "Te" ventilada cuyo ramal inferior empezará al mismo nivel del líquido y será importante que penetre lo suficiente, bajo el nivel del líquido para proporcionar un balance entre el volumen de almacenamiento de lodos y las natas; de otra forma, se perderá parte de la capacidad adicional dada.

5.9. Tabique divisorio

5.9.1. Función

El tabique divisorio tendrá por objeto darle al líquido que entra un mayor recorrido antes de que salga del tanque y, por consiguiente, más tiempo de sedimentación y de fermentación. Además, este tabique será necesario cuando el desnivel de la casa al tanque sea considerable, y el agua penetre con demasiada fuerza, pudiendo arrastrar los lodos al dispositivo de salida.

5.9.2. Funcionamiento

El funcionamiento del tanque será automático puesto que constituye un sistema de vasos comunicantes, y así cualquier volumen de agua que llegue al primer compartimiento, será expulsado inmediatamente por el tubo de salida del segundo compartimiento.

5.9.3. Tamaño del tabique

Altura del tabique = profundidad total - 2,5 cm como mínimo, de espacio libre bajo la cubierta del tanque, para el paso de gases de un compartimiento a otro

5.10. Construcción del tanque séptico

5.10.1. Asesoría en la construcción

Los tanques sépticos pertenecen a un tipo de obras que requieren para su realización la vigilancia directa de un tecnólogo, promotor de salud o al menos de un maestro de obras competente. Deberá dedicarse una especial atención al trabajo de construcción de los tanques, para asegurarse que sean herméticos.

5.10.2. Materiales utilizados

Los tanques se construirán de materiales no susceptibles de sufrir corrosiones o deterioros, tales como concreto, barro vitrificado, bloques pesados de concreto, ladrillo o asbesto—cemento (tanque prefabricado). No se deberá usar ladrillo o bloques de concreto, para los muros, cuando no se tenga la seguridad de impermeabilizar las juntas y el revestimiento.

5.10.3. Etapas de la construcción

La construcción se llevará a cabo en cuatro etapas.

- Se hará la excavación.
- Se vaciará la placa del fondo.
- Se colocarán los ladrillos o se vaciarán las paredes y el tabique divisorio, si se utiliza concreto.
- Se vaciarán la cubierta del tanque y las tapas.

Hay dos sistemas para construir la formaleta de un tanque séptico, la elección de cada uno de los cuales determinará el tamaño de la excavación. Cuando sea firme, el método más usado consistirá en excavar un hueco de las dimensiones del tanque. La excavación de los muros será ligeramente más grande que el tamaño exterior del tanque.

La placa de fondo y las paredes del tanque, para cualquier tipo de material utilizado, deberán llevar un revoque de 5 mm de espesor alisando al final la superficie con lechada de cemento puro.

La cubierta deberá formar un solo bloque con las paredes. Tendrá una resistencia suficiente para soportar el espesor de la capa de tierra y las cargas suplementarias que pueda recibir ocasionalmente

Será necesario disponer de tres tapas de registro con sus respectivas argollas para levantarlas, sobre el dispositivo de entrada, el tabique divisorio y el dispositivo de salida (Figuras 5—1 y 5—2).

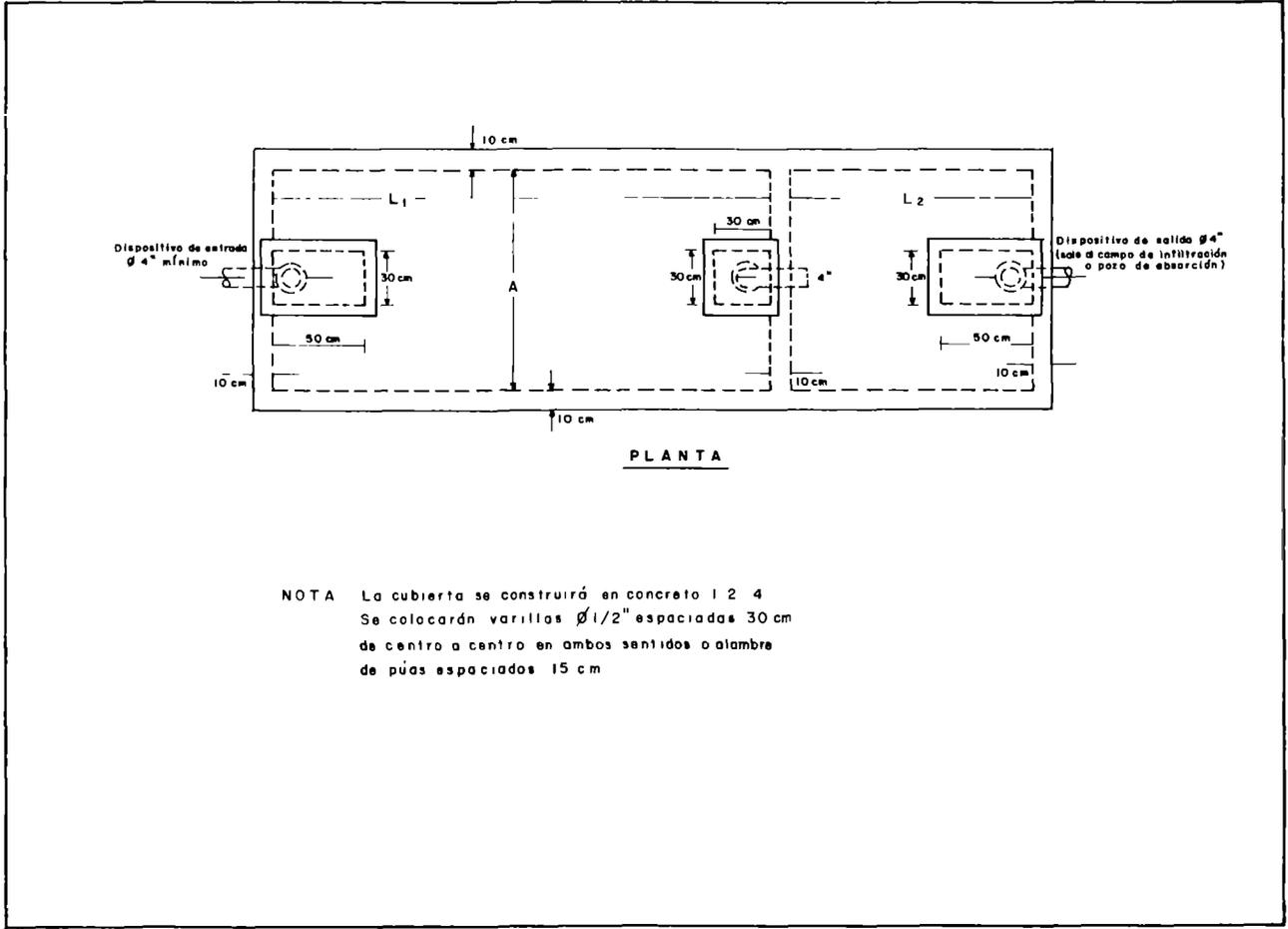


FIGURA 5-2. Tanque séptico

5.11. Limpieza

5.11.1. Objetivos de la limpieza

Los tanques sépticos deberán limpiarse antes de que se acumule demasiado lodo o natas. Si el lodo o las natas se acercan mucho al dispositivo de salida, las partículas serán arrastradas a los sistemas posteriores de tratamiento y atascarán el sistema. Finalmente, cuando esto suceda, el líquido podrá brotar a la superficie del terreno y el agua residual remanerse en las conexiones de fontanería.

Las capacidades de los tanques que se indican en la Tabla 5-2 permitirán un buen funcionamiento durante un período razonable antes de que la limpieza sea necesaria.

5.11.2. Inspección

— Función

Aunque es difícil para la mayoría de los propietarios, una inspección efectiva de acumulación de lodo y nata, será la única forma de determinar, de manera efectiva, cuándo un pozo dado requiere limpieza.

— Objetivo:

La inspección tendrá por objeto determinar:

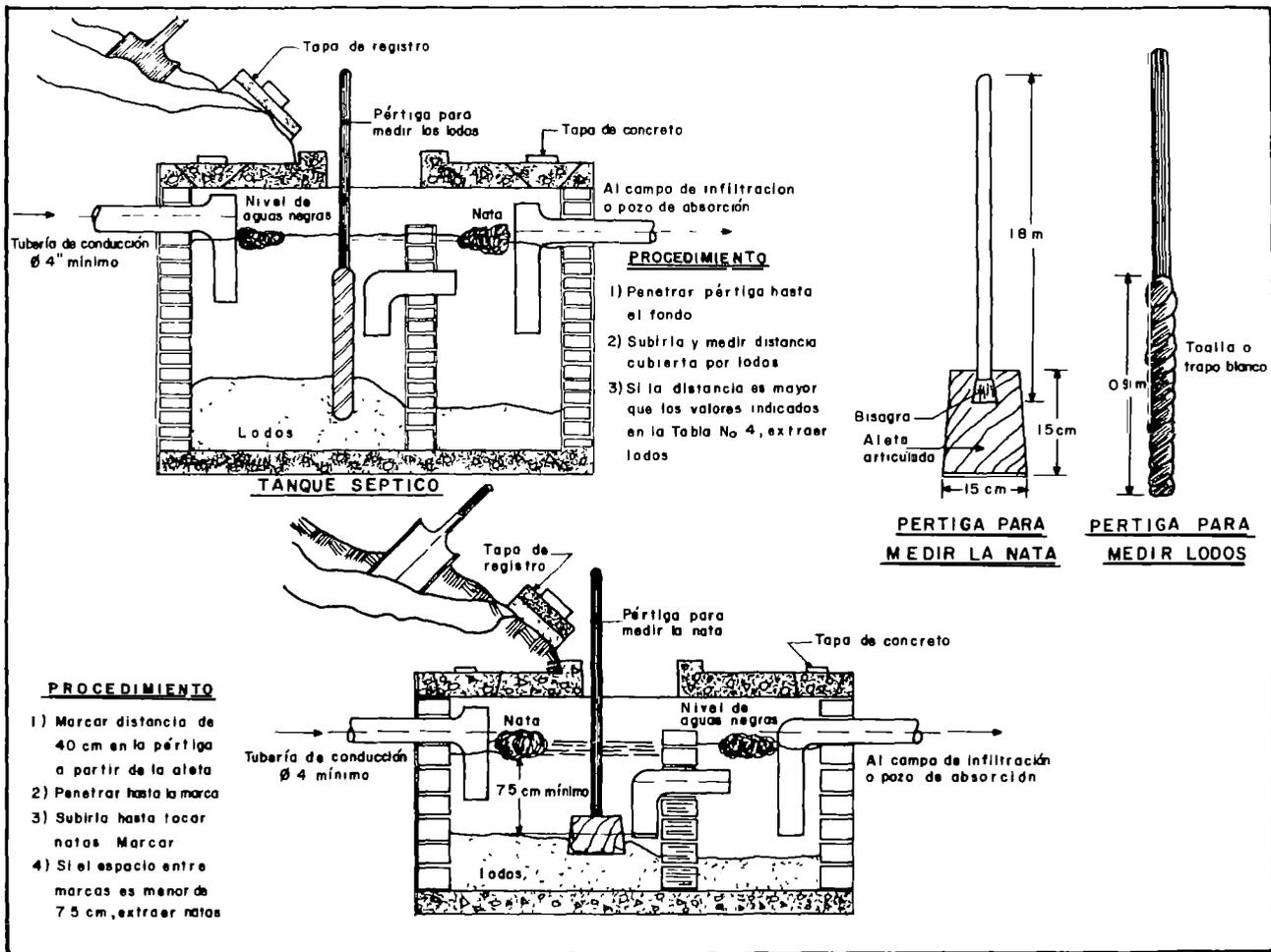
- a. La distancia desde el fondo de la nata al extremo inferior del tubo de conexión.
- b. El espesor de la capa de lodo acumulada en el primer compartimiento.

— Frecuencia de la inspección

El tanque deberá inspeccionarse cada 12 o 18 meses, cuando se trate de instalaciones domésticas, y cada 6 meses en las escuelas y otros establecimientos públicos.

— Compartimiento donde se hace la inspección

Cuando un tanque se vaya a inspeccionar, el espesor de la capa de lodo y la profundidad de la capa de natas deberán medirse por la tapa que hay sobre el tabique divisorio en el primer compartimiento (Figura 5-3)



— Métodos para hacer la inspección

— Procedimiento para medir la profundidad de las natas

- Se construirá una vara de 1,8 m de largo con una aleta articulada de 15 cm x 15 cm.
- La vara se empujará a través de la capa hasta el borde inferior del tubo de conexión.
- Se hará una marca con el lápiz en la vara.
- Se subirá la vara, la aleta se pondrá en posición horizontal y se levantará hasta que la resistencia de la nata se sienta.
- Se hará una marca con el lápiz en la vara.
- El espacio entre las dos marcas determinará la distancia que hay entre el extremo inferior del tubo de conexión y la parte inferior de la capa de nata.

— Procedimiento para medir el espesor de la capa de lodo

- Se construirá una vara de 1,8 m de largo, a la cual se le envolverán 90 cm en tela de toalla blanca.
- Se meterá la vara hasta que toque el fondo del tanque.
- Después de varios minutos, la vara se retirará cuidadosamente mostrando la profundidad de los lodos y la profundidad del líquido del tanque.

— Resultado de la inspección

La limpieza será necesaria cuando:

- El espacio entre el extremo inferior del tubo de conexión y el fondo de la capa de nata sea menor de 7,5 cm.
- El espesor de la capa de lodo es mayor que los valores indicados en la Tabla 5—3

TABLA 5-3. Máxima acumulación permisible de lodo

Tipo de tanque	Capacidad del tanque (litros)	Profundidad del líquido "D" (cm)						
		120	130	140	150	160	170	180
		Espesor de la capa de lodo (cm)						
A	1.500	41	48	54	61	67	74	80
B	2.250	46	52	59	65	71	77	83
C	3.000	55	63	70	78	86	93	101
D	3.750	64	73	81	90	98	106	114
E	4.500	66	75	85	94	103	111	120
F	5.250	67	76	86	95	104	113	122
G	6.000	67	76	86	95	104	113	122

Inspeccionar la acumulación de lodos cada 12 o 18 meses en instalaciones domésticas y cada 6 meses en las escuelas y otros establecimientos públicos

5.11.3. Recomendaciones para la limpieza

- Uso de desinfectantes u otras sustancias químicas.

Los tanques sépticos no deberán lavarse ni se les deberá adicionar desinfectantes u otras sustancias químicas después de la limpieza.

- Uso de jabones, detergentes, blanqueadores.

Jabones, detergentes, blanqueadores y otras sustancias, normalmente usadas en el hogar, no tendrán efectos adversos apreciables en el sistema.

- Porción de lodo permanente.

Un pequeño residuo de lodo deberá dejarse en el tanque para propósito de inoculación.

- Precaución con los gases

Cuando se vaya a limpiar un tanque séptico grande, deberá tenerse cuidado con no entrar en el tanque hasta que sea profusamente ventilado y los gases se hayan desalojado para evitar riesgos de explosión o asfixia para los trabajadores. Nunca se usarán fósforos o antorchas para entrar en el tanque

Cualquiera que penetre en el tanque deberá tener el extremo de una cuerda gruesa amarrada de la muñeca y el otro extremo sostenido arriba del terreno por otra persona suficientemente fuerte para sacarlo, si llega a asfixiarse.

5.11.4. Lodos y natas

- Forma de extraerlos

Podrán extraerse con un recipiente provisto de un mango largo.

- Características

La nata y el lodo extraídos del tanque séptico podrán contener alguna porción sin digerir que será nociva y podrá representar un peligro para la salud.

- Disposición final

- Los lodos y las natas no se podrán utilizar inmediatamente como abono, pero para ello se podrán mezclar convenientemente con otros residuos orgánicos (basura, hierba cortada, etc.).
- Servirán como abono para cultivos de plantas cuyos productos no se ingieren crudos.
- Si no se usan como abono, se deberán enterrar en zanjas de 60 cm de profundidad en sitios no habitados.
- Se podrán vaciar en un sistema de alcantarillado de aguas negras pero con el permiso de la autoridad apropiada.
- Nunca se deberán descargar en una corriente de agua.
- Nunca se deberán tirar ni esparcir en el suelo.

5.12. Calidad del efluente del tanque séptico

Los tanques sépticos no efectuarán en alto grado la eliminación de bacterias. Aunque las aguas negras experimentan tratamiento al pasar por el tanque, esto no significa que se eliminarán agentes infecciosos; por lo tanto, los efluentes de un tanque séptico no podrán considerarse potables. El líquido que se descarga del tanque será, en cierto aspecto, peor que el que entra, será séptico, mal oliente y un poco turbio, a causa de los sólidos en suspensión finamente desmenuzados. Esto sin embargo, no demerita la función del tanque. El efluente presentará una demanda bioquímica de oxígeno relativamente baja.

El agua residual que se sujeta al tratamiento primario, causará menos atascamiento que el agua residual no tratada que contenga la misma cantidad de sólidos en suspensión.

5.13. Cuidado y sostenimiento

- Se usará solamente papel higiénico. Los otros papeles o materiales comunes, trapos, basuras, etc., dañarán el sistema.
- Las grasas no deberán entrar al sistema; se usará la trampa de grasa según recomendación presentada en el Capítulo 13.
- No se usarán productos químicos ni desinfectantes porque éstos detendrán los procesos naturales del tanque.
- Drenaje de pisos de garaje o de otras fuentes de desperdicio de aceite, deberán excluirse del tanque.
- Todos los aparatos de la casa deberán tener un sistema de ventilación de acuerdo con las buenas prácticas de fontanería.

Si el tanque y la fontanería se diseñan e instalan adecuadamente, no será necesaria una ventilación separada para el tanque séptico.

- Será mejor que las tuberías entre las casas y el tanque, estén lejos de árboles y plantas, de manera que las raíces no puedan penetrar por entre las uniones, desnivelando o taponando las tuberías.
- Un plano que muestre localización del tanque séptico y del sistema de eliminación deberá ser colocado en un sitio adecuado en viviendas que se sirvan de tal sistema. Los planos deberán contener instrucciones buenas, acerca de la inspección y mantenimiento requeridos

- Los tanques sépticos abandonados, deberán llenarse con tierra o roca.
- Deberán adoptarse medidas para impedir la entrada en el tanque de aguas superficiales.
- Antes de poner en servicio un tanque séptico recién construído, se deberá llenar de agua hasta el orificio de salida y se sembrará con varios (de 5 a 8) cubos de lodo activo o estiércol fresco, con el objeto de criar las bacterias necesarias para la descomposición de la materia orgánica.
- Para instalaciones domésticas, será en general, más económico proporcionar un sistema sencillo de eliminación, que dos o más con la misma capacidad.

BIBLIOGRAFIA

1. Empresas Públicas de Medellín. Tanques Sépticos. Revista Empresas Públicas de Medellín, Vol. 4, No. 2, Abril/Junio, 1982, p. 16-29.

CAPITULO 6

FILTROS DE ARENA ENTERRADOS

6.1. Descripción

La filtración en arena puede ser definida como la aplicación intermitente de aguas residuales a un lecho de material granular el cual tiene un drenaje para recoger y descargar el efluente final, siendo uno de los métodos de tratamiento de aguas residuales más antiguos que existe. Este método, si es bien construido y operado, produce efluentes de muy buena calidad. Este método es muy utilizado para viviendas e instalaciones comerciales, instituciones de poco tamaño en donde el espacio lo permite. Estos filtros también se utilizan para mejorar los efluentes de lagunas de estabilización.

La filtración en lechos de arena es normalmente utilizada después de un tanque séptico y requiere un mínimo de operación y mantenimiento.

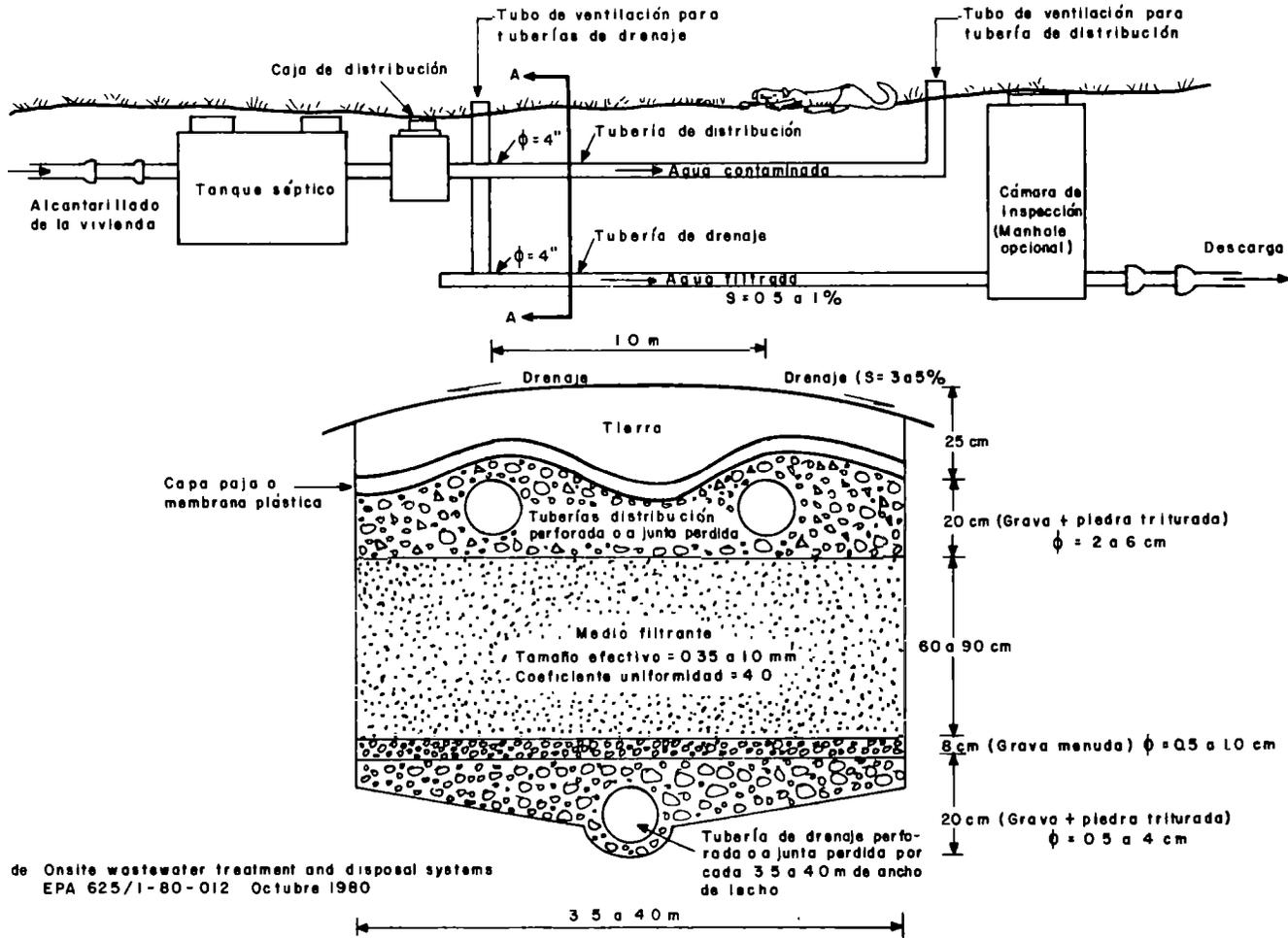
Los filtros de arena son lechos llenos de material granular con una profundidad de 60 a 90 cm, con un fondo de grava gradada y drenajes. El agua residual se aplica intermitentemente a la superficie del lecho por medio de tuberías de distribución o boquillas (Figura 6-1).

Los filtros de arena pueden ser abiertos, enterrados o con recirculación.

El mecanismo de purificación que se presenta en un filtro todavía no es muy entendido. Estos filtros proveen una retención y sedimentación de sólidos en el medio granular. Se cree que hay procesos químicos que también influyen en la remoción de algunos materiales, pero el proceso más importante de todos es el biológico, en el que un crecimiento de organismos dentro del filtro, que va desde bacterias hasta lombrices, descompone y asimila la materia orgánica.

Como estos filtros atrapan y asimilan materiales dentro de sus poros, no es raro que estos poros se obstruyan y el filtro se atasque eventualmente. Este atascamiento del filtro puede ser de orden físico, químico o biológico.

El atascamiento físico se presenta cuando hay acumulación de mucho material inorgánico internamente o sobre el lecho de arena. Este aspecto dependerá del tamaño de los granos de arena, de las partículas suspendidas y de la porosidad. Adicionalmente se pueden presentar problemas de precipitación, coagulación y adsorción.



Tomado de Onsite wastewater treatment and disposal systems
EPA 625/1-80-012 Octubre 1980

FIGURA 6-1. Filtro enterrado.

El atascamiento biológico se puede presentar por una alteración de la población biológica, la cual puede ser debida a compuestos tóxicos, cargas orgánicas altas y ausencia de oxígeno. La acumulación de capas de crecimientos biológicos y el descenso en la tasa de descomposición de los desechos acumulados, aceleran el atascamiento de los filtros.

Las formas de atascamiento pueden ocurrir simultáneamente y son función del tipo de desecho, tasa de filtración, medio filtrante y condiciones ambientales.

Al final de este capítulo se presenta un diseño de un filtro de arena enterrado (Ejemplo 6-1).

6.2. Restricciones

La principal restricción para la implementación de los filtros de arena como medio de tratamiento en el sitio es la disponibilidad de terreno. El método, como ya se anotó, puede ser aplicado a viviendas, conjunto de viviendas, centros comerciales, instituciones, etc.

Es indispensable que antes de la aplicación de aguas residuales a un filtro de arena se haga un pretratamiento con un tanque séptico. Con esta medida se mejoran las eficiencias y períodos de operación (Figuras 6-1 y 6-2).

Para prevenir olores, los filtros de arena pueden estar cubiertos. Si se pueden localizar lejos de las viviendas, pueden ser abiertos. Cuando la tabla o nivel de agua es muy alto, el filtro puede hacerse sobre la superficie del terreno, formando un montículo (ver Capítulo 11).

Si hay presencia de muchas aguas de escorrentía o infiltración, hay que analizar la forma de desviar éstas para que no se altere la operación del filtro.

6.3. Factores que afectan la eficiencia

El grado de estabilización del efluente que se obtiene en un filtro enterrado depende de:

- Tipo y biodegradabilidad del agua residual aplicada.
- Condiciones ambientales del filtro.
- Características de diseño del filtro.

La aireación y la temperatura son dos de las condiciones ambientales más importantes en un filtro. La aireación o disponibilidad de oxígeno

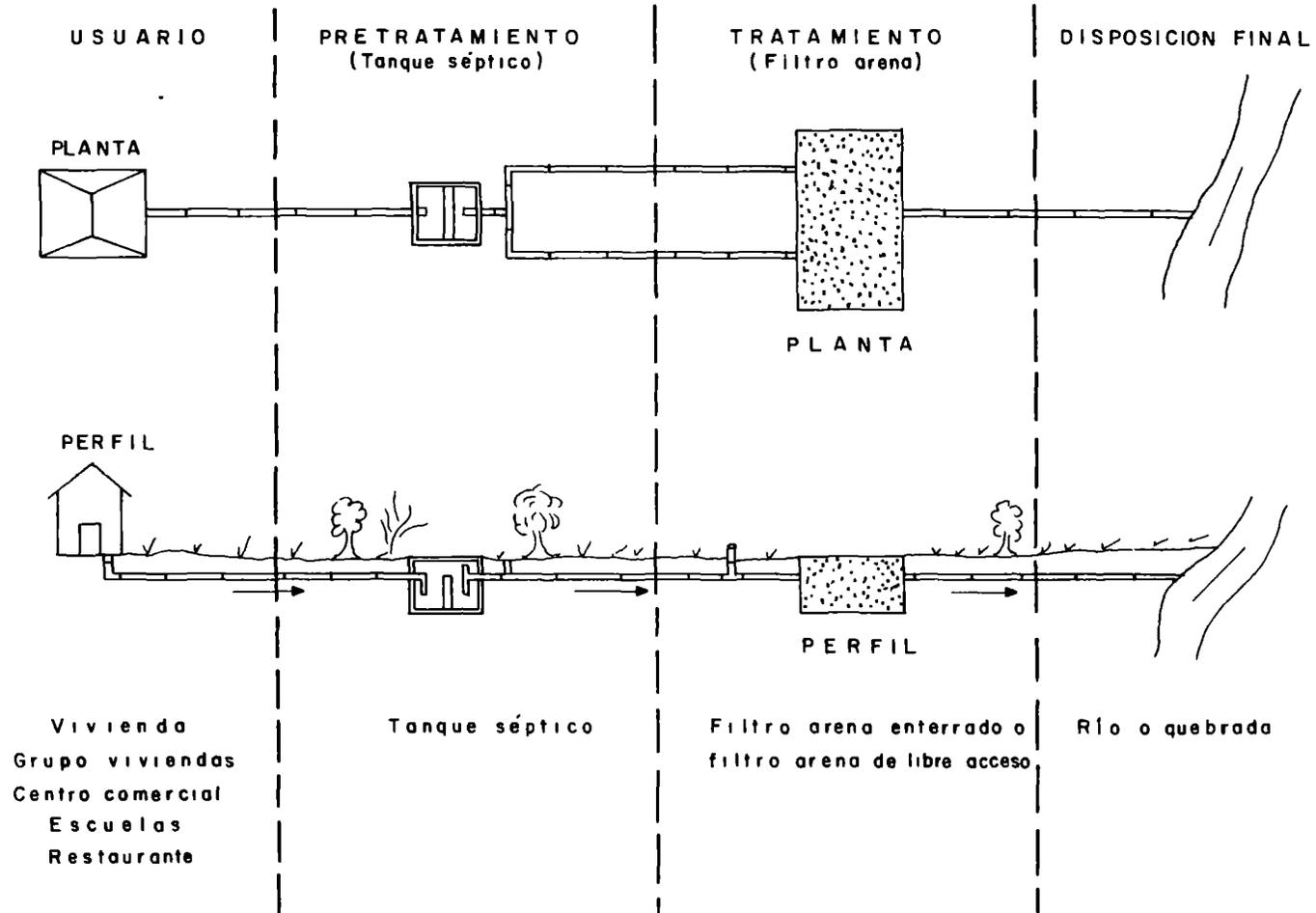


FIGURA 6-2: Esquema de un sistema de tratamiento: tanque séptico (pretratamiento), filtro de arena (tratamiento).

garantiza una descomposición aeróbica, mientras que la temperatura afecta la tasa de crecimiento bacteriana, las reacciones químicas y las mecánicas de absorción.

6.4. Medios filtrantes en un filtro de arena enterrado

6.4.1. Tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad

El tamaño efectivo (D_{10}) del medio filtrante de la capa inferior varía de 0,35 a 1,0 mm, con un coeficiente de uniformidad (CU) de 4,0 y preferiblemente menor que 3,5. Tamaños más grandes dan como resultado un pobre tratamiento y tamaños más finos tienden a producir atascamiento (Figura 6-1). Los parámetros D_{10} y CU fueron definidos en el numeral 3-7.

El material filtrante deberá ser de poco o nulo contenido de materia orgánica. Se han ensayado mezclas de arena, carbón y otros materiales para mejorar la filtración. Deberá tenerse cuidado para que el lecho no se estratifique y se formen capas finas sobre capas gruesas.

6.4.2. Espesor del medio filtrante

La profundidad de los filtros de arena enterrados es normalmente de 60 a 110 cm, pero se comprueba que casi todo el proceso de purificación ocurre en los 30 cm superiores. Por esto, lechos profundos no mejoran significativamente la calidad de los efluentes; además, un lecho poco profundo es más fácil y económico de construir.

Sobre el medio filtrante se deberá colocar una capa de tierra de aproximadamente 25 cm de espesor (Figura 6-1). Se acostumbra colocar una capa de paja, grava gradada bien limpia o una membrana impermeable entre la capa de tierra que sirve como cobertura y el medio filtrante.

La colocación del material filtrante de diferentes tamaños en diferentes capas es muy importante; sin embargo, es difícil tener capas uniformes u homogéneas por las prácticas de construcción y variación de la calidad de los materiales. Por ejemplo, si se tiene un lecho fino colocado sobre un lecho de material grueso, la atracción del agua residual hacia abajo no es muy alta porque hay poca cohesión del agua en los poros más grandes de la capa inferior. Es así como el material grueso no atraerá o absorberá hacia abajo el agua del estrato superior más fino, causando una sobresaturación del material fino o estrato superior.

Esta zona superior saturada actúa como un sello de agua, limita la oxidación y promueve atascamientos. El uso de medios filtrantes con coeficientes de uniformidad menores de cuatro ($CU < 4$) minimiza este problema.

La forma del material que conforma el lecho filtrante puede ser redonda, ovalada o angular.

La purificación del agua que se infiltra a través de un medio granular es más dependiente de la absorción y oxidación de la materia orgánica, que de la forma de los granos del material filtrante. Influye más en la descomposición, la distribución del tamaño de los granos representada por el coeficiente de uniformidad.

6.5. Carga hidráulica

La carga hidráulica de un filtro de arena enterrada define el tamaño del área superficial ocupada por el filtro como se explicará en un ejemplo posterior.

La carga hidráulica se define como el volumen de líquido aplicado sobre el área superficial de filtro durante un período de tiempo. Esta carga hidráulica se expresa en cm/día o $m^3/m^2/día$. Estos valores son muy variables, dependen del lecho filtrante, pero varían normalmente de 0,03 a 0,6 $m^3/m^2/día$. Se recomienda utilizar un valor de 0,04 $m^3/m^2/día$ para viviendas con ocupación permanente y de 0,08 $m^3/m^2/día$ para viviendas con ocupación temporal o estacional.

6.6. Drenajes

Las tuberías de drenajes y distribución están constituidas por tubería de 10 cm de diámetro perforada o a junta perdida de mínimo 10 cm de diámetro.

6.6.1. Tamaño del medio filtrante

Tanto las tuberías de drenaje como las de distribución deberán estar rodeadas de al menos 20 cm de espesor de grava o piedra triturada. Para las **tuberías de distribución o superiores** la grava o piedra deberá ser menor de 6 cm y mayor de 2 cm. Para la **tubería de drenaje o inferior** el tamaño de la grava o piedra deberá estar entre 0,6 y 4,0 cm. Entre el lecho de la tubería de drenaje o inferior y el medio filtrante se recomienda colocar 8 cm de grava menuda, con tamaño de 0,5 a 1,0 cm (Figura 6-1)

6.6.2. Espaciamiento entre tuberías

Las tuberías de distribución o superiores deberán estar espaciadas entre centros aproximadamente 1 m, mientras que deberá haber una tubería de drenaje o inferior por cada 3,5 ó 4,0 m de ancho de lecho filtrantes.

6.6.3. Pendientes

Las tuberías de drenaje o inferiores deberán tener una pendiente de 0,5 a 1,0‰, para facilitar el drenaje de aguas de escorrentía y evitar que éstas entren al medio filtrante. La superficie del terreno deberá quedar en forma de barriga con una pendiente hacia afuera de 3 a 5‰.

6.6.4. Ventilación

Las tuberías de distribución o superiores deberán tener una ventilación en el extremo aguas abajo y la tubería de drenaje o inferior deberá tener una tubería de ventilación en el extremo aguas arriba; ambas deberán salir hasta la superficie (Figura 6-1). Un resumen de los parámetros de diseño para filtros enterrados se presenta en la Tabla 6-1.

6.7. Carga orgánica

La carga orgánica puede ser definida como la cantidad de materia orgánica soluble e insoluble aplicada por unidad de volumen del filtro por un período de tiempo predeterminado. Estas cargas orgánicas no son reportadas en la literatura y no hay relaciones muy estrictas entre carga orgánica y eficiencia; lo único que se sabe es que la eficiencia del filtro depende de la acumulación de material orgánico estable en el medio filtrante.

6.8. Eficiencias

Un filtro enterrado con arena limpia puede remover aproximadamente hasta el 50‰ de fosfatos totales y ortofosfatos, pero estas eficiencias se reducen a medida que el medio filtrante se va saturando. Eficiencias hasta de 90‰ en la remoción de fósforo se obtienen con arenas calcáreas o arenas mezcladas con materiales ricos en aluminio y hierro.

La remoción de coliformes puede ir de 100 a 10.000/100 ml, habiéndose reportado efluentes de filtros enterrados con las siguientes concentraciones de coliformes:

- Coliformes fecales: 100 - 3.000/100 ml
- Coliformes totales: 1.000 - 100.000/100 ml

TABLA 6-1. Filtros de arena enterrados – Criterios de diseño (1)

PARAMETRO	CRITERIO DE DISEÑO
Pretratamiento	Mínimo tanque séptico
Carga hidráulica	
– Todo el año	40 l/día/m ²
– Por temporadas	80 l/día/m ²
Medio filtrante	
– Material	Material granular lavado. Menos 1% materia orgánica en peso.
– Tamaño efectivo	0,50 a 1,00 mm
– Coeficiente uniformidad	< 4,0 (preferible < 3,5)
– Profundidad	60 – 90 cm
Drenajes	
– Material	Tubería perforada o a junta perdida
– Pendiente	0,5 a 1,0%
– Lecho circundante	Grava lavada o piedra triturada (1 a 4 cm)
– Ventilación	Extremo aguas arriba
Distribución influente	
– Material	Tubería perforada o a junta perdida.
– Lecho circundante	Grava lavada o piedra triturada (2 a 6 cm)
– Ventilación	Extremo aguas abajo

(1) FUENTE: EPA Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems, Design Manual. October 1980.

6.9. Mantenimiento

Para el mantenimiento de un filtro de arena enterrado se recomiendan las siguientes acciones:

- Dejar descansar el filtro por un período de tiempo y utilizar el filtro alterno si existe.
- Raspar la superficie del filtro para romper el material incrustado.

- Remover la superficie del filtro y remplazarlo con material nuevo.
- Agregar peróxido de hidrógeno (H_2O_2) como agente oxidante. Veinte litros de solución al 50% de H_2O_2 son suficientes para eliminar el atascamiento de un filtro enterrado. Se recomienda ser muy cuidadoso con el manejo de H_2O_2 .

EJEMPLO 6—1: Diseño de un filtro de arena enterrado

Una vivienda de clase media, con seis habitantes permanentes, desea construir un filtro de arena enterrado, no existiendo restricción de espacio para su construcción.

Calcular las dimensiones que debe tener este sistema de tratamiento.

SOLUCION:

1. Cálculo del caudal de aguas residuales:

$$\begin{aligned} \text{Habitantes} &= 6 \\ \text{Caudal} &= 150 \text{ l/hab/día (supuesto)} \\ \text{Caudal total} &= 6 \times 150 = 900 \text{ l/día} = 0,9 \text{ m}^3/\text{día} \end{aligned}$$

2. Sistema de pretratamiento:

Como sistema de pretratamiento deberá construirse un tanque séptico con las siguientes características:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= \text{Caudal} \times \text{tiempo de detención} \\ &= 900 \text{ l/día} \times 1 \text{ día} = 900 \text{ l} = 0,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Las dimensiones pueden ser obtenidas de la Tabla 5-2, correspondientes a un tanque tipo A. Aunque el volumen calculado fue de 900 l, se aproxima a la mínima capacidad deseable de 1.500 l (Tipo A).

Ancho (A) = 0,7 m	Capacidad total = 2.000 l
Profundidad (D) = 1,2 m	Largo (L ₁) = 1,3 m
Profundidad (H) = 1,5 m	Largo (L ₂) = 0,6 m

3. Sistema de tratamiento

Para un filtro de arena lo más importante es el área superficial. Como la vivienda es de ocupación permanente, la carga hidráulica seleccionada será de 0,04 m³/m²/día (Ver numeral 6.5).

$$\text{Area superficial} = \frac{0,9 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{\frac{0,04 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 - \text{día}}}{\text{m}^3}} = 22,5 \text{ m}^2$$

Las dimensiones pueden ser de 5 m x 4,5 m. Si se requiere construir dos filtros para tener uno de remplazo, se pueden construir dos unidades cada una con el 75% de la área calculada.

4. Configuración general

La configuración general del sistema tanque séptico-filtro se presenta en la Figura 6-3.

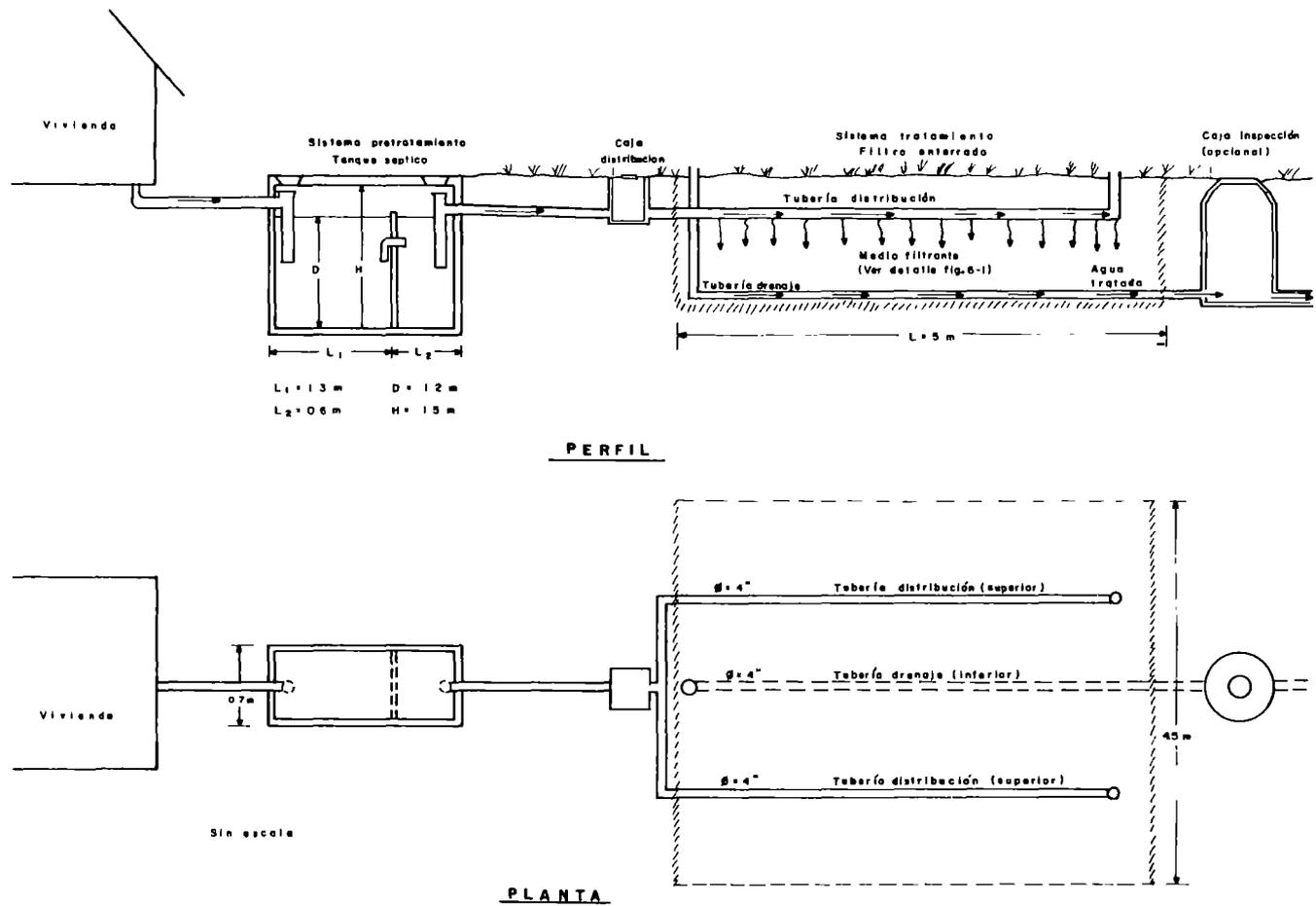


FIGURA 6-3. Representación esquemática del sistema de tanque séptico-filtro enterrado del ejemplo 6-1.

BIBLIOGRAFIA

1. Oswego County. Alternatives for Onsite Wastewater Disposal. Environmental Management Council. Environmental Management Series No. 1. Oswego N. Y. (Sin fecha).
2. University of Wisconsin. Onsite Wastewater Disposal for Homes in Unsewered Areas. Small Scale Waste Management Project. September, 1973. p. 4-5.
3. EPA. Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems Design Manual. 625/1-80-012 Washington, 1980.
4. Otis, Richard J. and Boyle, William C. On-site Disposal of Small Wastewater Flows. University of Wisconsin Madison, 1977.
5. Sauer, David R Surface Discharge Treatment Systems Using Intermittent Sand Filters (Fotocopia).
6. Siegrist, Robert L. Greywater Treatment by Coarse Filtration of Septic Tank Effluent. University of Wisconsin, 1980 p. 5

CAPITULO 7

FILTROS DE LIBRE ACCESO

7.1. Descripción

Los filtros de libre acceso son muy similares a los filtros enterrados; la principal diferencia radica en que los filtros de libre acceso están rodeados por muros de ladrillo u otro material similar, para confinar el flujo de agua residual a tratar y evitar el lavado de tierra dentro del medio filtrante. El piso de este filtro puede ser de suelo natural compactado, concreto, etc., según el nivel freático, y con una ligera pendiente hacia el centro para facilitar la colección del efluente.

Los principios de remoción de materia orgánica y microorganismos son similares a los descritos en el numeral 2.1.1. Un esquema de un filtro de libre acceso se presenta en la Figura 7-1.

Al final de este capítulo se presenta una metodología para el dimensionamiento de un filtro de libre acceso (Ejemplo 7-1).

7.2. Restricciones

Como en el caso de los filtros enterrados, para construir un filtro de libre acceso es necesario disponer de espacio. Por ejemplo, una vivienda de seis personas con una ocupación permanente, puede necesitar aproximadamente de 30 a 40 m², pero se han hecho modificaciones y ensayos para reducir esta área hasta 10 m², así haya que hacer mantenimientos más rutinarios.

También es indispensable disponer de un tanque séptico como pretratamiento para optimizar la operación.

7.3. Factores que afectan la eficiencia

Los factores que afectan la eficiencia son los mismos que para el caso de los filtros enterrados, según se explicó en el numeral 6.3.

7.4. Medios filtrantes en un filtro de libre acceso

El medio filtrante para este tipo de filtro tiene características muy similares a las de un filtro enterrado. La principal diferencia radica en que el filtro de libre acceso va encerrado en compartimientos de concreto.

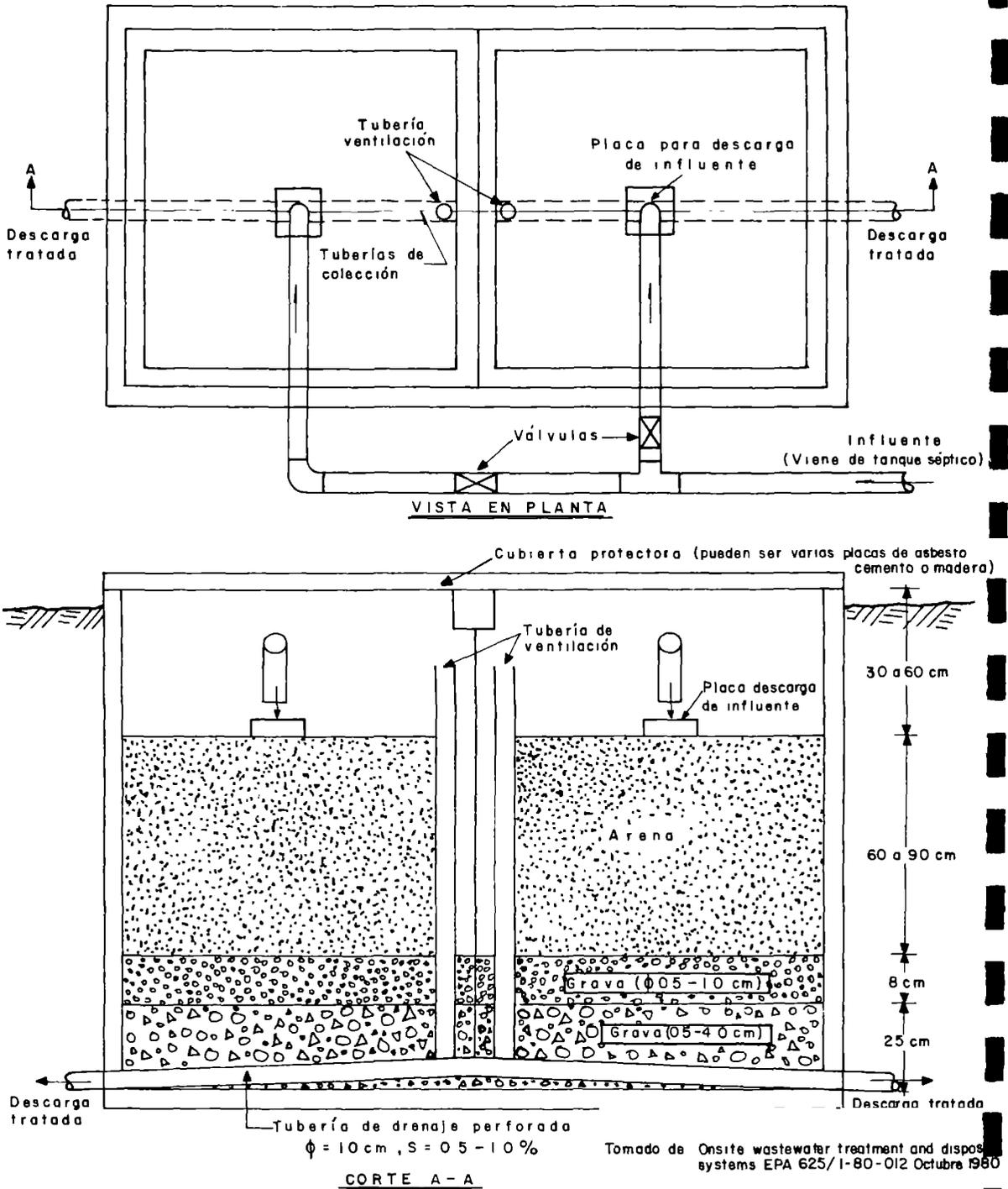


FIGURA 7-1. Filtro libre acceso.

El lecho filtrante consta de una capa superior de arena de espesor de 60 a 90 cm, una capa intermedia de grava de 8 cm de espesor con partículas de tamaño de 0,5 a 1,0 cm y, finalmente, una capa inferior de 25 cm de espesor con grava gradada de 0,5 a 4,0 cm de diámetro, la cual rodea la tubería de drenaje, como se observa en la Figura 7-1.

Se recomienda construir dos lechos filtrantes para dejar descansar un filtro mientras el otro está en operación.

7.5. Carga hidráulica

La carga hidráulica de un filtro de libre acceso depende mucho del medio filtrante y de las características de las aguas residuales. El efluente de un tanque séptico puede ser aplicado a uno de estos filtros hasta una tasa de 80 l/m²/día (0,08 m³/m²/día), mientras que un efluente más pretratado puede aplicarse a una tasa de 200 l/m²/día (0,2 m³/m²/día).

7.6. Drenajes

En un filtro de libre acceso hay unas tuberías de distribución superiores y unas tuberías de drenaje o inferiores (Figura 7-1).

La dosificación del agua se hace por medio de tuberías que descargan a una placa de concreto o baldosa colocada sobre el medio filtrante para evitar la rotura de éste.

La tubería de drenaje deberá ser perforada y tener un diámetro de 10 cm. Si esta tubería se coloca a junta perdida, la separación deberá ser mínimo de 0,6 cm y máximo de 1,5 cm. La tubería de drenaje podrá ser una sola, o en caso de tanques muy grandes podrán estar espaciadas cada 3,5 m. La pendiente de esta tubería varía de 0,5 a 1,0‰ y deberá estar ventilada con una tubería aguas arriba, según se indica en la Figura 7-1, que salga por encima de la superficie del lecho filtrante, pero que quede por debajo de la tapa del filtro.

7.7. Cubierta del filtro

El filtro de libre acceso deberá estar cubierto para evitar la presencia de animales, reducir olores y proteger el filtro.

La cubierta podrá ser construida de metal galvanizado, madera, varias placas de concreto para que puedan ser levantadas o un marco de madera con mallas (anjeos).

Entre la cubierta y la superficie del lecho filtrante deberá haber un espacio entre 30 y 60 cm.

7.8. Operación y mantenimiento

Los filtros de arena requieren relativamente muy poco mantenimiento. Una vez se empiezan a aplicar las aguas residuales pueden pasar días o semanas para que la arena "madure" o forme sus capas bacteriales. Una vez se ha establecido una actividad bacteriana, la DBO y los SS empiezan a descender rápidamente. La nitrificación se presentará según el medio filtrante, las condiciones ambientales y la temperatura. La obstrucción del filtro ocurrirá cuando se taponen los poros con material inerte y biológico.

Cuando se obstruye el filtro, se presentará un aumento del nivel del agua o inundación de la superficie del filtro. Si se nota ésta regularmente y la profundidad del agua es mayor de 30 cm, se deberá suspender la aplicación de aguas residuales. Es posible colocar una válvula de flotador con alarma para alertar al usuario sobre la inundación del filtro.

El no suspender la aplicación de aguas residuales a un filtro inundado genera condiciones anaeróbicas y por consiguiente malos olores.

Las recomendaciones generales para mantenimiento son:

- Remoción rutinaria de malezas de la superficie del filtro
- Mezclar las capas superiores con un rastrillo.
- Dejar descansar el filtro y utilizar el filtro auxiliar si éste existe.
- Cambiar las capas superiores del medio filtrante si se nota que continúan las inundaciones.
- Agregar solución de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 50% para oxidar el material que está obstruyendo el lecho.

EJEMPLO 7-1: Dimensionamiento de un filtro de libre acceso

Se tiene un corregimiento con un centro de salud y una inspección de policía, los cuales están necesitando un sistema de disposición de aguas residuales. Se cuenta con suficiente espacio y las pendientes son favorables para la construcción de un filtro. Como el nivel freático es muy alto no es viable la construcción de un filtro enterrado como el de la Figura 6-1 y en su lugar se construirá un filtro de libre acceso, el cual estará dentro de un tanque, similar al de la Figura 7-1.

Las condiciones que se tienen son las siguientes:

- Personas permanentes en puesto de salud e inspección de policía 20
- Consumo per cápita de agua 120 l/hab/día

Dimensionar un filtro de libre acceso.

SOLUCION

1. Cálculo del caudal de aguas residuales:

$$\text{Caudal total promedio} = 20 \text{ hab} \times 120 \frac{\text{l}}{\text{hab-día}} = 2.400 \frac{\text{l}}{\text{día}} = 2,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

2. Sistema de pretratamiento

Como sistema de pretratamiento deberá construirse un tanque séptico. En este caso las dimensiones no pueden ser obtenidas de la Tabla 5-2, porque los caudales para los cuales fue elaborada esta tabla no corresponden a los de este ejemplo.

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= \text{Caudal} \times \text{tiempo de detención} \\ &= 2,4 \text{ m}^3/\text{día} \times 1 \text{ día} = 2,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Las dimensiones pueden ser consultadas de la Tabla 5-2, correspondiendo la capacidad nominal a un tanque tipo B de 2.250 litros, aunque la capacidad queda un poco por debajo del requerido de 2.400 litros. Si se requiere estar de lado de la seguridad, se puede optar por un tanque tipo C con capacidad nominal de 3.000 litros.

Las dimensiones del tanque séptico, según la Tabla 5-1, son:

Parámetro		Tanque tipo B	Tanque tipo C (opción más segura)
Capacidad líquida	=	2.250 l	3.000 l
Ancho A	=	0,9 m	1,0 m
Largo L ₁	=	1,3 m	1,5 m
Largo L ₂	=	0,7 m	0,8 m
Profundidad líquida D	=	1,3 m	1,4 m
Profundidad total	=	1,6 m	1,7 m
Capacidad total	=	2.880 l	3.910 l

3. Sistema de tratamiento

Para un filtro de libre acceso se recomiendan cargas hidráulicas entre 0,08 y 0,2 m³/m²/día (ver Tabla 7-1). Se toma un valor de 0,1 m³/m²/día (100 l/m²/día).

TABLA 7-1. Criterios de diseño de los filtros de libre acceso

FILTROS DE LIBRE ACCESO	CRITERIOS DE DISEÑO (1)
Pretratamiento	Nivel mínimo — tanque séptico o equivalente.
Carga hidráulica	0,08/m ³ /m ² /día — 0,2 m ³ /m ² /día
Medio filtrante:	
— Material granular	Material granular lavado, durable y máximo 1% materia orgánica en peso
— Tamaño efectivo	0,35 a 1,00 mm
— Coeficiente de uniformidad	< 4,0 (preferiblemente < 3,5)
— Profundidad	60 a 90 cm
Drenajes:	
— Material	Tubería perforada o a junta perdida.
— Pendiente	0,5 a 1,0%
— Lecho circundante	Grava lavada y durable o piedra triturada (0,5 a 4,0 cm)
— Ventilación	Aguas arriba del drenaje
— Distribución del influente	Por la superficie. Descarga en placas colocadas en el centro o en las esquinas.

(1) FUENTE: EPA. Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems Design Manual, 1980

El área superficial del filtro será:

$$\text{Area superficial} = \frac{2.400 \text{ l/día}}{100 \text{ l/m}^2/\text{día}} = 24 \text{ m}^2$$

Se puede adoptar un filtro de 6 m x 4 m.

4. Configuración general

La configuración general del sistema tanque séptico-filtro de libre acceso se presenta en la Figura 7-2. Los detalles de diseño pueden ser consultados en la Figura 7-1 y Tabla 7-1. Se recomienda construir dos filtros para que uno trabaje mientras el segundo se recupera. La operación será alternada. El área de cada filtro puede ser de un 50 a 75% del área total calculada.

BIBLIOGRAFIA

- 1 EPA Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems 625/1-80-012 Washington, 1980.
- 2 Otis, Richard J , Boyle, William C , Converse, James C., Tyler, Jerry. Onsite disposal of small wastewater flows University of Wisconsin. Madison WI, 1977.
- 3 Sauer, David K , Boyle, William C. Otis, Richard J Intermittent Sand Filtration of Household Wastewater Journal of the Environmental Engineering Division. August 1976

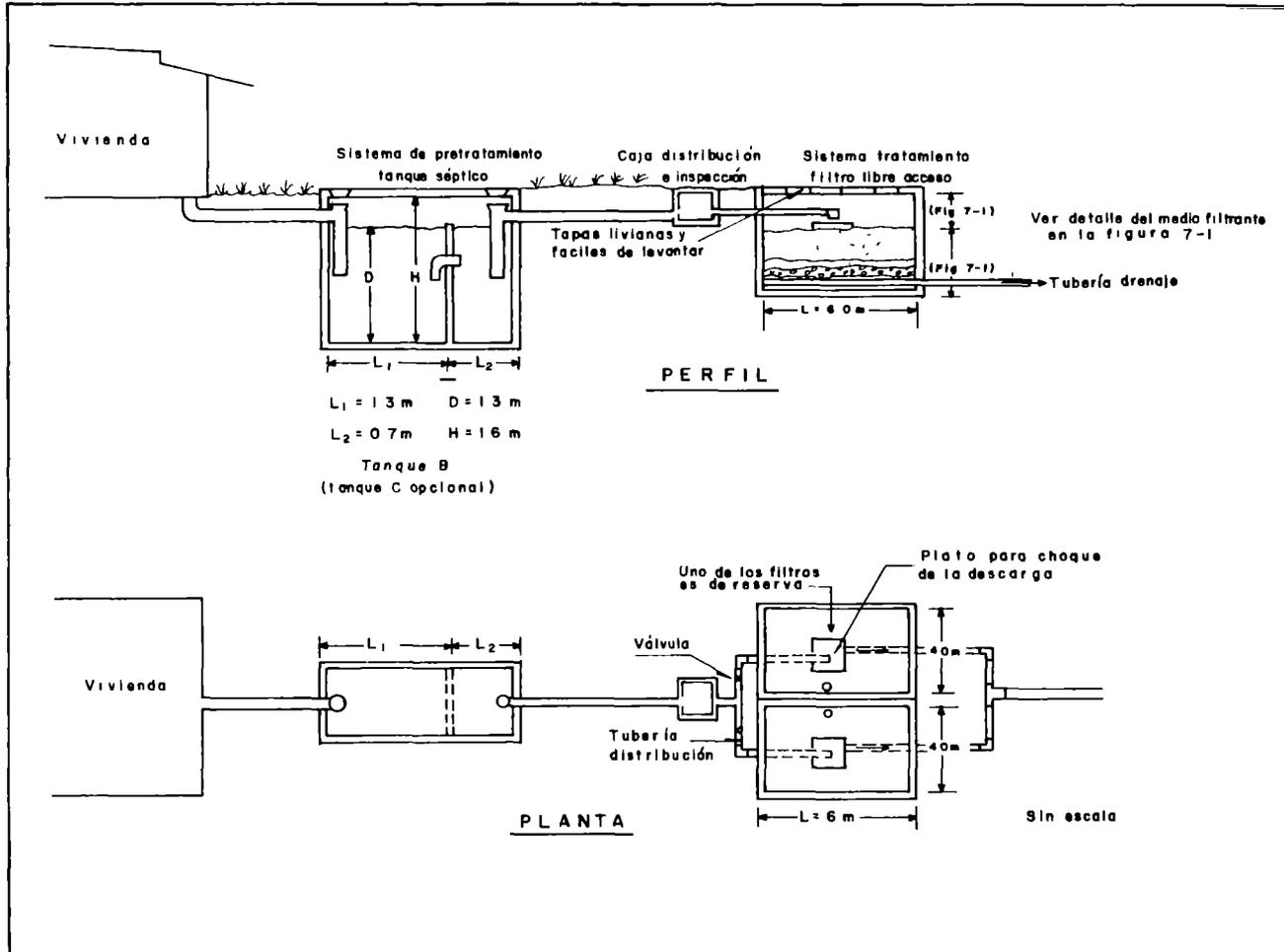


FIGURA 7-2. Representación esquemática del sistema del tanque séptico-filtro de libre acceso del ejemplo 7-1.

CAPITULO 8

TRINCHERAS

8.1. Descripción

La trinchera es uno de los métodos más usados para el tratamiento de las aguas residuales en el sitio y consiste de una excavación poco profunda de 0,3 a 1,5 m de profundidad y de 0,3 a 1,0 m de ancho. El largo será variable, dependerá del sitio y puede adoptar diferentes formas, pasar por entre los árboles, etc. El fondo de la trinchera se llena con piedra triturada y grava, sobre las cuales se coloca una sola tubería perforada de distribución que transporta las aguas residuales.

Esta tubería perforada se cubre con rocas trituradas y sobre esta capa se coloca una barrera de material semipermeable para evitar la obstrucción del lecho de rocas. Tanto el fondo como las paredes de la trinchera actúan como superficies de infiltración (Figura 8-1).

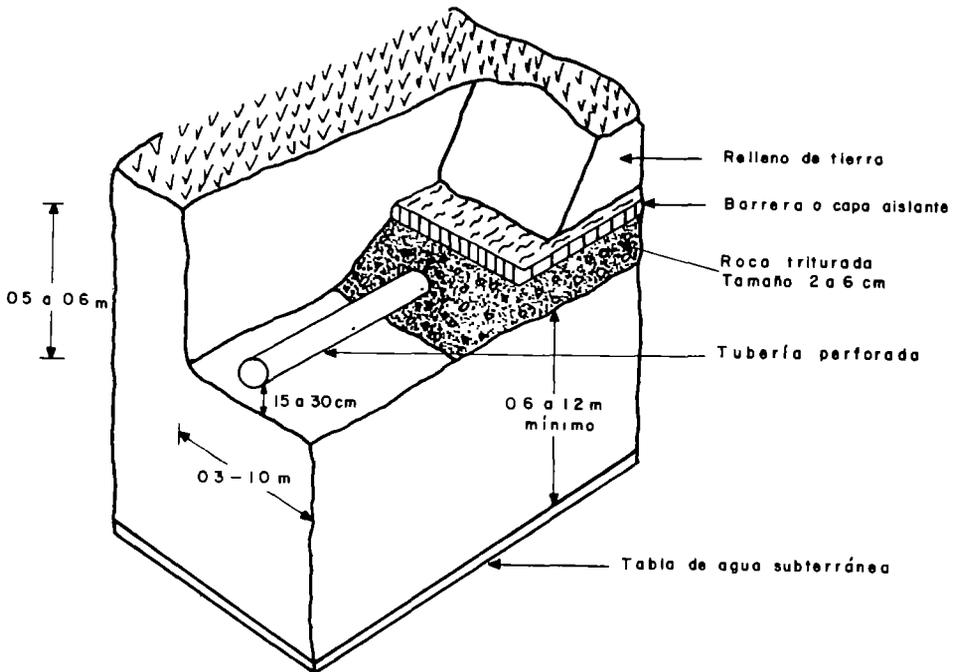


FIGURA 8-1. Esquema típico de una trinchera para disposición de las aguas residuales.

Al final de este capítulo se presenta un diseño de una trinchera en el Ejemplo 8-1.

8.2. Localización y configuración de trincheras

Para la localización de una trinchera se deben seguir los siguientes criterios:

- Localizar el sistema donde la superficie de drenaje sea buena. Se deberán evitar depresiones, la base de pendientes y sitios que sean el camino de aguas de escorrentía provenientes de techos, patios, etc., a no ser que se provean drenajes.
- Se deberán preservar tanto árboles circundantes como sea posible. La trinchera podrá ir corriendo entre los árboles (Figura 8-2).

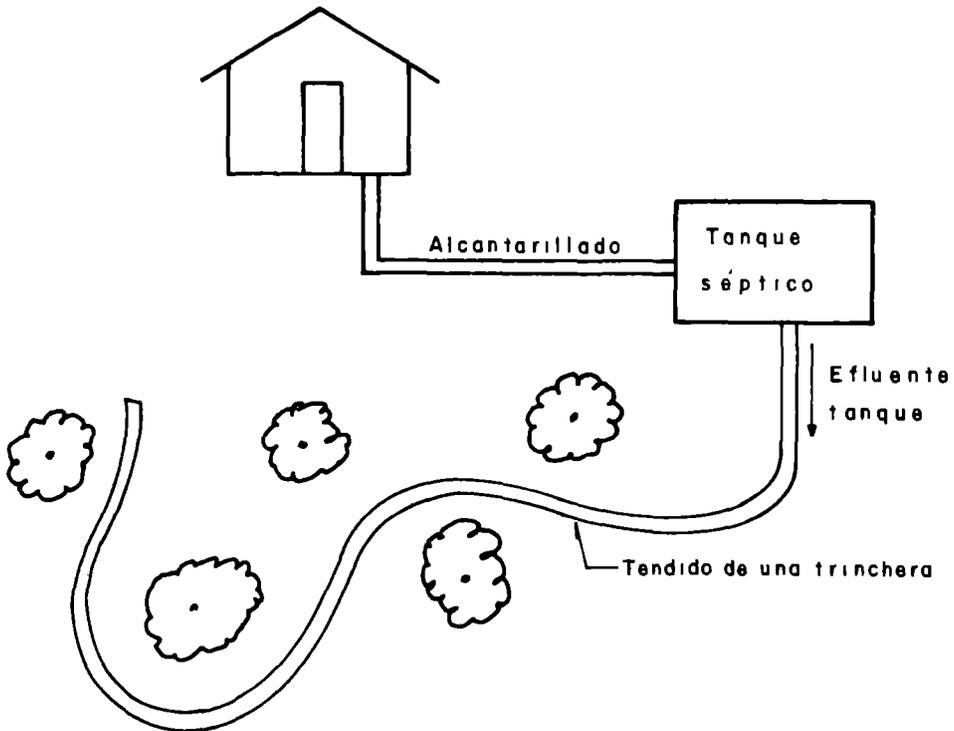


FIGURA 8-2. Ejemplo de la forma como se puede trazar una trinchera.

- Las trincheras no tendrán que ser rectas, podrán seguir los contornos naturales del terreno.

- Como en el caso de los filtros de arena, una trinchera debe ir precedida de un tanque séptico.
- Se acostumbra utilizar un sistema múltiple de trincheras para emplear una mientras la otra "descansa" y se mejoran las condiciones del medio filtrante (Figura 8-3).

8.3. Medio filtrante

La capacidad de infiltración del terreno es el aspecto más crítico de una trinchera; sin embargo, es muy difícil medir directamente su tasa de infiltración esperada porque el terreno se va saturando y van cambiando sus condiciones.

Una trinchera no deberá ser utilizada con suelos de alta permeabilidad y que tengan tasas de percolación superiores a 0,4 min/cm. Estos suelos proveerán muy poco tratamiento. Igualmente no se deberán construir trincheras con tasas de percolación mayores de 24 min/cm, por su poca capacidad de infiltración. Para evitar este problema se pueden reemplazar unos 60 cm de suelo con una mezcla de arena y suelo ligeramente arcilloso.

Cuando quiera que se usen suelos con capacidad de infiltración, se deberá ser muy cuidadoso con la compactación del terreno durante la construcción.

Tanto el área del fondo como las paredes verticales de una trinchera actúan como superficies de infiltración. Inicialmente el área del fondo es la única que actúa como área de absorción, pero a medida que ésta se va obstruyendo las paredes empiezan también a actuar como superficies de absorción. Como los gradientes hidráulicos son distintos en ambas superficies, las tasas de infiltración también lo son. El ideal es maximizar el área de las superficies que tengan la tasa de infiltración más alta.

Es posible que las paredes por ser verticales no se obstruyan tan rápido como el fondo, debido a que los sólidos se pueden precipitar más en el fondo y el ascenso y descenso de los niveles del agua hacen que las paredes tengan momentos de reposo y recuperación. De otro lado la presión hidrostática del fondo de cada superficie hace difícil predecir cuál es la más efectiva. En zonas húmedas se recomienda que las trincheras sean menos profundas mientras que en clima seco es mejor que las paredes tengan una mayor área.

Los criterios generales de diseño para trincheras se resumen en la Tabla 8-1.

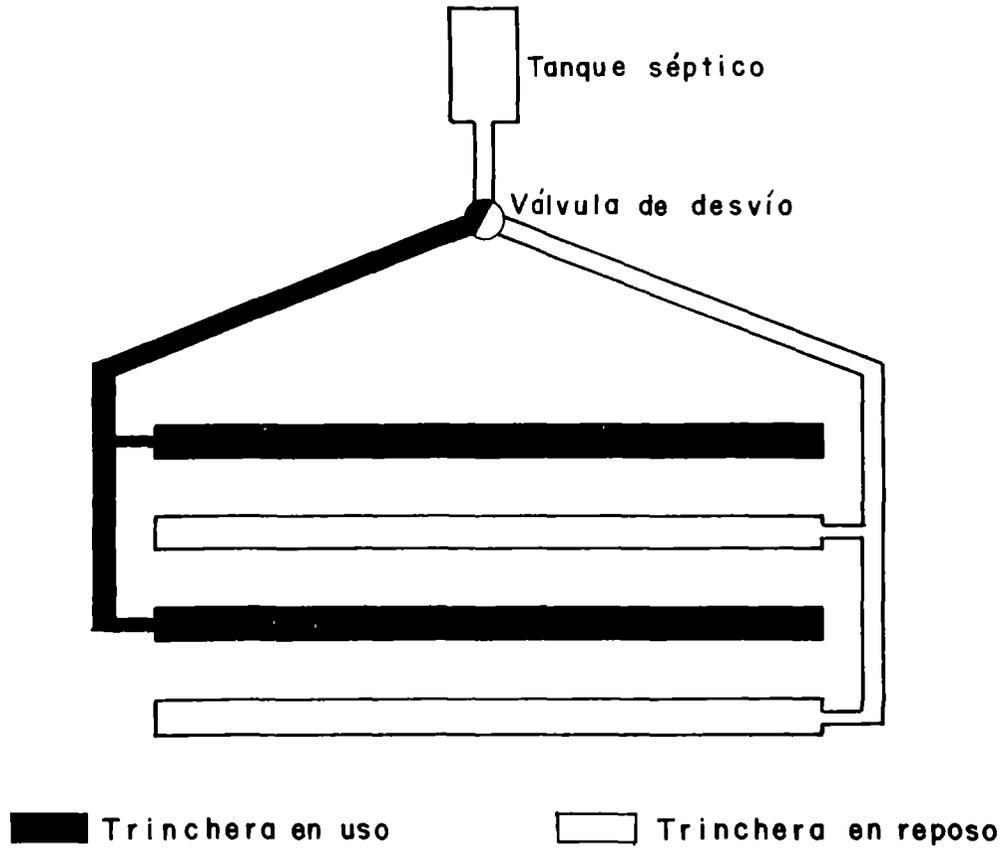


FIGURA 8-3 Representación de un conjunto de trincheras en donde una está en uso mientras la otra está en reposo.

TABLA 8-1. Criterios para el diseño de trincheras

Características	Criterio
Terreno	Nivelado, bien drenado, crestas de pendientes convexas son preferibles. Se deben evitar depresiones, pie de pendientes y pendientes cóncavas, a no ser que se provean buenos drenajes.
Pendientes	Las pendientes pueden ser de 0 a 25%. Cuando son mayores de 25% puede haber dificultad en el uso de maquinaria.
Límites y separaciones	
— Pozos de agua de abasto	15 – 30 m
— Aguas superficiales	15 – 30 m
— Límites de propiedad	1,5 – 3,0 m
— Fundación de edificación	3,0 – 6,0 m
Suelos	
— Textura	Suelos con textura arenosa o franco arcillosa son más aconsejables. Suelos con poros muy gruesos y arcillas de baja permeabilidad son menos deseables.
— Estructura	Estructuras granulares fuertes, en bloques o prismáticas, son deseables. Suelos sin estructura o laminares deben evitarse.
— Color	Colores rojizos y uniformes son indicadores de suelos bien aireados y drenados. Suelos opacos, grises, jaspeados o manchados, indican saturación continua o estacional y no son adecuados.

(Continúa)

Tabla 8-1.(Continuación)

Estratos	Suelos que presenten capas con texturas diferentes o cambios estructurales, deben ser analizados cuidadosamente para asegurar que no habrá restricciones para el movimiento del agua.
Profundidad no saturada	Entre el fondo de la trinchera y la máxima tabla de agua que se presente en invierno, debe existir de 0,6 a 1,20 m de suelo no saturado.
Tasa de percolación	1 a 60 min/pulg. Se deben hacer mínimo tres ensayos de percolación. Si la tasa de percolación es más baja, debe evitarse compactar el suelo durante la construcción.

8.4. Cargas hidráulicas

Las tasas de percolación y tasas de aplicación recomendadas para una trinchera se presentan en la Tabla 8-2.

8.5. Dimensiones

Una trinchera deberá ser dimensionada para que se ajuste lo mejor posible al terreno o lote disponible, manteniendo los retiros necesarios y evitando excavaciones excesivas.

Las dimensiones más comunes son:

Ancho:	0,30 – 1 m
Longitud:	30 m
Profundidad:	0,50 – 0,60 m
Espaciamiento:	1,8 m
Espesor cubierta:	0,15 m

La longitud podrá ser mayor si esto es requerido. La profundidad también podrá ser mayor si se encuentran suelos adecuados. El espaciamiento entre trincheras se considera de pared a pared y podrá ser reducido, según los patrones de flujo o con trincheras poco profundas en suelos arenosos.

TABLA 8-2. Tasa de aplicación de agua residual doméstica a una trinchera

TEXTURA DEL SUELO	Tasa de percolación (min/cm)	Tasa de aplicación (m ³ /m ² /día) (1)
Grava, arena gruesa	< 0,4 (2)	No adecuado
Arena gruesa a media	0,4 - 2	0,05
Arena fina, arena limosa	2,5 - 6	0,03
Arena limosa, limos	6,5 - 12	0,025
Limos	12 - 24	0,02
Limos arenosos y arcillosos, limos arcillosos (3)	24 - 48	0,008 (4)

FUENTE Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems—Design Manual EPA. 625/1-80-112 Cincinnati, 1980.

- (1) Valores basados en efluentes de aguas residuales domésticas provenientes de un tanque séptico
- (2) Suelos con tasas de percolación menores de 0,4 min/cm se pueden utilizar si se remplazan más de 60 cm de espesor de suelo con arena o arena limosa.
- (3) Suelos con arcillas expansivas
- (4) Suelos que pueden ser afectados durante la construcción

8.6. Operación y mantenimiento

Una trinchera se puede sacar de servicio para dejarla descansar por un período de tiempo y hacer que recupere su capacidad de infiltración. Para esto se necesita contar con una trinchera alterna. Después de varios meses de descanso las partículas y capas que estén obstruyendo la trinchera se degradan biológica y fisicoquímicamente devolviendo al medio filtrante su capacidad de absorción.

A nivel domiciliario se recomienda tener un consumo de agua racional, mantener los aparatos sanitarios en correcto estado, es decir, sin fugas, para evitar una sobrecarga hidráulica de la trinchera.

El uso de aditivos para acabar la actividad bacterial, no se considera necesario.

EJEMPLO 8-1: Diseño de una trinchera

Diseñar una trinchera para una vivienda de clase media que aloja normalmente 7 personas. Las condiciones del suelo son las siguientes:

- Textura del suelo: arena limosa.
- Profundidad tabla de agua en condiciones normales: 60 cm.

SOLUCION

1. Cálculo del caudal de aguas residuales

Habitantes:	7
Caudal:	200 l/hab/día (supuesto)
Caudal total:	$7 \times 200 = 1.400 \text{ l/día} = 1,4 \text{ m}^3/\text{día}$

2. Sistema de pretratamiento

Como sistema de pretratamiento deberá construirse un tanque séptico. Las dimensiones pueden ser obtenidas así:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= \text{Caudal} \times \text{tiempo de detención} \\ &= 1,4 \text{ m}^3/\text{día} \times 1 \text{ día} = 1,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Según la Tabla 5-2, este tanque es equivalente a un tanque tipo A:

Ancho (A)	= 0,7 m
Profundidad (D)	= 1,2 m
Profundidad (H)	= 1,5 m
Capacidad total	= 2.000 l
Largo L_1	= 1,3 m
Largo L_2	= 0,6 m

3. Sistema de tratamiento

Para diseñar una trinchera es muy importante definir la tasa de percolación del suelo y hacer el ensayo según se explicó en el numeral 3.6.

Se supone que se hizo el ensayo de percolación y que se obtuvo una tasa de 8,0 min/cm. Comparar con datos de la Tabla 8-2, para concluir si se está en los rangos esperados y si se pueden utilizar las tasas de aplicación. Para este tipo de suelo la tasa de aplicación, según la Tabla 8-2, es de $0,025 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$. Entonces,

$$\text{Area superficial} = \frac{1,4 \text{ m}^3/\text{día}}{0,025 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}} = 56 \text{ m}^2$$

Si se escoge un ancho de 0,50 m (ver numeral 8.5), de acuerdo con las condiciones del terreno, la longitud de la trinchera será:

$$\text{Longitud trinchera} = \frac{56 \text{ m}^2}{0,5 \text{ m}} = 112 \text{ m}$$

4. Configuración general:

La configuración general del sistema tanque séptico-trinchera se presenta en la Figura 8-4. Los detalles de diseño se pueden consultar en la Figura 8-1. Hay que anotar que paralela a esta trinchera se deberá construir otra para usarla alternadamente y permitir que el medio filtrante se recupere.

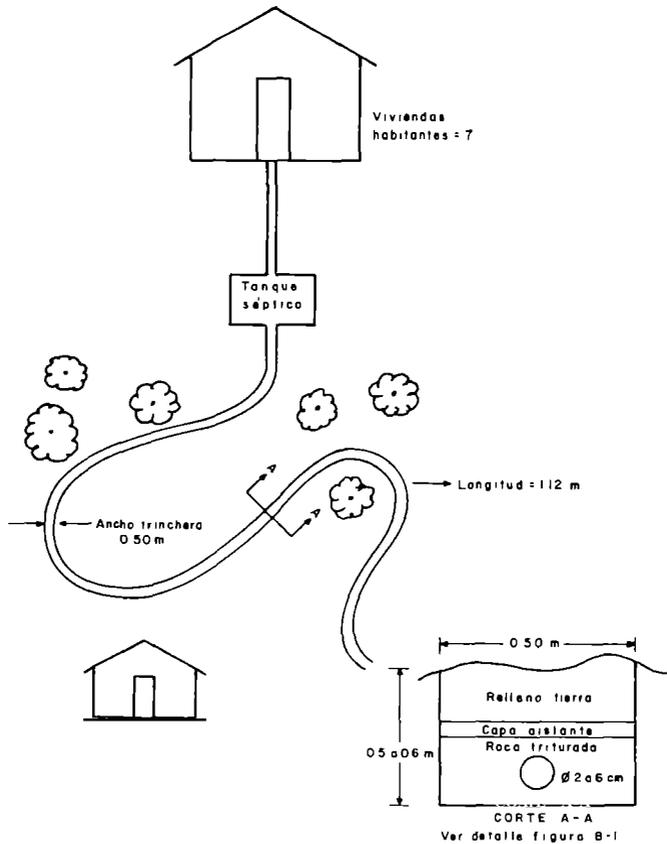


FIGURA 8-4. Representación esquemática de la trinchera propuesta para una vivienda (Ejemplo 8-1).

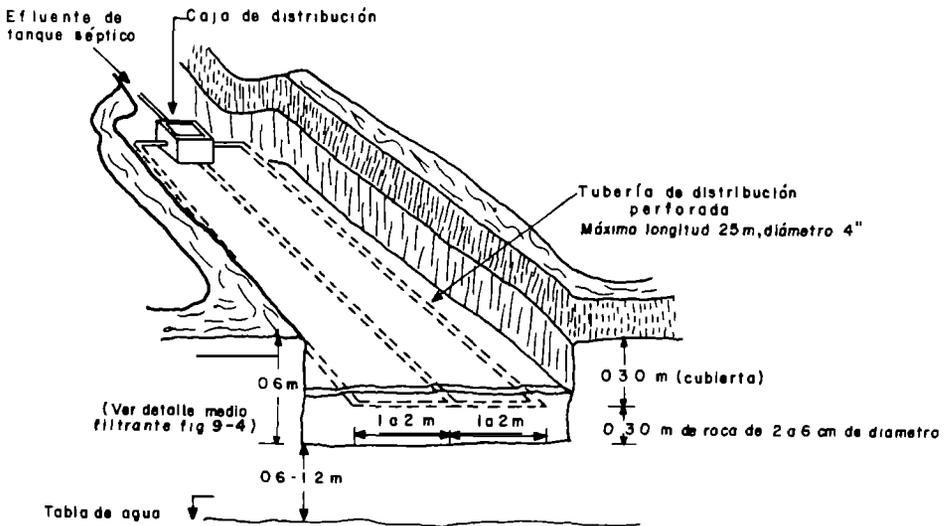
CAPITULO 9

CAMPOS Y ZANJAS DE INFILTRACION

9.1. Descripción

Un campo de infiltración consiste en una serie de tuberías a junta perdida, es decir, no unidas, colocadas en varios ramales o zanjas cubiertas de tierra. Tiene por objeto disponer el efluente de un tanque séptico a través de las tuberías y así, purificarlo mediante la acción bacterial.

Un campo de infiltración es similar a una trinchera, con la diferencia de que el campo es mucho más ancho y tiene más tuberías de distribución. Un campo de infiltración tiene aproximadamente 0,9 m de ancho por cada tubería de distribución y la infiltración se hace principalmente por el fondo del lecho (Figura 9-1).



Tomado de Onsite wastewater treatment and disposal systems
EPA 625/1-80-012 Octubre 1980

FIGURA 9-1. Campo infiltrado

Como en el caso de los filtros de arena y trincheras, los campos de infiltración deben ir precedidos de un tanque séptico, para evitar que sólidos y grasas obstruyan las tuberías y el medio filtrante.

9.2. Localización y configuración de un campo de infiltración

Como ya se anotó, un campo de infiltración debe ir localizado después de un tanque séptico. Los campos de infiltración generalmente requieren menor área total y son menos costosos de construir, pero en algunos casos no se ajustan bien al terreno disponible y hay que optar por las trincheras que tienen más flexibilidad y proporcionan más área vertical de drenaje.

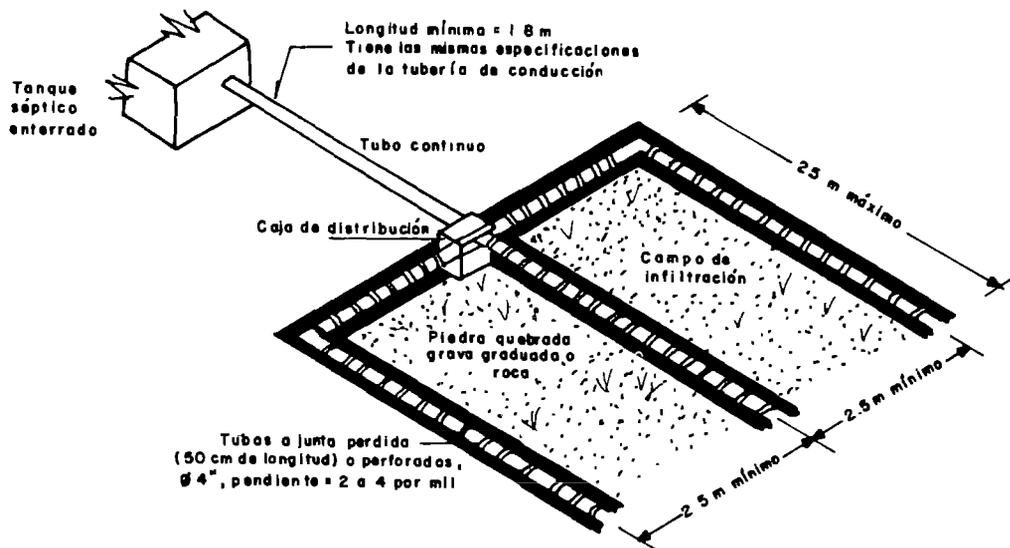
Los campos de infiltración son aceptables cuando el sitio es muy nivelado y los suelos son arenosos o arenosos con tierras ligeramente arcillosas.

Una ventaja de los campos de infiltración es la de utilizar las capas superiores del terreno, las cuales tienen mayor capacidad de absorción por ser más permeables debido a mayor actividad vegetal y animal. Adicionalmente, la actividad vegetal en las capas superiores ayuda a reducir la carga del sistema por el efecto de transpiración, removiéndose parte del nitrógeno y del fósforo de las aguas a tratar.

En terrenos con área insuficiente para trincheras o en sitios con suelos granulares, se pueden hacer campos de infiltración. Si sólo existe terrenos con pendiente, el campo de infiltración debe tener ejes largos que sigan las curvas de nivel.

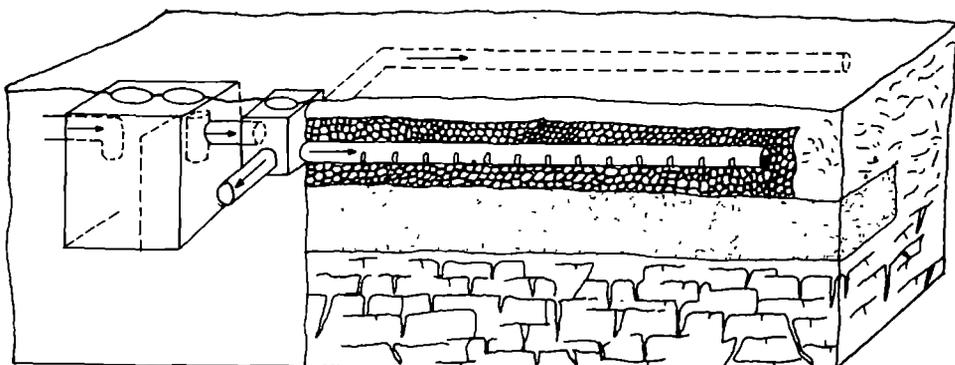
Sin embargo, los campos de infiltración deben ser evitados en pendientes mayores del 5%, aunque se han dado construcciones con pendiente hasta del 10%.

Aunque un campo de infiltración puede tener la conformación indicada en la Figura 9-1, en donde las diferentes tuberías van en un gran lecho filtrante, también es posible construir varios lechos angostos para cada tubería según se indica en la Figura 9-2. Nótese bien la diferencia entre las Figuras 9-1 y 9-2, correspondientes a terrenos planos.



NOTA

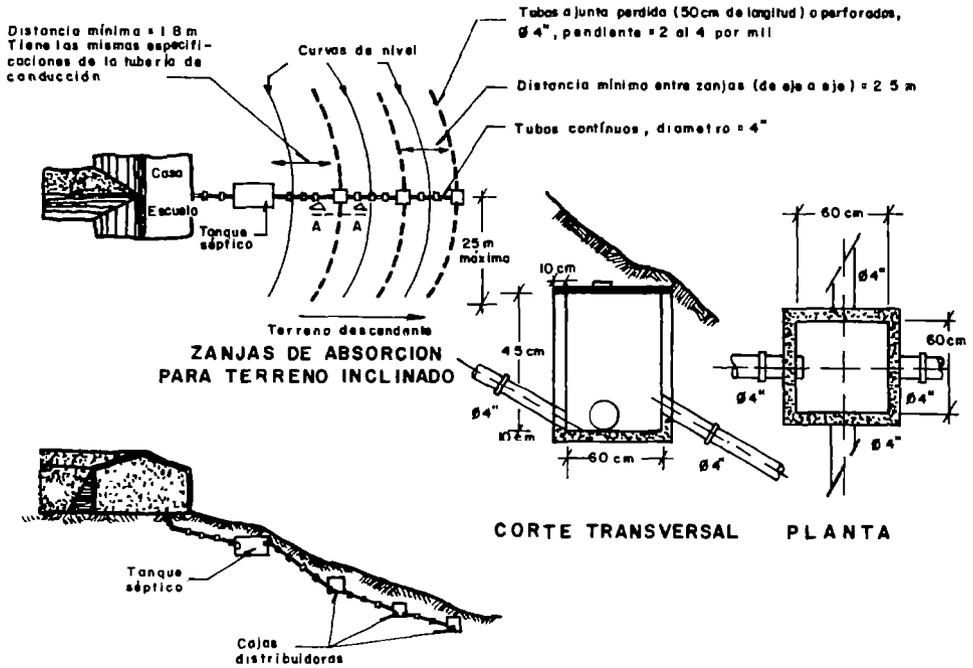
El número de ranas es variable, depende de la prueba de filtración y el ancho de la zanja.



Tomado de referencias 1 y 3

FIGURA 9-2. Zanjas de infiltración para terreno plano.

Cuando el terreno es inclinado el campo de infiltración puede adecuarse, según se indica en la Figura 9-3.



- (1) Ver detalles de cajas de distribución en Figura
- (2) Notar posición del tanque séptico antes del sistema de infiltración

FIGURA 9-3. Zanja de infiltración para terreno inclinado

9.3. Medio filtrante

Como en el caso de las trincheras, un campo de infiltración no se debe hacer en suelos muy permeables y con tasas de percolación mayores de 0,4 min/cm porque el tratamiento resulta nulo. También en estos casos se recomienda cambiar el material por arenas con tierras ligeramente arcillosas. Con un buen material se puede diseñar un campo de infiltración para una tasa de percolación de 2,4 a 6,0 min/cm.

Los campos de infiltración también se deben evitar en terrenos con tasas de percolación menores de 25 min/cm. Estos terrenos se compactan fácilmente y tienen poca capacidad de infiltración.

La principal función del medio filtrante que se coloca alrededor de la tubería de un campo de infiltración, es sostener el sistema de tuberías y proveer un medio para que el agua residual alcance el fondo y los lados de las áreas de infiltración. Este medio filtrante también almacena, descarga picos y disipa la energía que puede traer el flujo de aguas residuales.

El medio filtrante más utilizado es grava o roca triturada de 2 a 6 cm de diámetro. Se recomienda lavar este material antes de colocarlo para remover partículas que lo pueden obstruir.

Para prevenir el atascamiento del medio filtrante con tierra de la parte superior, se recomienda colocar una capa aislante de paja o alguna membrana sintética, si es accesible económicamente.

Las características del medio filtrante se presentan en la Figura 9-4.

La longitud de un lecho filtrante está restringida por la forma del terreno pero se recomienda que ésta no sea mayor de 30 m para evitar asentamientos diferenciales, roturas de la tubería.

Las principales dimensiones de un campo de infiltración se presentan en la Tabla 9-1.

TABLA 9-1. Dimensiones típicas para campos y zanjas de infiltración

Sistema	Ancho (m)	Longitud ramal (m)	Profundidad total (m)	Espesor de cubierta (cm)	Espaciamiento (m)
Campo único Figura 9-1	(1)	25	0,60	30	1-2 (1)
Zanja Figura 9-2	(2)	25	0,60	30	2,5 (2)

(1) Entre cada tubo debe haber de 1 a 2 m. El ancho total dependerá del número de tubos

(2) El ancho de cada zanja debe ser de 0,45 m. Entre cada zanja debe haber una distancia de 2,5 m

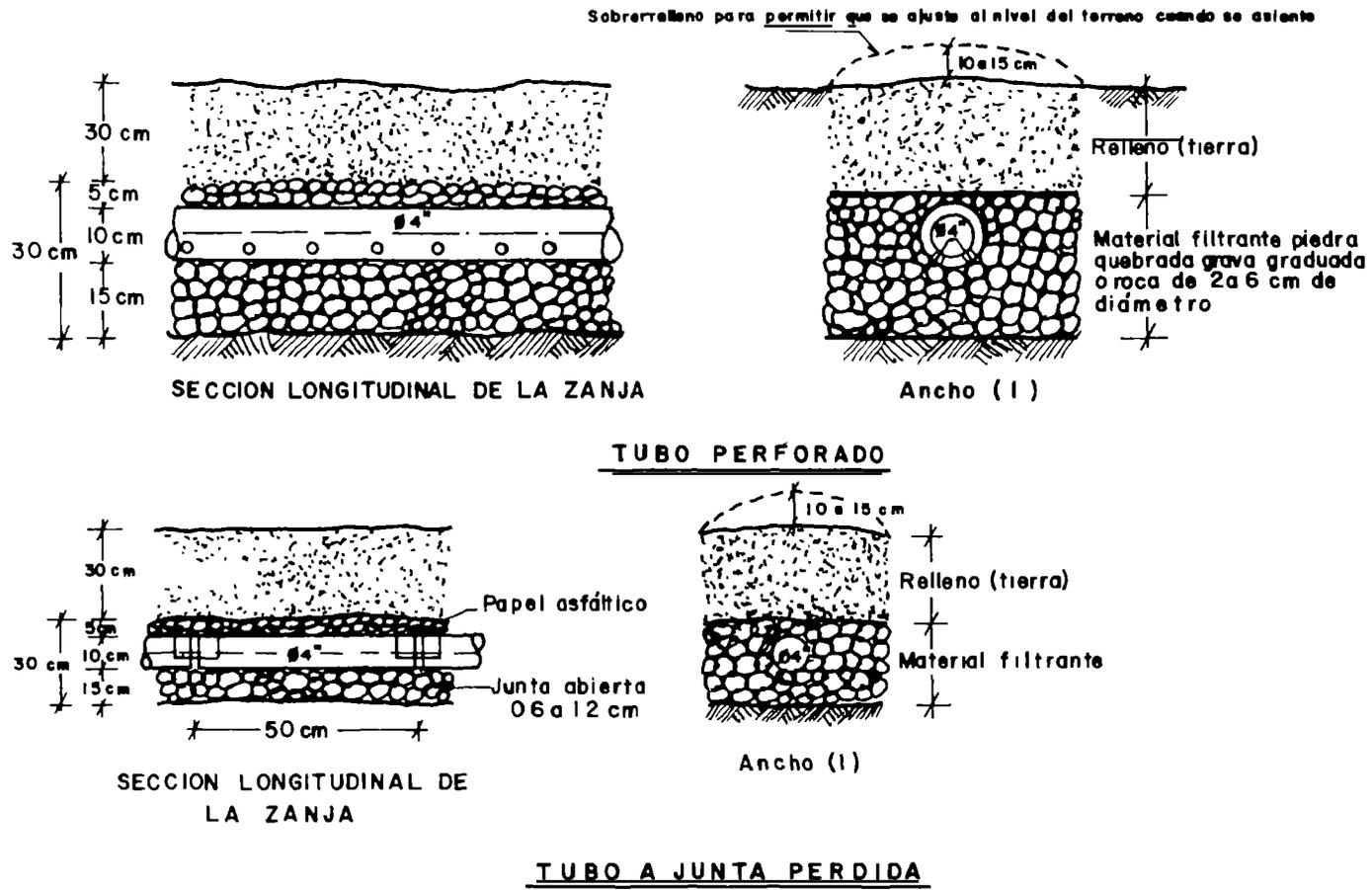


FIGURA 9-4. Esquema de medio filtrante para campos y zanjas de infiltración.

9.4. Dimensionamiento

Un campo de infiltración debe ubicarse en el terreno tratando de respetar las distancias y evitando excavaciones muy profundas.

Una guía sobre las distancias mínimas para la localización de campo de infiltración se presenta en la Tabla 9-2.

TABLA 9-2. Distancias para la localización de las zanjas

Entre las tuberías extremas y	Distancia horizontal (metros)
Nivel máximo de la superficie del agua de una represa o lago.	15 – 30
Corriente del río o arroyo	15 – 30
Pozo de agua o su tubería de succión	15 – 30
Tubo de abastecimiento de agua (a presión)	7,5
Una casa o sus dependencias*	6,0
Límites de propiedad	1,5 – 3,0
Líneas divisorias de lotes	1,5
Piscina o charco	15,0

* Distancia entre la casa y la primera caja de distribución

A menos que se encuentren terrenos más profundos con buena capacidad permeable, el fondo del lecho de un campo de infiltración debe quedar entre 50 y 60 cm por debajo de la superficie natural del terreno. Si se tiene el nivel freático muy cerca a la superficie del terreno y hay terrenos poco permeables, el sistema puede ser levantado formando una especie de montículo.

9.5. Cargas hidráulicas – áreas

Las tasas de percolación y de aplicación recomendadas para unos campos de infiltración son iguales a las recomendadas para una trinchera, tal como se presentó en la Tabla 8–2, pero se repiten a continuación en la Tabla 9–3.

TABLA 9–3. Tasa de aplicación de agua residual doméstica a un campo de infiltración

Textura del suelo	Tasa de percolación (min/cm)	Tasa de aplicación (m ³ /m ² /día) (1)
Grava, arena gruesa	< 0,4 (2)	No adecuado
Arena gruesa media	0,4 – 2	0,05
Arena fina, arena limosa	2,5 – 6	0,03
Arena limosa, limos	6,5 – 12	0,025
Limos	12 – 24	0,02
Limos arenosos y arcillosos, limos arcillosos (3)	24 – 48	0,008 (4)

Tomado de: Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems Design Manual EPA/1–80–112

- (1) Valores basados en efluentes de aguas residuales domésticas provenientes de un tanque séptico
- (2) Suelos con tasas de percolación menores de 0,4 min/cm se pueden utilizar si se remplazan más de 60 cm de espesor de suelo con arena o arena limosa
- (3) Suelos con arcillas expansivas
- (4) Suelos que pueden ser afectados durante la construcción

Las tasas de aplicación de la Tabla 9–3 pueden ser utilizadas para calcular la longitud de tuberías que se requieren en un campo de infiltración, tal como se explica en el Ejemplo 8–1, sobre dimensionamiento de trincheras. Sin embargo, es posible encontrar ya de una manera tabulada y para casos específicos, la longitud de tubería requerida, conociendo la tasa de percolación y el ancho de zanja (ver Tablas 9–4 a 9–7). La aplicación de estas tablas se verá en los Ejemplos 9–1 y 9–2.

TABLA 9-4. Zanja requerida en campos de infiltración de viviendas. Longitud total de tubería en metros.
($q = 150$ l/hab/día; ancho de zanja = 45 cm)

Tiempo en minutos que tarda el agua en bajar 2,5 cm	NUMERO DE PERSONAS						
	Hasta 10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40
1	20	30	40	50	60	70	80
2	24	36	48	60	72	84	96
3	28	42	56	70	84	98	112
4	32	48	64	80	96	112	128
5	35	53	70	88	105	122	140
10	50	75	100	125	150	175	200
15	65	98	130	163	195	228	260
20	75	112	150	188	225	262	300
30	96	144	192	240	288	336	384
45	120	180	240	300	360	420	480
50	128	192	256	320	384	448	512
60	135	202	270	338	405	472	540

TOMADO DE

Revista Empresas Públicas de Medellín, Vol. 4, No. 2 Abril/Junio, 1982.

TABLA 9-5. Zanja requerida en campos de infiltración de escuelas. Longitud total de tubería en metros.
 (q = 50 l/alumno/día; ancho de zanja = 45 cm).

Tiempo en minutos que tarda el agua en bajar 2,5 cm	NUMERO DE ALUMNOS POR DIA						
	Hasta 30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-105	106-120
1	21	32	42	52	63	74	84
2	24	36	48	60	72	84	96
3	27	41	54	68	81	95	108
4	30	45	60	75	90	105	120
5	33	50	66	82	99	115	132
10	51	76	102	128	153	178	204
15	63	95	126	158	189	220	252
20	75	112	150	188	225	262	300
30	99	148	198	248	297	347	396
45	120	180	240	300	360	420	480
50	126	190	252	315	378	441	504
60	132	198	264	330	396	462	528

TOMADO DE Revista Empresas Públicas de Medellín, Vol 4, No 2, Abril/Junio, 1982

TABLA 9-6. Zanja requerida en campos de infiltración de hoteles y campamentos. Longitud total de tubería en metros ($q = 95$ l/huésped/día; ancho de zanja = 45 cm).

Tiempo en minutos que tarda el agua en bajar 2,5 cm	NUMERO DE HUESPEDES POR DIA						
	Hasta 15	16-24	25-32	33-40	41-47	48-55	56-63
1	19	30	40	50	60	70	80
2	23	36	48	60	71	84	96
3	27	43	57	71	84	98	112
4	30	48	64	80	94	110	126
5	33	53	70	88	103	121	139
10	47	76	101	126	149	174	200
15	62	99	132	164	193	226	259
20	71	114	152	190	223	261	300
30	91	146	195	243	286	334	383
45	114	182	243	304	357	418	480
50	122	194	260	324	381	446	510
60	128	205	274	342	402	470	538

TOMADO DE: Revista Empresas Públicas de Medellín, Vol 4, No. 2, Abril/Junio, 1982.

TABLA 9-7. Zanja requerida en campos de infiltración de restaurantes. Longitud total de tubería en metros.
 (q = 25 l/comida servida/día; ancho de zanja = 45 cm).

Tiempo en minutos que tarda el agua en bajar 2,5 cm	NUMERO DE COMIDAS SERVIDAS POR DIA						
	Hasta 60	61-90	91-120	121-150	151-180	181-210	211-240
1	21	32	42	53	63	74	84
2	24	36	48	60	72	84	96
3	27	41	54	68	81	95	108
4	30	45	60	75	90	105	120
5	33	50	66	83	99	116	132
10	51	77	102	128	153	178	204
15	63	95	126	158	189	221	252
20	75	113	150	188	225	263	300
30	99	149	198	248	297	347	396
45	120	180	240	300	360	420	480
50	126	189	252	315	318	441	504
60	132	198	264	330	396	462	528

TOMADO DE Revista Empresas Públicas de Medellín, Vol 4, No 2, Abril/Junio, 1982

9.6. Construcción

Cuando se define el sitio de construcción de un campo de infiltración hay que tener cuidado de no compactar el sitio escogido con maquinaria o vehículos pesados que estén trabajando en la construcción de la vivienda. Los suelos con alto contenido de arcilla son muy susceptibles de compactación y de dañarse, mas no los suelos arenosos.

Entre las recomendaciones de construcción están:

- El fondo del campo de infiltración deberá quedar bien nivelado para asegurar una distribución uniforme del flujo.
- Las excavaciones de suelos arcillosos será preferible hacerlas cuando el terreno está seco. Si se forma una cinta con tierra al tratar de hacerlo, utilizando los dedos pulgar e índice, quiere decir que el terreno está muy húmedo.
- Si se va a colocar el material filtrante por vehículos pesados, deberá evitarse que éstos pasen sobre la superficie del lecho y mejor descargar por los lados.
- El sistema de distribución deberá ser cubierto por una capa de al menos 5 cm de grava o piedra para retardar el crecimiento de raíces.
- El relleno final del campo o zanja deberá ser del mismo material original y no más permeable.
- Es recomendable dejar una especie de "barriga" sobre el campo de infiltración para que con el asentamiento inicial del terreno éste quede plano.
- La construcción se deberá realizar en cuatro etapas:
 - Excavar zanjas
 - Extender el material filtrante
 - Colocar tuberías
 - Rellenar parte restante del campo o zanja

EJEMPLO 9-1: Diseño de una zanja de infiltración (Figura 9-5).

Se tiene una residencia para 10 personas, las cuales tienen un consumo de agua de 150 l/hab/día. Un ensayo de percolación en el terreno dio como resultado una tasa de filtración de 20 min por 2,5 cm.

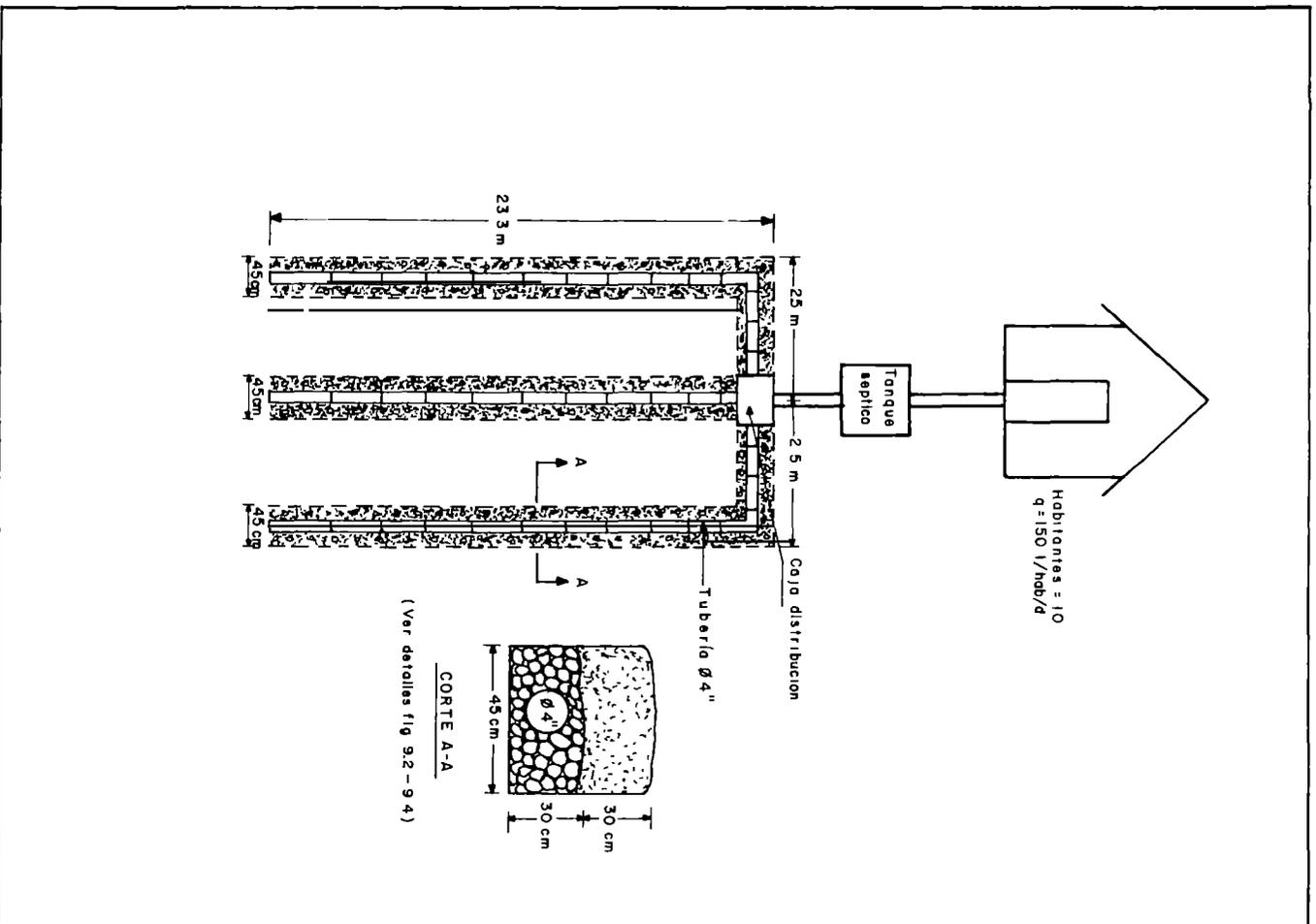


FIGURA 9-5. Dimensionamiento de zanjas de infiltración.
Ejemplo 9-1.

¿Cuál será la configuración de una zanja de infiltración para tratar las aguas residuales de esta residencia?

SOLUCION

1. Sistema de pretratamiento

Como sistema de pretratamiento para remoción de sólidos, deberá construirse un tanque séptico. El dimensionamiento de este tanque ya se hizo en los Ejemplos 5-4, 6-1 y 7-1 y se omitirá en esta ocasión.

2. Sistema de tratamiento

De la Tabla 9-4 se obtiene que para 10 personas, un caudal de 150 l/hab/día y una tasa de filtración de 20 min/2,5 cm se requieren 75 m de tubería.

Notar que esta tabla sólo se puede usar cuando se tiene un consumo de 150 l/hab/día.

Como entre ramal y ramal hay 2,5 m de espaciamento, si se tienen dos ramales la longitud de cada ramal será:

$$\text{Longitud ramal} = \frac{75 - 2,5}{2} = 36,25 \text{ m}$$

Como la longitud máxima de un ramal es de 25 m, se coloca otro ramal para un total de 3. Entre cada ramal habrá 2,5 m para un total de 5,0 m.

$$\text{Longitud ramal} = \frac{75 - 5}{3} = 23,3 \text{ m}$$

Si el terreno es adecuado se podrán dejar tres ramales con una longitud de 23,3 m.

Según la configuración del terreno, el número de ramales se podrá aumentar para disminuir la longitud de cada uno.

El ancho de cada zanja será de 45 cm según se recomienda en la Tabla 9-1 (Figura 9-2).

EJEMPLO 9-2: Diseño de un campo de infiltración (Figura 9-6).

Diseñar un campo de infiltración para una residencia donde habitan 10 personas con un consumo de 150 l/hab/día.

Un ensayo de percolación en el terreno dio como resultado una tasa de filtración de 20 min por 2,5 cm.

¿Cuál será la configuración de un campo de infiltración para disponer las aguas residuales de esta residencia?

SOLUCION

1. Sistema de pretratamiento

Como sistema de pretratamiento para remoción de sólidos, deberá construirse un tanque séptico. El dimensionamiento de este tanque ya se ha explicado en los Ejemplos 5-1, 6-1 y 7-1 y se omitirá en esta ocasión.

2. Cálculo del caudal de aguas residuales

Habitantes: = 10

Caudal total = 150 l/hab/día x 10 hab = 1.500 l/día = 1,5 m³/día.

3. Sistema de tratamiento

La tasa de percolación del terreno en donde se construirá el campo de infiltración fue de 20 min/2,5 cm = 8 min/cm. Esta tasa es equivalente a un terreno arenoso con tierras ligeramente arcillosas (ver Tabla 9-3). A esta tasa de percolación se puede aplicar el flujo de agua residual a una tasa de 0,025 m³/m²/día (ver Tabla 9-3).

El área del campo de infiltración será entonces:

$$\text{Area} = \frac{1,5 \text{ m}^3/\text{día}}{0,025 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}} = 60 \text{ m}^2$$

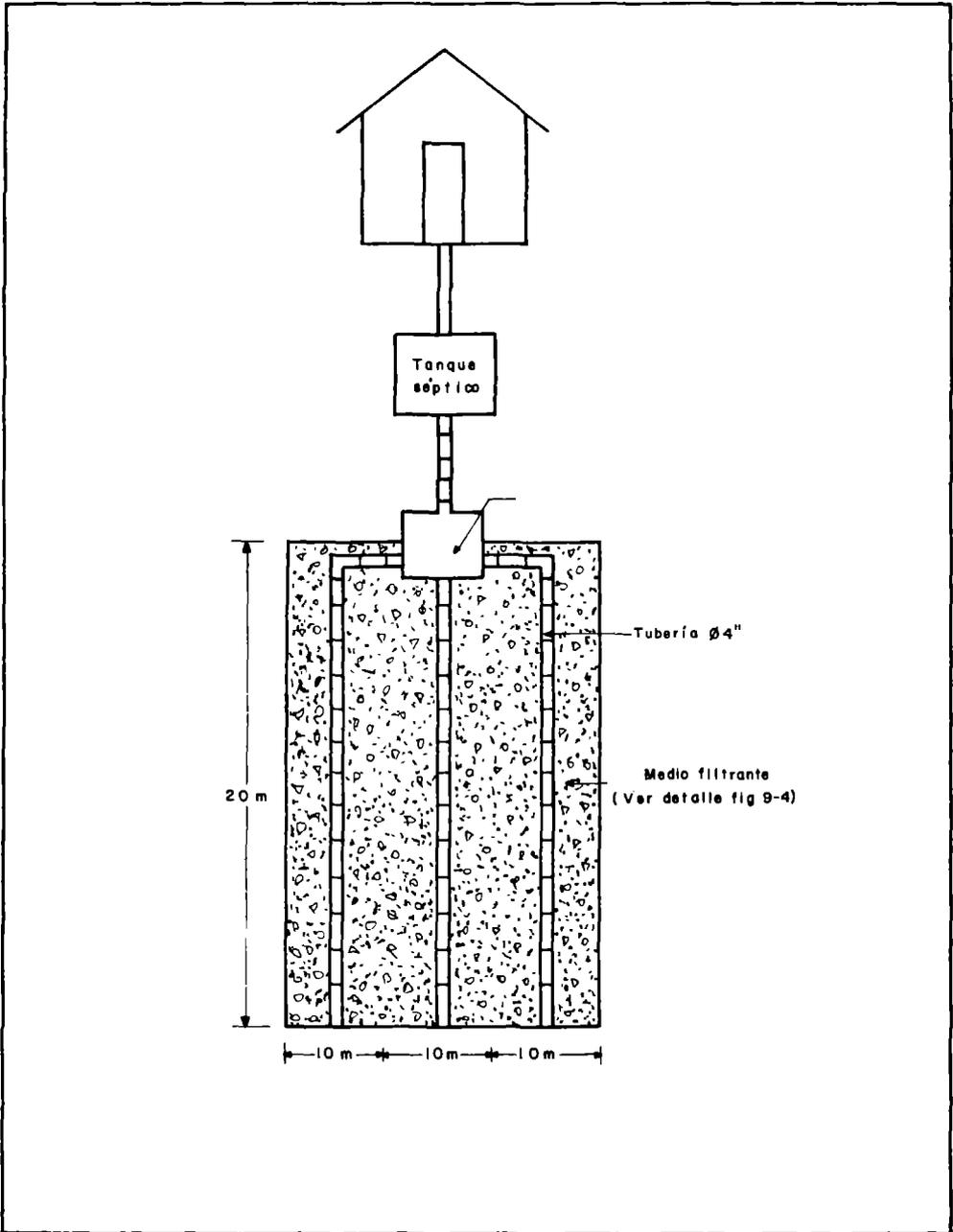


FIGURA 9-6. Dimensionamiento de un campo de infiltración

Como el largo de los ramales está limitado a 25 m, se selecciona una longitud de 20 m. Esta longitud será variable según la conformación del terreno. Para este caso el ancho del campo será:

$$\text{Ancho campo} = \frac{60 \text{ m}^2}{20 \text{ m}} = 3 \text{ m}$$

La conformación del campo de infiltración se presenta en la Figura 9-6.

Comparando las zanjas y el campo de infiltración dimensionados para atender la misma vivienda, se puede concluir lo siguiente:

- Las zanjas de oxidación requieren menos excavación, pero el área total es mayor (5 m x 23,3 m).
- El campo de infiltración requiere mayor excavación o volumen para el medio filtrante, pero el área es menor (3 m x 20 m).

BIBLIOGRAFIA

- 1 Ministère de L'environnement Cahiers Techniques de la Direction de la Prevention des Pollutions Assainissement individuel, Francia 1981
- 2 EPA Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems. 625/1-80-012. Washington, 1980
- 3 Empresas Públicas de Medellín — Tanques Sépticos Revista Empresas Públicas de Medellín Vol 4, No 2 Abril/Junio, 1982, p. 30-43

CAPITULO 10

POZOS DE ABSORCION (1)

10.1. Descripción

Un pozo de absorción consiste en un pozo cubierto de forma circular cuyas paredes se revisten de ladrillo o piedra, dejando aberturas entre ellos y pegados en seco, permitiendo, a través de sus paredes, la infiltración del agua proveniente del tanque séptico.

El pozo de absorción tiene como función recibir las aguas residuales decantadas de un tanque séptico, para infiltrar los líquidos en el terreno y estabilizar los sólidos remanentes. Su forma de operación es equivalente a la de los campos y zanjas de infiltración.

Los pozos de absorción generan muchas veces oposición por no ser tan eficientes como los otros métodos descritos, pero son prácticamente la única alternativa de tratamiento cuando no hay espacios disponibles y se tienen pequeños flujos de aguas residuales.

Un esquema de un pozo de absorción se presenta en la Figura 10-1.

Al final de este capítulo se presenta una metodología para el dimensionamiento de un pozo de absorción (Ejemplo 10-1).

10.2. Localización de un pozo de absorción

Las normas generales para la localización de un pozo de absorción son:

- El área del lote donde va a ser construido el pozo de absorción deberá ser suficiente para mantener la distancia mínima requerida entre varios pozos (en caso de ser necesarios), a la vez que permita espacio para pozos adicionales, si los primeros fallan.
- Deberán localizarse aguas abajo de pozos y manantiales.
- Cuando se construyan dos pozos de absorción, la separación entre ellos deberá ser tres veces el diámetro del pozo.
- Para pozos de más de 6,0 m de profundidad, el espacio mínimo entre pozos deberá ser de 6,0 m.

(1) Este capítulo es básicamente el presentado en la Revista Empresas Públicas de Medellín, Vol. 4, No 2 Abril/Junio, 1988

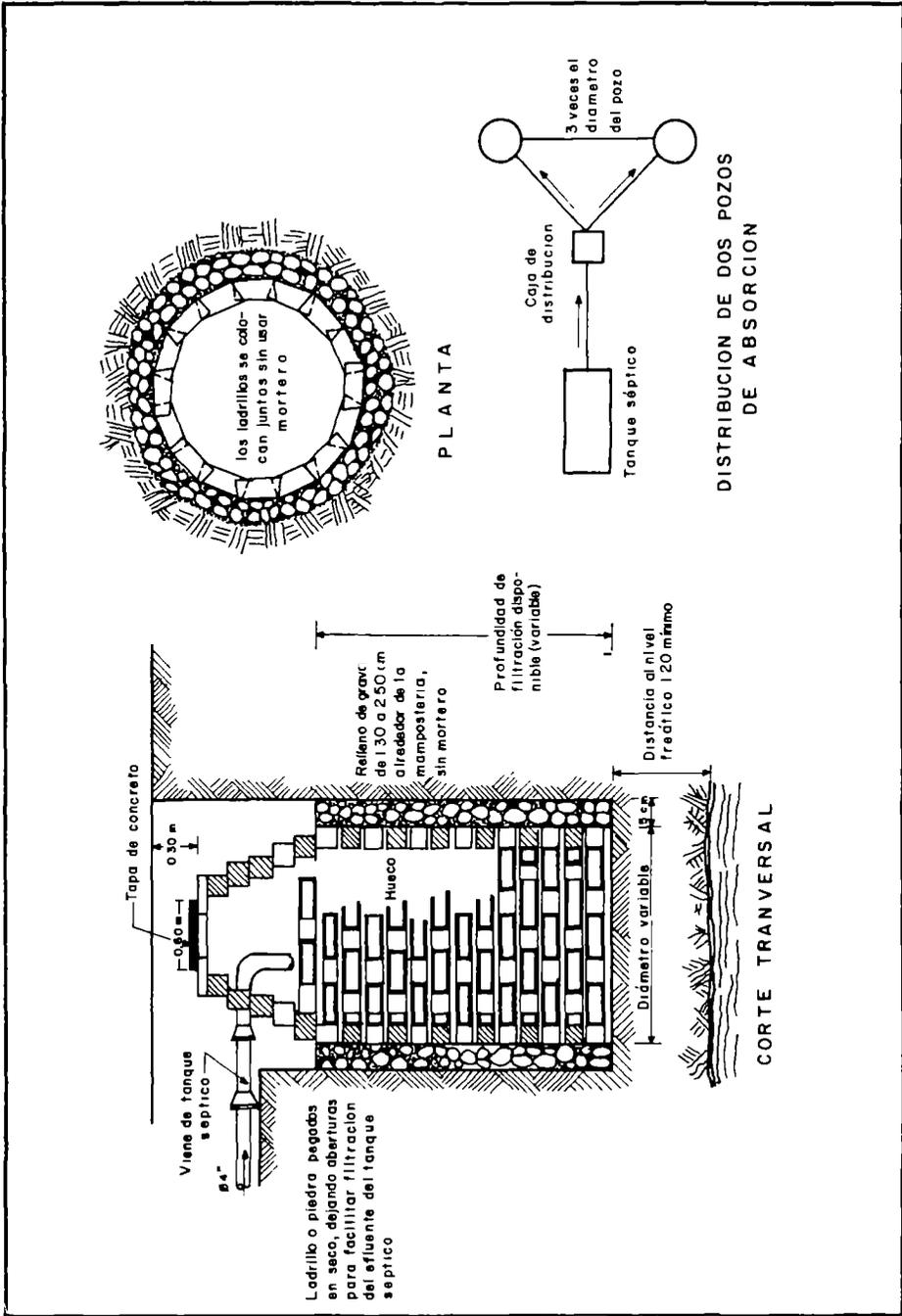


FIGURA 10-1. Pozo de absorción, corte transversal y planta.

- La localización de un pozo de absorción deberá cumplir con las distancias mínimas indicadas en la Tabla 10-1.

TABLA 10-1. Distancias mínimas para la localización de un pozo de absorción

Entre pozo de absorción y:	Distancia horizontal (metros)
— Nivel máximo de la superficie del agua de una represa o lago	30,0
— Corriente de río o arroyo	30,0
— Pozo de agua o su tubería de succión	30,0
— Tubería de abastecimiento de agua a presión	15,0
— Una casa o sus dependencias	6,0
— Límites de propiedad	3,0
— Líneas divisorias de lotes	1,5
— Piscina o charco	15,0

10.3. Áreas de absorción requeridas

Las áreas de absorción y criterios de diseño para un pozo de absorción son similares a los de trincheras y campos de infiltración (Tabla 8-2 y 9-3).

Quando se determina que un pozo de absorción es necesario y apropiado como sistema de absorción, se requerirá ejecutar la prueba de percolación o filtración indicada en el numeral 3.6 en cada estrato vertical penetrado. Para la prueba de filtración se perforará un pozo de 1,0 m de diámetro por 2,0 m de profundidad aproximadamente. El promedio ponderado de los resultados deberá calcularse para obtener una cifra de diseño. Los estratos del subsuelo en donde la velocidad de filtración exceda de 30 min/2,5 cm no deberán incluirse en el cálculo del área de absorción. A partir de las tasas de infiltración es posible calcular las áreas de absorción requeridas en metros cuadrados. Para simplificar estos cálculos, se presenta en forma tabulada en la Tabla 10-2, el área requerida para diferentes tasas de filtración. Esta tabla sólo podrá ser utilizada para los consumos de agua indicados. Para caudales diferentes habrá que hacer el cálculo respectivo.

TABLA 10—2. Requisitos de área de absorción para sistemas que aprovechan la absorción del suelo. Residencias q=150 l/hab/día; escuelas q = 50 l/alumno/día; restaurantes q = 25 l/comida/día; hoteles y campamentos q = 95 l/hab/día.

Tasa de filtración [tiempo requerido para que el agua baje 2,5 cm en minutos]	AREA DE ABSORCION REQUERIDA EN METROS CUADRADOS (a)				Porosidad del terreno	
	Casa (por persona)	Escuelas (por alumno)	Restaurantes (por comida)	Hoteles y campamentos (por huésped)	Absorción relativa	Tipo de suelo
1 o más	0,90	0,30	0,15	0,60	Absorción rápida	Arena gruesa o grava
2	1,10	0,35	0,18	0,70		
3	1,30	0,40	0,20	0,80		
4	1,50	0,45	0,23	0,90	Absorción media	Arena fina tierra arenosa
5	1,60	0,52	0,26	1,00		
10	2,40	0,80	0,40	1,50	Absorción lenta	Arcilla con arena o tierra
15	3,00	1,00	0,50	1,90		
30 (b)	4,50	1,50	0,75	2,70		
45 (b)	5,40	1,80	0,90	3,40	Terreno semipermeable	Arcilla compacta
50 (b)	5,60	1,90	0,95	3,60		
60 (b), (c)	6,00	2,00	1,00	4,00		

(a) Para zanjas de absorción, el área de absorción está considerada como el área del fondo de las zanjas, e incluye una tolerancia estadística para el área de las paredes verticales. El área de absorción para pozos de absorción se calcula como el área lateral efectiva bajo la entrada de la tubería

(b) Inapropiada para pozos de absorción si sobrepasa treinta

(c) Áreas inapropiadas para sistemas de absorción si sobrepasa sesenta.

10.4 Restricciones de un pozo de absorción

Entre las restricciones para la construcción de un pozo de absorción se tienen:

- Cuando el nivel freático se encuentra a menos de 3,0 m, las condiciones serán desfavorables para un pozo de absorción.
- La excavación del pozo de absorción deberá terminar 1,2 m arriba del agua freática.
- En el área efectiva de las paredes del pozo de absorción se deberán considerar únicamente los estratos permeables y el espacio comprendido entre el tubo de llegada del agua y el fondo del pozo.

EJEMPLO 10-1: Dimensionamiento de un pozo de absorción

Se tiene una residencia para 10 personas con un consumo de agua de 150 l/hab/día. Por restricciones de espacio se va a construir un pozo de absorción para la disposición de las aguas residuales. La distancia máxima entre el nivel freático y la superficie del terreno es de 8,0 m. Para explicar cómo se dimensiona el pozo de absorción cuando se tienen terrenos uniformes o con estratos diferentes, se harán ejemplos de cálculo para dos casos:

- a. Suponiendo que la prueba de filtración es de 15 min/2,5 cm y que todo el terreno tiene las mismas características de permeabilidad.
- b. Suponiendo que el terreno tiene varios estratos con diferentes tasas de filtración según se indica en la Tabla 10-3.

SOLUCION:

1. Caso (a) — Terreno uniforme. Tasa filtración 15 min/2,5 cm.

Sea h = Profundidad del pozo en m
 D = Diámetro del pozo en m

Entonces:

$A = \pi Dh$ = área de absorción requerida en m^2 .

Para los 15 min/2,5 cm se requiere un área de absorción de 3 m^2 /persona según la Tabla 10-2.

TABLA 10-3. Resultados de la prueba de filtración (Ejemplo, numeral (b))

Estrato	Profundidad	Resultado	Area de absorción requerida
1	0-1,2 m	Suelo con una tasa de filtración mayor de 60 minutos por 2,5 cm.	Este estrato no aporta área de absorción por cuanto su tasa de filtración es mayor de 60 minutos por 2,5 cm (a)
2	1,2-1,5 m	Formación rocosa.	Este estrato no aporta área de absorción (b).
3	1,5-2,4 m	Tasa de filtración de 15 minutos por 2,5 cm.	Se requiere un área de absorción de 3 m ² /persona (c).
4	2,4-6,5 m	Tasa de filtración de 5 minutos por 2,5 cm.	Se requiere un área de absorción de 1,6 m ² /persona (c).

- (a) No deberán incluirse los estratos en donde la tasa de filtración excede de 30 minutos por cada 2,5 cm (1)
- (b) No deberán incluirse los estratos impermeables o porosos ni el área del fondo en el cálculo del área de absorción (1).
- (c) Según Tabla 10-2

$A = \text{Area de absorción total} = 3 \text{ m}^2/\text{persona} \times 10 \text{ personas} = 30 \text{ m}^2 .$

Si se adopta un diámetro de pozo $D = 1,5$ se tiene que:

$$A = \pi Dh$$

$$30 \text{ m}^2 = 3,14 \times 1,5 \text{ m} \times h$$

$$h = 6,4 \text{ m}$$

Si se coloca la entrada del influente a 0,8 m por debajo de la superficie, las distancias verticales quedarán así (Figura 10-2):

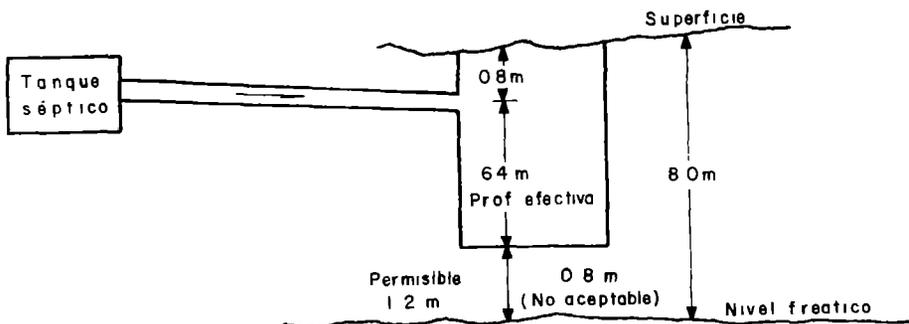


FIGURA 10-2. Dimensionamiento del pozo de absorción del Ejemplo 10-1. Un solo estrato.

En este caso se ve que la distancia entre el fondo del pozo y el nivel freático es de 0,8 m y se recomienda 1,2 m (faltan 0,4 m). Para cumplir con este requisito de 1,2 m, la profundidad efectiva del pozo se debiera reducir de 6,4 a 6,0 m, pero como el área de absorción deberá permanecer constante, se podrá aumentar el diámetro del pozo o aumentar el número de pozos.

Si se aumenta el número de pozos se podrán tener las siguientes alternativas:

- Dos pozos con diámetro de 3 m cada uno

$$A = 2 (\pi Dh)$$

$$30 \text{ m}^2 = 2(3,14 \times 3,0 \text{ m} \times h)$$

Despejando h,
 $h = 1,6 \text{ m} (< 6,0 \text{ m})$

Se podrán hacer dos pozos de $D = 3 \text{ m}$ y $h = 1,6 \text{ m}$ cada uno.

- Dos pozos con diámetro de 1,5 m cada uno

$$A = 2 (\pi Dh)$$

$$30 \text{ m}^2 = 2(3,14 \times 1,5 \text{ m} \times h)$$

Despejando h,
 $h = 3,2 \text{ m} (< 6,0 \text{ m})$

Se podrán hacer dos pozos de $D = 1,5 \text{ m}$ y $h = 3,2 \text{ m}$ cada uno.

2. Caso (b) – Terreno con varios estratos – Filtración variable

De la Tabla 10–3 se puede concluir que ni el estrato 1 ni el 2 se pueden utilizar como medio de absorción. Las profundidades de cada estrato son:

Estrato No.	Profundidad (m)	Utilizable
1	1,2	No
2	0,3	No
3	0,9	Sí
4	2,9	Sí
TOTAL	5,3	

Para el estrato 3, el área efectiva de absorción que se requiere es de:

$$3 \text{ m}^2/\text{persona} \times 10 \text{ personas} = 30 \text{ m}^2$$

Como la profundidad de este estrato es de 0,9 m, entonces el área de absorción suministrada si el diámetro es de 1,5 m será de:

$$A = \pi Dh = 3,14 \times 1,5 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} = 4,24 \text{ m}^2$$

o sea que el estrato 3 sólo proveerá 4,24 m² y el estrato 4, que es el otro que tiene capacidad de absorción, deberá proveer $30 - 4,24 = 25,76 \text{ m}^2$.

Como el estrato 4 tiene una tasa de filtración de 5 min/2,5 cm, correspondiente a 1,6 m²/persona (ver Tabla 10–3), entonces el estrato 4

necesita aportar un área de absorción menor que la del estrato 3 (3,0 m²/persona) y equivalente a $1,6/3 = 0,53$ del área necesaria por proveer, calculada anteriormente. El área por agregar será:

$$0,53 \times 25,76 \text{ m}^2 = 13,65 \text{ m}^2$$

Como se tiene un diámetro de 1,5 m, la altura que deberá tener el pozo será de:

$$A = \pi Dh$$

$$13,65 \text{ m}^2 = 3,14 \times 1,5 \text{ m} \times h$$

Despejando h,

$$h = 2,9 \text{ m}$$

El dimensionamiento del pozo de absorción quedará entonces así (Figura 10-3).

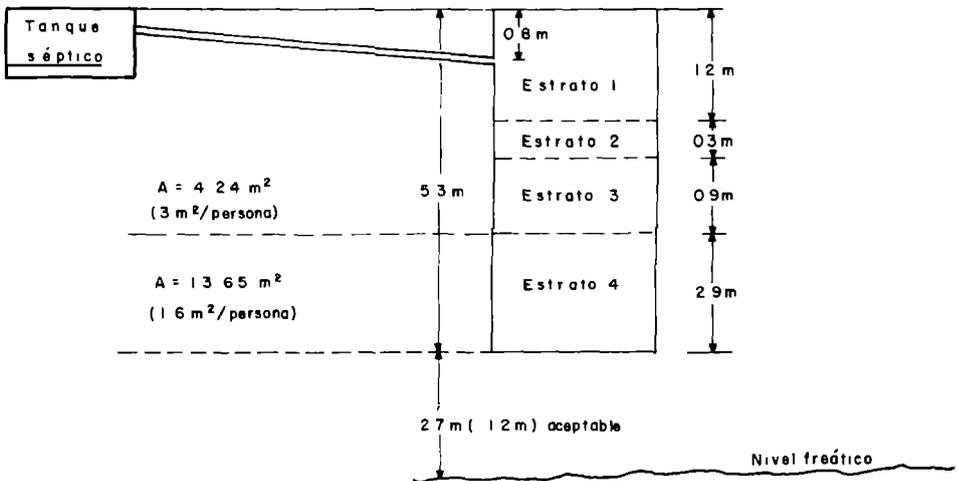


FIGURA 10-3: Dimensionamiento del pozo de absorción con varios estratos.

Los detalles de construcción del pozo de absorción se pueden consultar en la Figura 10-1.

CAPITULO 11

MONTICULOS

11.1. Descripción

Muchas zonas rurales no tienen suelos adecuados para ser utilizados como medio de tratamiento de las aguas residuales. También ocurre que a veces el nivel freático es muy alto y no es posible construir zanjas de infiltración, trincheras, filtros enterrados, etc. Un sistema alternativo de tratamiento, cuando se tienen suelos muy impermeables o niveles freáticos muy altos, es el de los montículos.

Un montículo se construye como en otros sistemas de tratamiento, para recibir los efluentes de un tanque séptico y consiste de un material de relleno, un área de absorción, un sistema de distribución y una capa o cubierta (Figura 11-1). El efluente de un tanque séptico es llevado al área de absorción mediante el sistema de distribución. Fluye a través del material de relleno en donde es purificado y luego pasa el suelo natural. La cubierta consiste de tierra y grama y actúa como barrera a la infiltración, retiene humedad para la vegetación y ayuda a la escorrentía de la precipitación. Como un montículo implica la elevación del terreno, es muy probable que en terrenos planos haya que bombear el efluente del tanque séptico, lo cual se puede constituir en una desventaja por el sobre costo. Por otro lado, en terrenos con pendiente favorable, en donde el montículo se pueda construir pendiente abajo del tanque séptico, el bombeo se puede sustituir por un sifón.

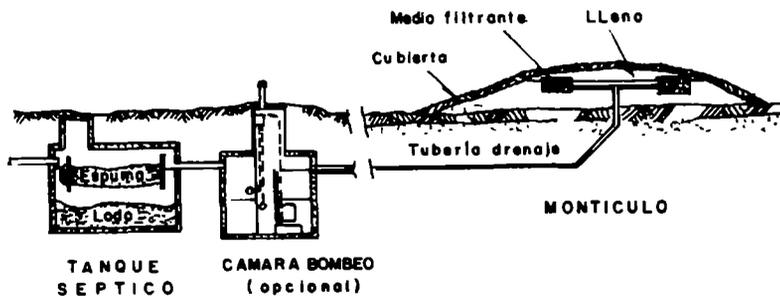


FIGURA 11-1. Esquema de funcionamiento de un sistema Tanque Séptico-Montículo.

11.2. Movimiento de flujos en un montículo

Un montículo cumple dos funciones, según que los suelos sean impermeables o muy permeables y en ambos casos los patrones de flujo son diferentes.

11.2.1. Suelos ligeramente permeables o impermeables

Para estos suelos, la función primaria de un montículo es la absorción del efluente. Suficiente purificación ocurrirá a medida que el efluente se mueve a través del relleno y del suelo natural. Aquí, el área de absorción es levantada por encima del suelo natural de baja permeabilidad o muy húmedo, utilizando un relleno de material adecuado más permeable.

Inicialmente el flujo se mueve lateralmente hasta que entre al suelo original menos permeable. Este patrón de flujo se da cuando las tasas de percolación se aproximan a 60 min/2,5 cm (Figura 11-2).

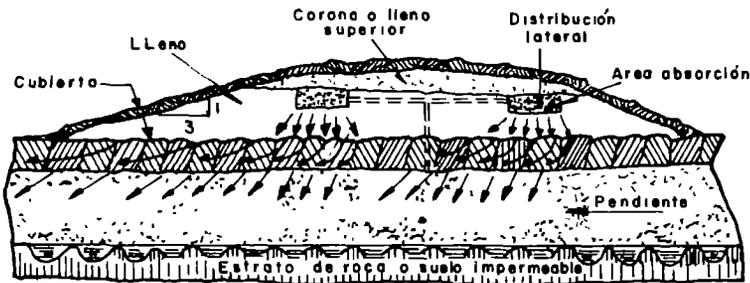


FIGURA 11-2. Sección transversal de un montículo mostrando el movimiento del flujo en suelo poco permeable. Este diseño utiliza trincheras para el área de absorción.

11.2.2. Para suelos muy permeables

Para suelos permeables, la principal función de un montículo es purificar el desecho antes que alcance los acuíferos o estratos fracturados. En esta situación y por lo permeable de los suelos, el efluente tendrá un sentido hacia abajo (Figura 11-3).

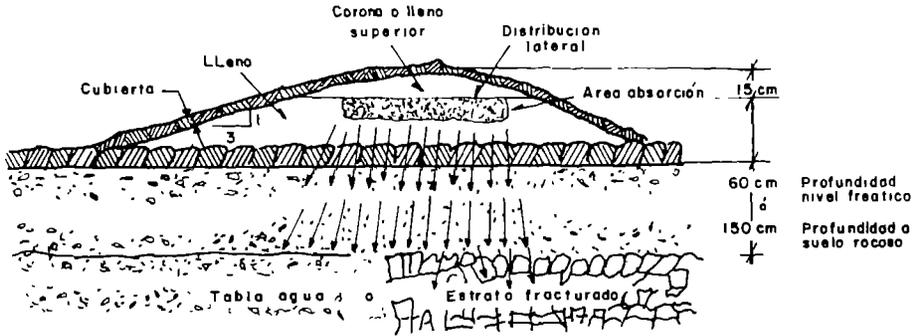


FIGURA 11-3. Sección transversal de un montículo mostrando el movimiento del flujo en suelos muy permeables. Este diseño utiliza lechos para el área de absorción.

11.3. Requerimientos y restricciones para montículos

Existen varios requerimientos para la localización de un montículo. Estos requerimientos están relacionados con el tipo de suelo, tasas de percolación, localización de acuíferos, etc. Algunos de estos requerimientos y restricciones se presentan en la Tabla 11-1.

11.4. Lleno de un montículo

La conformación del lleno de un montículo es quizás la parte más costosa de este sistema de tratamiento. Es posible que buen material no se consiga cerca y que haya que transportarlo.

11.4.1. Lleno por debajo del área de absorción (lleno inferior)

El lleno por debajo del área de absorción (Figura 11-4) requiere de una arena media. Esta arena debe constar de:

- 25% o más de arena muy gruesa, gruesa o media.
- Menos del 50% de arena fina y muy fina.

No es necesario gradar la arena hasta especificaciones muy definidas, ni tampoco es necesario lavarla.

La tasa de infiltración para una arena de textura media es de 50 l/m²/día. Para otro tipo de llenos se especifican tasas de filtración en la Tabla 11-2.

El cálculo de altura del lleno superior se explica en el numeral 11.6.

TABLA 11-1. Requerimientos y restricciones para localización de montículos

PARAMETRO	CRITERIO
Localización	<p>Áreas bien drenadas, ya sea planas o pendientes. La cresta de una pendiente o terrenos convexos son preferibles. Se deben evitar terrenos inundables, cóncavos, depresiones, a no ser que se provea drenaje.</p>
Profundidad de suelos impermeables o estratos rocosos	<p>La localización de estos estratos debe estar entre 90 y 150 cm.</p>
Tasas de percolación	<p>Suelos ligeramente permeables = 60 – 120 min/2,5 cm. Suelos altamente permeables = 3 – 60 min/2,5 cm. Estas tasas de percolación deben ser medidas entre 30 y 50 cm de profundidad.</p>
Pendiente	<p>De 0 a 6% para suelos con tasas de percolación más lentas que 60 min/2,5 cm. De 0 a 12% para suelos con tasas de percolación más rápidas de 60 min/2,5 cm.</p>
Distancias de la base del montículo a:	<p>Pozo de agua: 15 a 30 m Aguas superficiales: 15 a 30 m Límite de propiedad: 1,5 a 3,0 m Fundaciones de edificio: 3,0 a 6,0 m</p>
Suelos	<p>Llenos antiguos deben ser analizados para ver si hay cambios bruscos. Llenos nuevos deben ser evitados hasta que haya buen asentamiento. Deben existir de 50 a 60 cm de suelo no saturado desde la superficie original del suelo hasta el máximo nivel freático posible o estrato fracturado.</p>

11.4.2. Lleno por encima del área de absorción (lleno superior)

El lleno superior (Figura 11-4) deberá estar conformado por suelos de textura fina para permitir el crecimiento de plantas. Las arenas no son deseables porque drenan rápidamente y no retienen humedad. Generalmente se usa un suelo excavado de los alrededores. Esta capa de lleno superficial deberá tener un espesor de 15 cm.

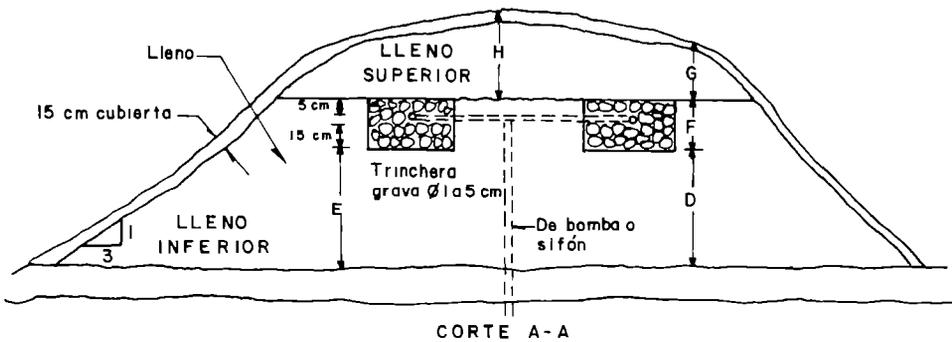


FIGURA 11-4. Lleno superior e inferior en un montículo.

TABLA 11-2: Tasas de infiltración para diferentes tipos de llenos en montículos.

Tipo de lleno	Características	Tasa de infiltración l/m ² /día
Arena media (ideal)	> 25% 0,25-2,0 mm	50
	< 30-35% 0,05-0,25 mm	
	< 5-10% 0,002-0,05 mm	
Arenas con poca arcilla	5-15% contenido arcilla	25
Mezcla arena y arena con poca arcilla	88-93% arena 7-12% material granular fino	50

11.5. Criterios de diseño

El diseño de un montículo está basado en el volumen esperado de aguas residuales y en las características del suelo. Un montículo debe ser diseñado de tal manera que pueda aceptar el flujo diario de aguas residuales, sin que éste brote por la superficie del montículo y además que el área básica o localizada inmediatamente por debajo del montículo sea capaz de conducir el efluente al suelo subadyacente.

Los pasos que hay que seguir para el diseño de un montículo son:

- Calcular el volumen diario de aguas residuales
- Diseñar el área de absorción
- Dimensionar el montículo
- Revisar la interfase lleno—suelo natural
- Diseñar el sistema de distribución
- Dimensionar el bombeo (si es necesario)

Cada uno de estos tópicos será explicado individualmente.

11.5.1. Cálculo del volumen diario de aguas residuales

El volumen diario de desecho se calcula como el producto de la producción per cápita por día por el número de habitantes a ser atendidos. Estos parámetros fueron discutidos en el capítulo 4 y se han calculado en ejemplos anteriores.

11.5.2. Diseño del área de absorción

El tamaño del área de absorción es dependiente del tipo de lleno utilizado y del flujo de aguas residuales. Si el lleno es de arena media (ver definición en 11.3), la tasa de infiltración recomendada es de 50 l/m²/día. Por ejemplo, para una vivienda con 6 habitantes y un flujo estimado de aguas residuales de 150 l/hab/día, el área de absorción será:

$$(6 \text{ hab} \times 150 \text{ l/hab/día}) / (50 \text{ l/m}^2/\text{día}) = 18 \text{ m}^2$$

El área de absorción dentro del montículo podrá ser un conjunto de trincheras o un lecho filtrante.

Con suelos poco permeables (casi impermeables), se recomienda más el uso de dos o tres trincheras paralelas (Figura 11-5).

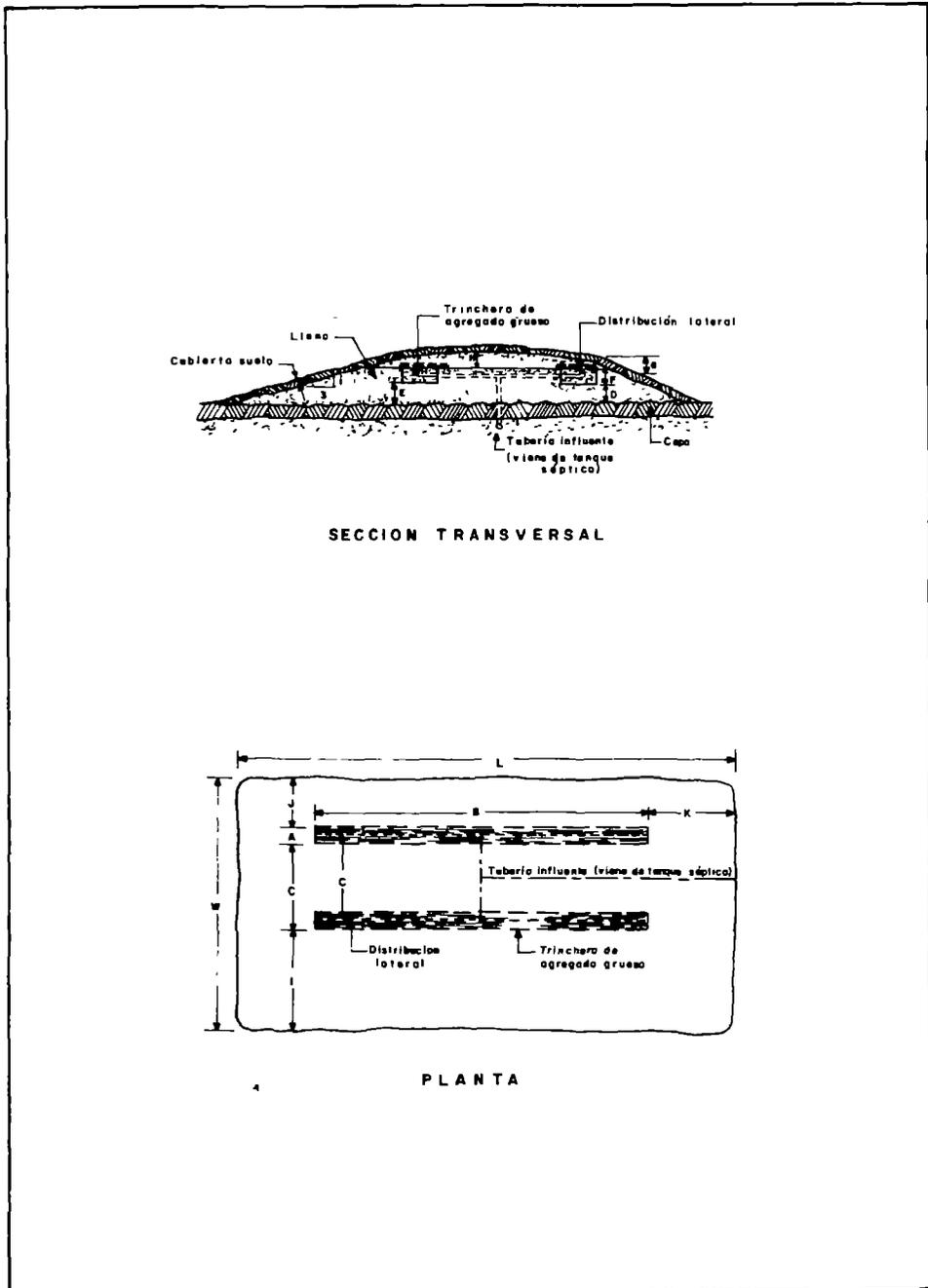


FIGURA 11-5. Dimensiones de un montículo que utiliza trincheras como área de absorción.

Si el suelo original es muy permeable será mejor utilizar un lecho rectangular. El ancho de estos lechos no deberá ser mayor de 3,0 m.

Cuando los suelos son permeables, de poco espesor y localizados sobre estratos porosos o fracturados, cualquier configuración podrá ser utilizada.

Las trincheras o lechos deberán quedar bien nivelados y ser perpendiculares a la pendiente del montículo para evitar que el agua se concentre en un punto o se sobrecarguen algunos sectores del área de absorción. Si el efluente no es bien infiltrado en el suelo natural, éste brotará por las superficies del montículo.

11.6. Dimensionamiento de un montículo

11.6.1. Altura

La altura total de un montículo está conformada por:

- Altura del lleno superior.
- Altura del área de absorción (trinchera o lecho).
- Altura del lleno inferior.

Estas tres alturas se indican en las Figuras 11-5 y 11-6.

- **Altura del lleno superior (H, G)**

Esta altura se coloca para ayudar el escurrimiento y facilitar el crecimiento de vegetación. La altura total H en el centro deberá ser de 45 cm de lleno y cubierta. Si el montículo tiene más de tres trincheras paralelas, esta altura deberá incrementarse hasta 60 cm para dar suficiente pendiente.

La altura G que corresponde al extremo o parte más exterior del área de absorción deberá ser mínimo de 30 cm.

- **Altura del medio de absorción — Trinchera o lecho (F)**

La altura total del medio de absorción debe ser de 15 cm por debajo de la tubería de distribución y 5 cm por encima de ésta. Incluyendo el diámetro de la tubería de distribución (d), la altura total es de $5 \text{ cm} + d \text{ cm} + 15 \text{ cm} = F \text{ cm}$ (Figura 11-4).

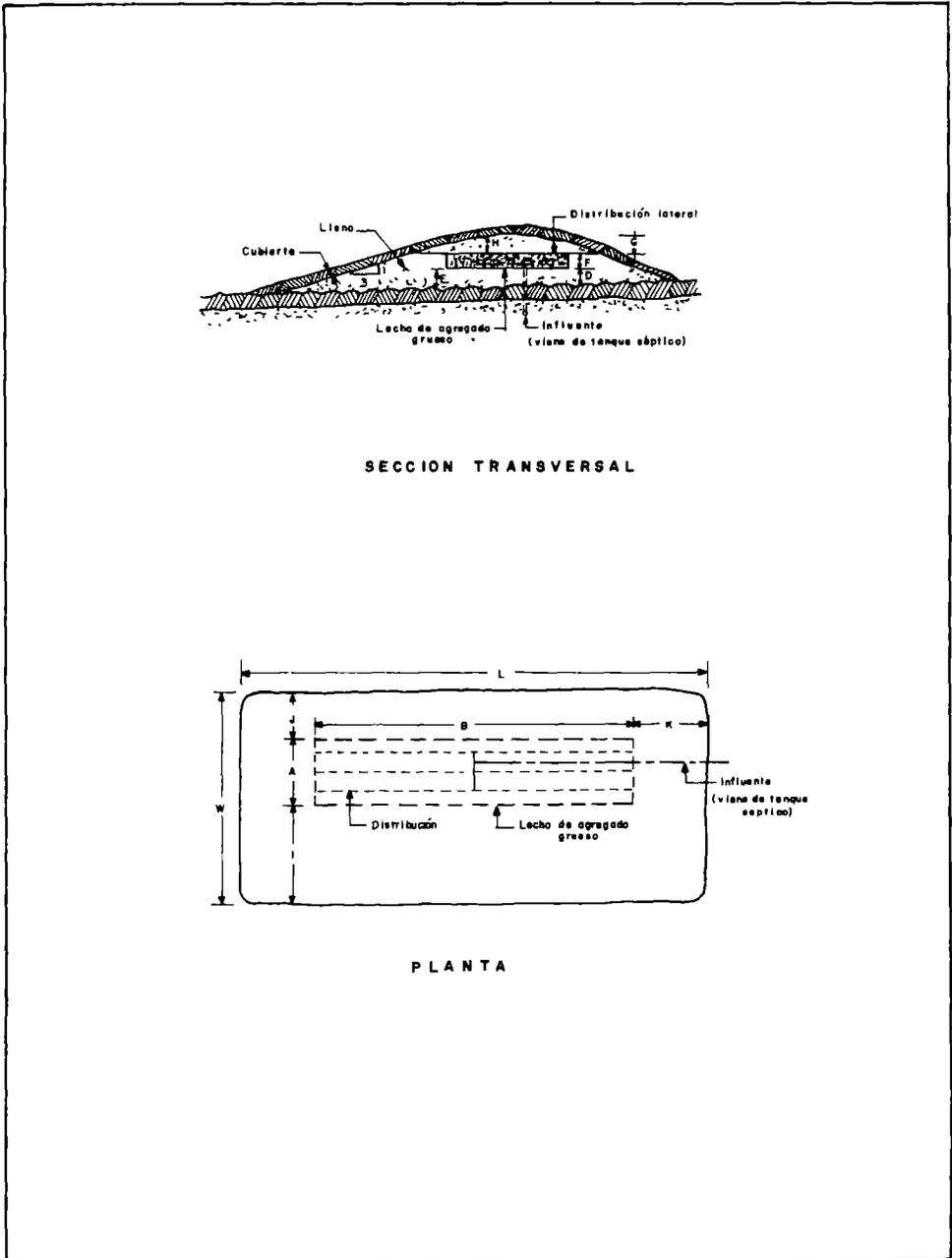


FIGURA 11-6. Dimensiones de un montículo que utiliza un lecho como área de absorción. Utilizado para suelos permeables, de poca profundidad, con estratos fracturados, o suelos permeables con nivel freático alto.

Este medio de absorción está formado por piedras de 1 a 5 cm (Figuras 11-5 y 11-6).

— **Altura del lleno (D, E)**

La altura del lleno depende mucho de la capacidad de purificación, pero se acostumbra que sea mínimo de 0,9 m de suelo no saturado. Este lleno, como ya se explicó, deberá consistir preferiblemente de arena media (ver numeral 11.4).

Si el nivel freático está a más de 0,6 m por debajo del nivel del suelo, la profundidad D puede reducirse a 0,3 m. Para suelos permeables sobre acuíferos con estratos fracturados la altura D deberá ser mínimo de 0,6 m si la superficie del suelo está a mínimo 60 cm del estrato.

11.6.2. Ancho y largo

El largo y ancho de un montículo es dependiente de la longitud y ancho del área de absorción y de la profundidad y pendiente laterales del montículo. Las pendientes laterales no deben ser mayores de 3:1 (Figuras 11-5 y 11-6). La longitud del montículo es perpendicular a la pendiente para que el efluente se riegue a lo largo de la pendiente.

La longitud del montículo es igual a la pendiente de un extremo (K), más la longitud de la trinchera o lecho (B).

El ancho del montículo es igual a la pendiente del costado superior (J), más el ancho de la trinchera o lecho (A), más el espacio entre trincheras (C), si éstas son utilizadas, más la pendiente inferior o hacia abajo (I). En un terreno pendiente, el ancho (I) será mayor que en un sitio nivelado si la pendiente 3:1 es utilizada. En la Tabla 11-3 se dan factores de corrección cuando se usan terrenos con pendiente hasta de 120/o.

Las dimensiones más críticas de un montículo son la profundidad del montículo (D y E), longitud de la trinchera o lecho (B), ancho de la trinchera o lecho (A), pendiente del lado inferior (I) y el espacio entre los ejes de las trincheras (C) cuando éstas son utilizadas.

TABLA 11-3. Factores de corrección para las pendientes en los lados superior e inferior, en montículos localizados en sitios con pendiente

Pendiente (o/o)	Pendiente inferior (I) Factor de corrección	Pendiente superior (J) Factor de corrección
0	1,0	1,0
2	1,06	0,94
4	1,14	0,89
6	1,22	0,86
8	1,32	0,80
10	1,44	0,77
12	1,57	0,73

11.6.3. Area básica

El área básica es el suelo natural que está en contacto directo con el montículo formando una interfase. Su función es aceptar el efluente del lleno, ayudar al lleno en la purificación del efluente y transferir el efluente al subsuelo que está por debajo del montículo en los alrededores de éste. El área básica requerida depende de las condiciones del suelo. Si el terreno es plano, el área básica es la localizada por debajo del montículo. Si el terreno es inclinado, el área básica es la localizada por debajo y pendiente abajo de la trinchera o lecho. En este último caso, para el sistema que usa trincheras el área básica será $B(A + C + I)$, Figura 11-5, y para el sistema que usa lechos será $B(A + I)$, Figura 11-6. El lado superior y los extremos transmitirán poco efluente.

11.6.4. Tasas de percolación

Las cargas hidráulicas recomendadas para las diferentes tasas de percolación se presentan en la Tabla 11-4.

TABLA 11-4. Cargas hidráulicas del área básica aplicables a un montículo

Tasa de percolación min/2,5 cm	Carga hidráulica l/m ² /día
3 - 29	50
30 - 60	30
60 - 120	10

Cuando no hay suficiente terreno para el área básica calculada, se requerirá lleno adicional para hacer el montículo más ancho.

11.6.5. Sistema de distribución

Un sistema de distribución muy uniforme es necesario en un montículo para evitar una sobrecarga en algunos puntos o infiltración por las paredes del montículo.

El sistema de distribución en un montículo consiste de tuberías laterales de pequeño diámetro y perforadas. Un sistema de distribución típica en un montículo se presenta en la Figura 11-7. Si el montículo utiliza trincheras, basta una tubería lateral por trinchera, pero si el montículo utiliza un lecho se requiere hasta tres tuberías laterales. El espaciamiento entre tuberías laterales en montículos pequeños que usen lechos, es de máximo de 1,0 m.

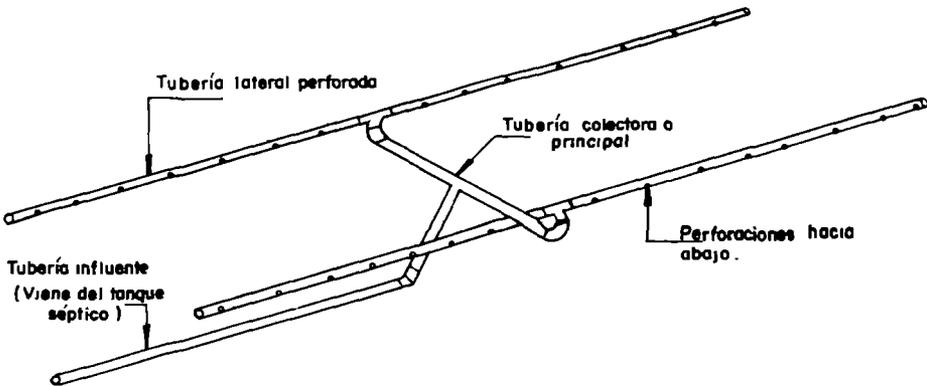


FIGURA 11-7. Sistema de distribución en un montículo con sistema de trincheras o lechos filtrantes.

Una relación entre el diámetro de la perforación, espaciamiento entre perforaciones, diámetro de la tubería y longitud de la tubería en un sistema de distribución para un montículo se presenta en la Tabla 11-5.

11.6.6. Dosificación

Como ya se anotó, si la pendiente del terreno es favorable, la dosificación del efluente del tanque séptico al montículo puede hacerse por gravedad por medio de un sifón.

TABLA 11-5. Longitud lateral del sistema de distribución en un montículo para tres diámetros diferentes

Espaciamiento entre perforaciones (cm)	Diámetro de la perforación (cm)	Diámetro de la tubería		
		1"	1-1/4"	1-1/2"
		Longitud tubo lateral (m)		
75	0,45	10,4	16,0	21,5
	0,55	9,0	13,5	17,5
	0,65	7,6	11,5	15,0
90	0,45	11,0	18,0	23,0
	0,55	10,0	15,5	19,0
	0,65	8,2	13,0	16,5

TOMADO DE Design and Construction Manual for Wisconsin Mound University of Wisconsin
Tabla 4 Página 18

Si la pendiente no es favorable, habrá necesidad de instalar una bomba y hacer una dosificación intermitente. Por ejemplo, para una vivienda con un consumo de 1.000 l/día, se puede diseñar una cámara para que una bomba haga cuatro dosificaciones por día de 250 litros cada una. En este informe no se incluirán las metodologías para el diseño de bombas y se dejan para ser consultadas en otras fuentes.

EJEMPLO 11-1: Diseño de un montículo

Diseñar un montículo como sistema de tratamiento para una vivienda con ocupación permanente de siete personas, las cuales tienen un consumo de agua de aproximadamente 240 l/hab/día. El suelo tiene las siguientes características:

Pendiente: 6%
Tasa de percolación: 120 min/2,5 cm
Profundidad del agua: 60 cm

Las convenciones utilizadas y dimensionamientos se presentan en las Figuras 11-8 y 11-9.

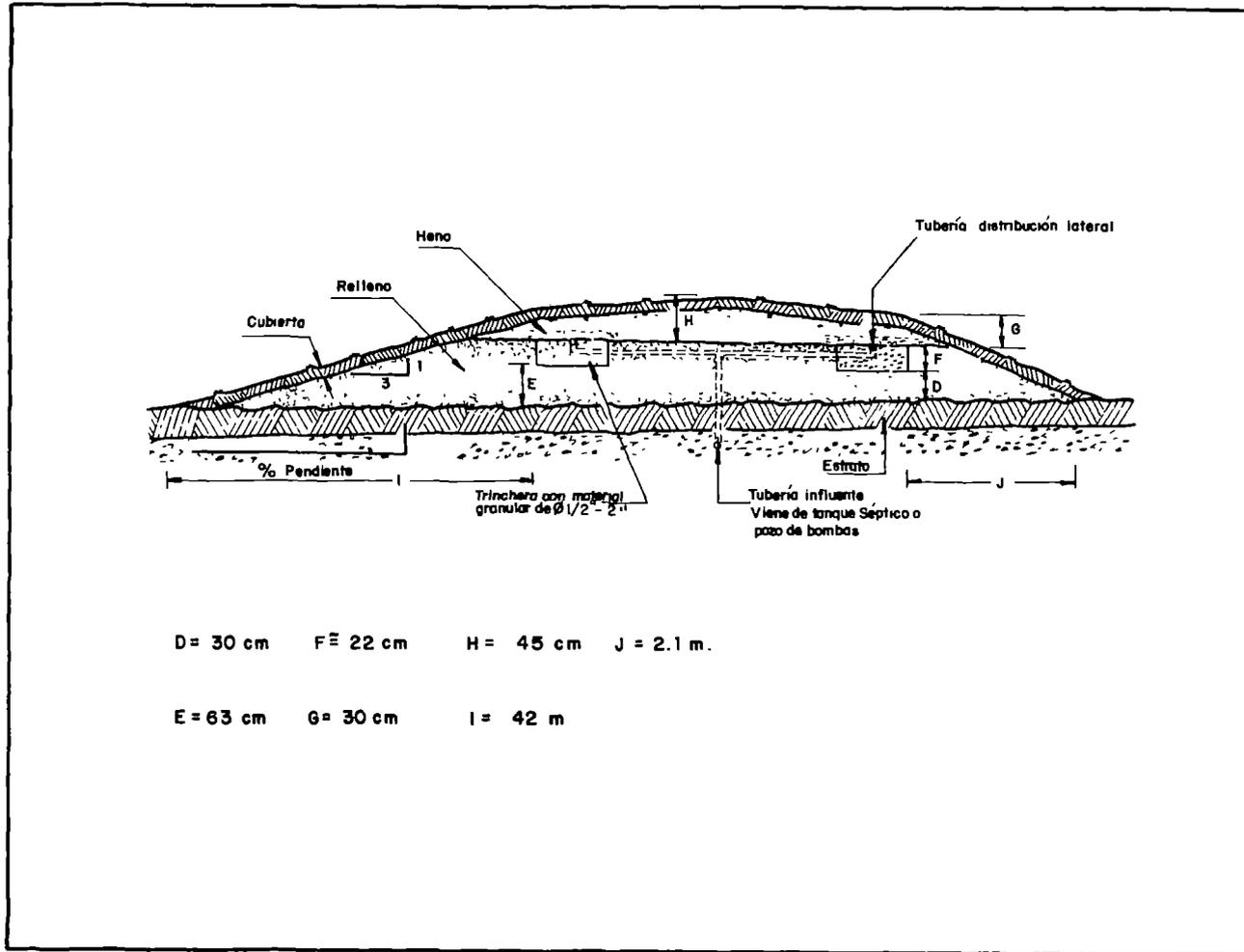


FIGURA 11-8. Sección transversal de un montículo que utiliza dos trincheras como área de absorción. Ejemplo 11-1.

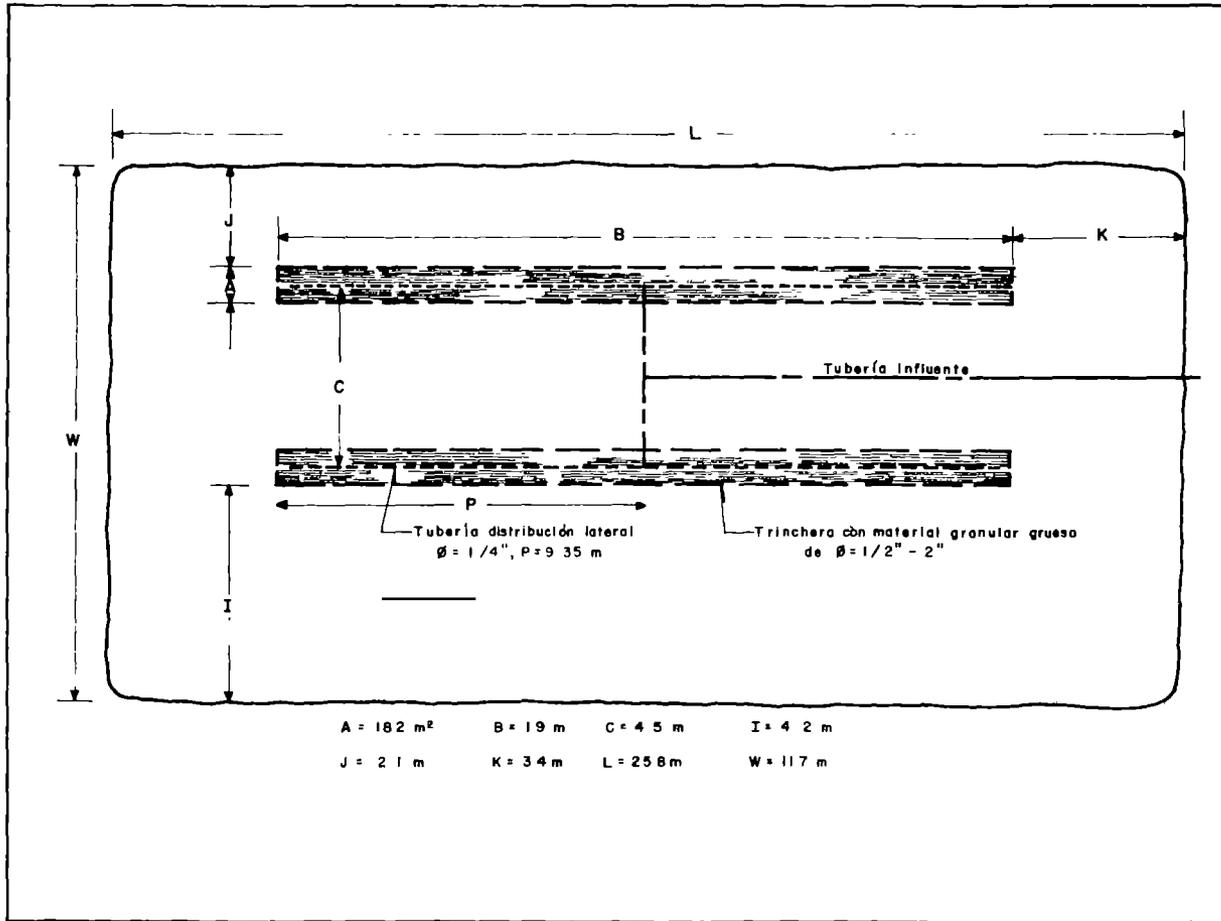


FIGURA 11-9. Vista en planta de un montículo que usa dos trincheras como área de absorción. Ejemplo 11-1.

SOLUCION:

El procedimiento a seguir es el utilizado por el profesor James C. Converse en su informe Design and Construction Manual for Wisconsin Mounds.

1. Selección del sitio

La selección del sitio deberá hacerse antes de construir la vivienda, teniendo en cuenta los requerimientos y restricciones anotados en la Tabla 11-1. Una vez se comparen las ventajas y desventajas de cada sitio potencial se debe proceder a la selección final.

2. Cálculo de la carga hidráulica

$$7 \text{ hab} \times 240 \text{ l/hab/día} = 1.680 \text{ l/día} \cong 1.700 \text{ l/día}$$

3. Selección del material de lleno

Seleccionar una arena media. En cada caso habrá que analizar los costos de transporte o disponibilidad de otro material en las cercanías. Según la Tabla 11-2, una arena media tendrá una tasa de infiltración de 50 l/m²/día.

4. Dimensionamiento del área de absorción

$$\text{Area de absorción: } = \frac{1.700 \text{ l/día}}{50 \text{ l/m}^2/\text{día}} = 34 \text{ m}^2$$

Como el terreno es poco permeable y con un nivel freático muy alto, se recomienda un área de absorción con trincheras. Una trinchera con un ancho de 0,6 a 1,2 m es aceptable. Si se elige un ancho de trinchera A = 0,9 m, la longitud de la trinchera B será:

$$B = \frac{34 \text{ m}^2}{0,9 \text{ m}} = 38,0 \text{ m}$$

Como esta longitud de trinchera B es muy larga, es mejor utilizar dos trincheras paralelas de igual longitud, luego:

$$B = \frac{38,0 \text{ m}}{2} = 19 \text{ m}$$

El espaciamiento entre las dos trincheras es determinado por la carga hidráulica de diseño del suelo natural. Según la Tabla 11—4, para un suelo natural con una tasa de percolación de 120 min/2,5 cm, la carga hidráulica recomendada es de 10 l/m²/día. Se asume que cada trinchera absorbe la mitad del flujo. Además, la mitad del efluente de la trinchera superior tiene que ser absorbido por el suelo natural antes que alcance la trinchera inferior por movimientos laterales. El espaciamiento entre las dos trincheras (C) será:

$$C = \frac{(1.700 \text{ l/día})/2}{10 \text{ l/m}^2/\text{día} \times 19 \text{ m}} = 4,5 \text{ m (de centro a centro)}$$

5. Altura del montículo

Altura del lleno (D) = 0,30 m (mínima profundidad por debajo del área de absorción)

$$\begin{aligned} \text{Altura del lleno (E)} &= D + \text{pendiente (C + A)} \\ &= 0,30 \text{ m} + 0,06 (4,5 + 0,9) \text{ m} \\ E &= 0,63 \text{ m} \end{aligned}$$

La profundidad de la trinchera (F) deberá ser de unos 22 cm, dejando siquiera 15 cm por debajo del sistema de distribución.

La profundidad central del lleno superior (H), se recomienda sea de 45 cm, de los cuales 30 cm forman el lleno en sí que puede ser material del subsuelo y 15 cm de material de cubierta impermeable para promover la escorrentía. La profundidad del lleno superior en uno de sus costados (G) es de 30 cm, de los cuales 15 cm son de lleno y 15 cm de cubierta impermeable.

6. Longitud y ancho del montículo

$$\begin{aligned} \text{Pendiente lateral (K)} &= \text{Profundidad del montículo en el centro} \times \\ &\quad \text{pendiente (3:1)} \\ &= [(D + E)/2 + F + H] \times 3 \\ &= [(0,3 + 0,63)/2 + 0,22 + 0,45] \times 3 \\ &= 3,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Ancho pendiente superior (J) = Profundidad del montículo en el borde superior x pendiente (3:1) x factor corrección (Tabla 11—3).

$$\begin{aligned}
 &= (D + F + G) \times 3 \times 0,86 \\
 &= (0,3 + 0,22 + 0,3) \times 3 \times 0,86 \\
 &= 2,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Ancho pendiente inferior (I) = Profundidad del montículo en el borde inferior x pendiente (3:1) x factor corrección (Tabla 11-3).

$$\begin{aligned}
 &= (E + F + G) \times 3 \times 1,22 \\
 &= (0,63 + 0,22 + 0,3) \times 3 \times 1,22 \\
 &= 4,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Longitud del montículo (L)} &= B + 2K \\
 &= 19 \text{ m} + 2 \times 3,4 \text{ m} \\
 &= 25,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ancho del montículo (W)} &= J + A/2 + C + A/2 + I \\
 &= 2,1 + 0,9/2 + 4,5 + 0,9/2 + 4,2 \\
 &= 11,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

7. Area básica

En un terreno inclinado, el área básica es el área localizada por debajo y aguas abajo de las trincheras o sea $B(C + A + I)$. En un montículo localizado en terreno plano, el área básica es el área total (B.W), excepto los extremos.

Para un suelo con una tasa de percolación de 120 min/2,5 cm, la carga hidráulica será de 10 l/m²/día, según la Tabla 11-4 y el área básica requerida será de:

$$\text{Area básica requerida} = (1.800 \text{ l/día}) / (10 \text{ l/m}^2/\text{día}) = 170 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Area básica disponible} &= B(C + A + I) \\
 &= 19 (4,5 + 0,9 + 4,2) \text{ m} \\
 &= 182 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

El área disponible será suficiente. Si ésta no lo hubiera sido, el ancho de la pendiente (I) debiera ser aumentada hasta que se tenga suficiente área.

8. Sistema de distribución

En las Figuras 11-7 y 11-10 se muestran esquemas típicos de un sistema de distribución. Para el diseño hay que escoger el espacio-

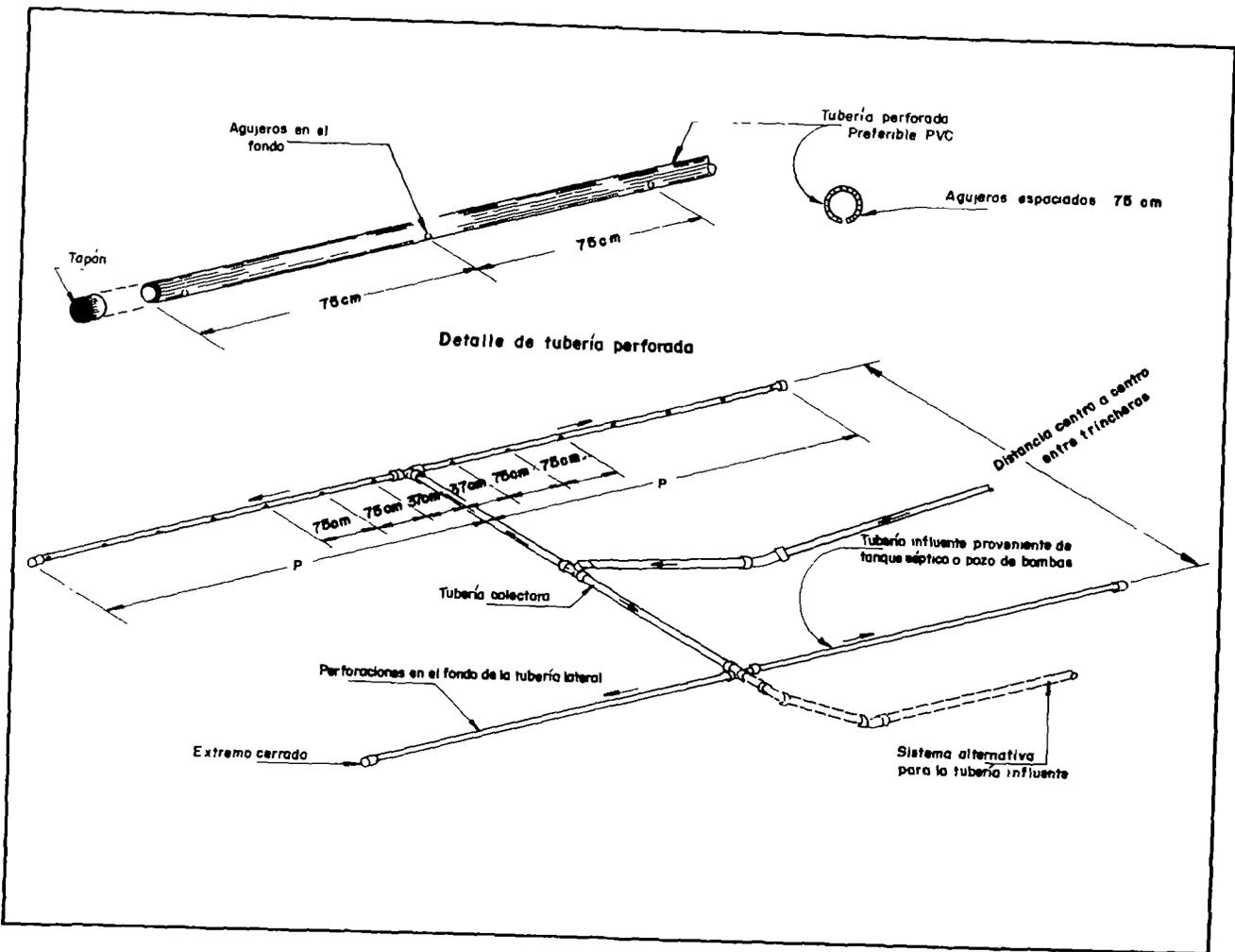


FIGURA 11-10. Sistema de distribución lateral para un montículo con dos trincheras como medio de absorción.

miento entre los agujeros y su diámetro, el diámetro de las tuberías laterales y su separación y la longitud y diámetro de la tubería colectora central.

El dimensionamiento de este sistema de distribución es como sigue:

- Espaciamiento entre agujeros = 75 cm
- Diámetro de cada agujero = 0,65 cm
- Longitud lateral

La longitud lateral se define como la distancia entre el empalme de la tubería colectora con la tubería lateral y el extremo de ésta, o sea que es equivalente a la mitad del brazo total. Esta longitud es generalmente 15 cm más corta que la mitad de la longitud de la trinchera.

$$\text{Longitud lateral} = (19 \text{ m}/2 - 0,15 \text{ m}) = 9,35 \text{ m}$$

- Diámetro del brazo lateral

El diámetro del brazo lateral depende de la longitud, diámetro y espaciamiento de los agujeros. De la Tabla 11-5 se tiene que para un espaciamiento de 75 cm, un agujero de aproximadamente 0,65 cm de diámetro y una longitud de tubo lateral de 9,35 m (valor entre 7,6 y 11,5) el diámetro recomendado estaría entre 1" y 1-1/4". Se escoge un diámetro mayor de 1-1/4".

- Espaciamiento lateral

Para este caso, el espaciamiento entre las dos tuberías será igual al espacio entre los ejes de las dos trincheras = $C = 4,5 \text{ m}$.

- Diámetro de la tubería de colección o influente.

El diámetro de esta tubería es de generalmente 2 ó 3 para una vivienda como la del ejemplo. Sin embargo, este diámetro dependerá de la tubería influente que viene del tanque séptico de la cámara de bombeo, si ésta se necesita.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Converse, James C. Design and Construction Manual for Wisconsin Mounds. Agricultural Engineering Department. University of Wisconsin - Madison Septiembre, 1978.

CAPITULO 12

LETRINA SANITARIA (1)

12.1. Descripción

La letrina sanitaria es un sistema de disposición de excretas que no requiere agua para su operación. El sistema está compuesto por un hoyo excavado a mano, cubierto con una losa provista de una taza sanitaria con tapa, alrededor de la cual se construye una caseta (Figura 12-1). La letrina sanitaria tiene por objeto recibir las materias fecales, almacenarlas y descomponerlas anaeróbicamente en parte, siendo el tiempo de servicio limitado según la frecuencia de uso y conservación de la misma.

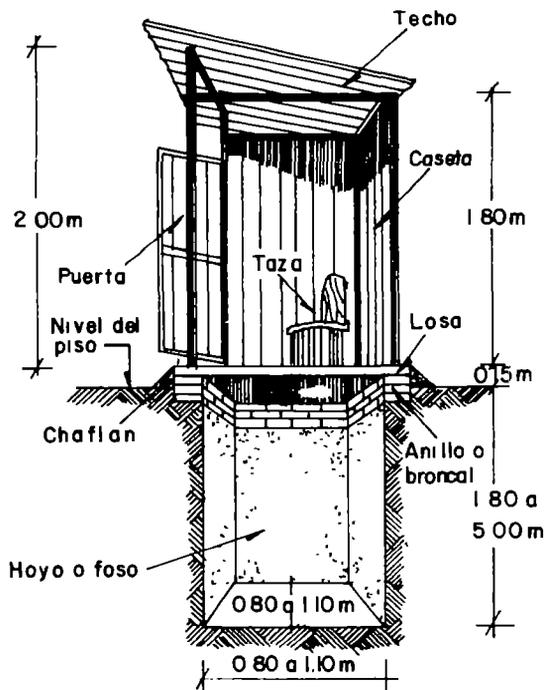


FIGURA 12-1. Partes constitutivas de una letrina sanitaria.

(1) Todo el tema de letrinas sanitarias presentado aquí es tomado de la Revista Empresas Públicas de Medellín, Vol. 4, No. 2, Abril/Junio, 1982.

12.2. Función de la letrina sanitaria

Las funciones de la letrina sanitaria son evitar la contaminación de fuentes de agua para consumo o riego de hortalizas, evitar el contacto de la materia fecal con insectos o roedores portadores de gérmenes patógenos, no permitir a los niños la accesibilidad a las materias fecales, prevenir la contaminación de la superficie del suelo y evitar la producción de malos olores.

12.3. Proceso que opera dentro de la letrina sanitaria

Cualquiera que sea el caso, la descomposición anaeróbica empieza en el momento que la materia fecal cae al pozo, con la consiguiente reducción del volumen por medio de gasificación, transformación química y licuefacción.

El volumen de sólidos acumulados, que no es directamente proporcional a la cantidad de lodos formados, es de 60 litros/persona/año.

12.4. Limitaciones de la letrina sanitaria

La letrina sanitaria tendrá las siguientes limitaciones:

- No es adecuada su instalación en suelos arenosos, calcáreos o agrietados, con niveles freáticos altos en cualquier estación del año.
- No se recomienda su instalación en zonas donde existan pozos para el abastecimiento de agua, mientras no se haga un estudio de los suelos y mantos de agua subterránea.
- Se debe utilizar únicamente para recibir material fecal.
- En ningún caso una letrina podrá recibir basuras, aguas de lavado, aguas de cocina, etc.

12.5. Localización de la letrina sanitaria

12.5.1. Ubicación general

Una letrina sanitaria deberá estar localizada en terrenos secos y libres de inundación.

12.5.2. Distancias mínimas

El hoyo o foso deberá ser excavado a una distancia de 20 m de cualquier pozo, manantial y otras fuentes de abastecimiento de agua. En ningún caso se colocará a una distancia menor de 15 m y en lo posible su ubicación será aguas abajo de las fuentes de abastecimiento (Figura 12-2).

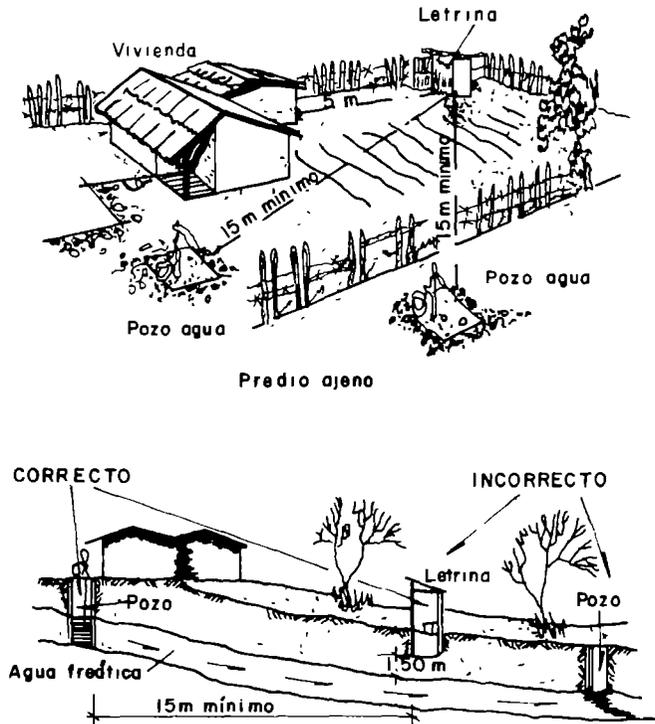


FIGURA 12-2. Localización de una letrina con respecto a la vivienda, pozos y aguas subterráneas.

12.6. Dimensiones generales de una letrina sanitaria

12.6.1. Hoyo o foso

- Letrina unifamiliar

El hoyo o foso podrá ser cuadrado, rectangular o redondo, siendo sus dimensiones, para el caso de viviendas unifamiliares, las siguientes:

- Rectangular: 0,80 m a 1,10 m de lado
- Redondo: diámetro 0,90 m
- Profundidad: 1,80 a 5,0 m. Un valor promedio puede ser 2,5 m.

Cuando el foso va revestido con madera o ladrillo, deberán quedar espacios libres para facilitar la acción de los organismos que se encuentran en el terreno (Figura 12-3).

La capacidad del foso para una unidad familiar nunca deberá ser menor de 1,25 m³.

— Letrina para escuelas

Para escuelas se recomienda utilizar varias letrinas en serie, siendo la capacidad de cada letrina de 2,50 m³ por cada 50 alumnos. Las dimensiones de cada letrina son similares a las de tipo familiar.

— Orinales para escuelas

En el caso de escuelas mixtas o de hombres, se deberán construir orinales, los cuales podrán ir detrás de las letrinas sanitarias, para aprovechar el mismo muro. Cada orinal estará formado por un tubo de 10 a 20 cm de diámetro. Cada tubo se conectará a un hoyo o foso que va lleno de piedra triturada (Figura 12-4).

12.6.2. Brocal o anillo de la letrina

El brocal de la letrina tiene por objeto servir de soporte al piso de la letrina e impedir que se desmorone en la boca. El anillo de la letrina deberá ir muy bien ajustado al hoyo o foso, e ir levantado sobre la superficie del suelo al menos 15 cm, con el fin de evitar la entrada de agua superficial y por consiguiente las inundaciones. Las dimensiones dependerán del tamaño del hoyo o foso.

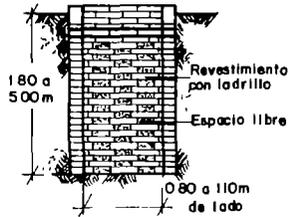
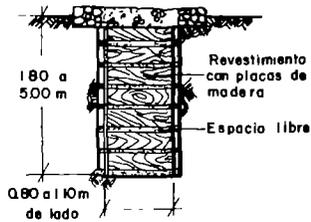
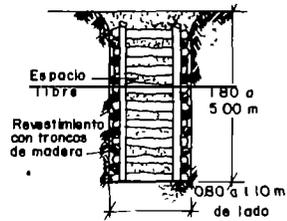
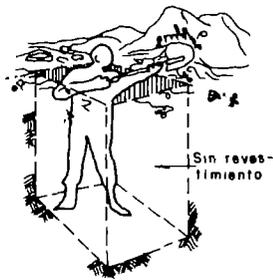
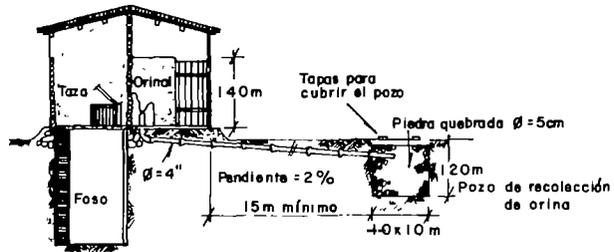
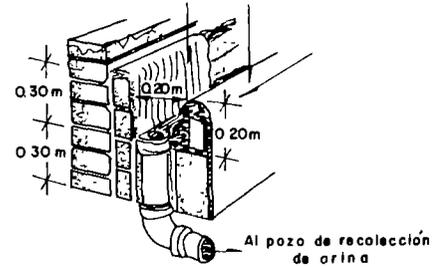


FIGURA 12-3. Revestimiento del hoyo de una letrina sanitaria.



LETRINA CON ORINAL

Aplanado de cemento



Detalle de un orinal para escuelas mixtas y centros de recreo en zonas rurales

FIGURA 12-4. Orinal para zona rural.

El anillo de la tubería podrá ser de madera, hormigón, ladrillo, troncos enteros, etc. (Figuras 12-5 y 12-6).

12.6.3. Piso de la letrina

El piso de la letrina irá colocado sobre el anillo o base y sirve de soporte a la taza sanitaria y a la caseta. El ajuste entre el brocal y el piso de la letrina deberá ser muy preciso para evitar la entrada de insectos y roedores. En el centro del piso irá un agujero sobre el cual descansa la taza sanitaria.

La forma de agujero variará con la forma de la taza sanitaria. Las dimensiones de la losa irán de acuerdo con las dimensiones del foso y el espesor es de 5 cm. La losa deberá ir reforzada según las especificaciones detalladas en las Figuras 12-5 y 12-7.

12.6.4. Taza sanitaria

La taza sanitaria casi siempre se construye en concreto o madera. La forma de la taza es rectangular o elíptica y siempre deberá ir provista de una tapa por razones de higiene y seguridad. Las dimensiones aproximadas, según se trate de que el uso sea principalmente para adultos o niños, serán las siguientes (Figura 12-8).

	Largo	Ancho	Alto
— Posibilidad 1	0,35	0,25	0,23
— Posibilidad 2	0,35	0,30	0,26
— Posibilidad 3	0,35	0,32	0,30

12.6.5. Caseta

La caseta permite el aislamiento y protege al usuario contra la intemperie. La base de la caseta deberá ajustarse a la base de la letrina; podrá ser construida de madera, placas de asbesto-cemento, ladrillo u otro material disponible en la región. La caseta deberá tener una altura de 2,0 m en la parte frontal y 1,70 m en la parte posterior. La base de la caseta también dependerá del tamaño de la letrina pero sus dimensiones generales son de 1,10 x 1,20 m (Figura 12-9).

Cuando el nivel freático de las aguas es muy elevado, se recomienda levantar la caseta sobre el nivel del terreno permitiendo así que el fondo de la letrina quede mínimo a 1,50 m del nivel freático (Figura 12-10).

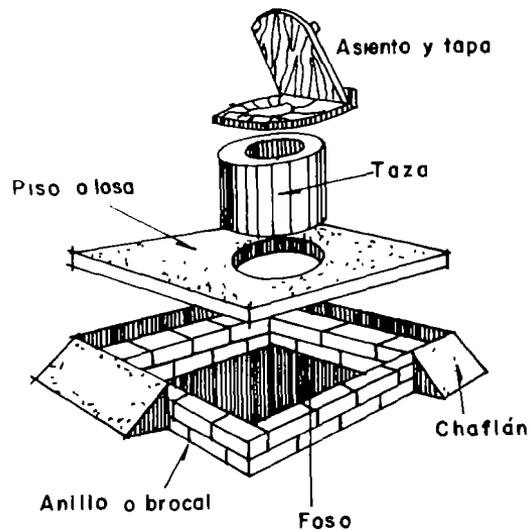
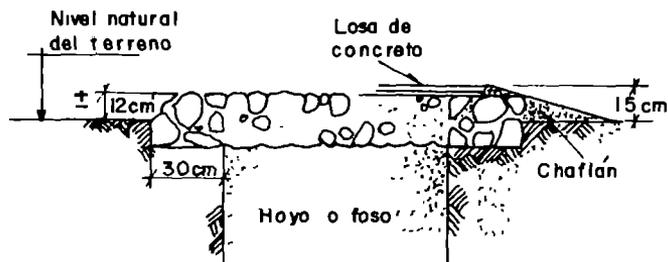
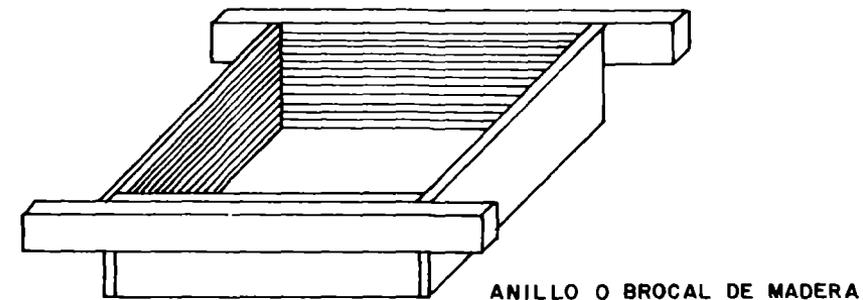
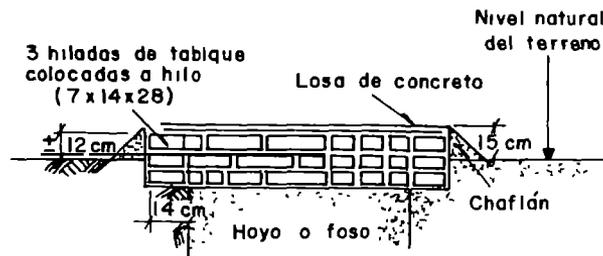


FIGURA 12-5. Partes constitutivas del soporte de una taza sanitaria.

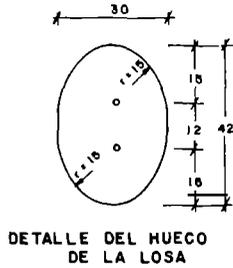
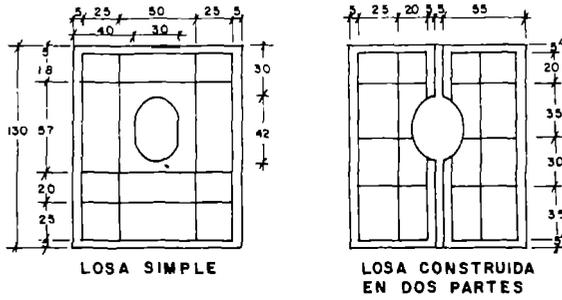


ANILLO O BROCAL DE CONCRETO



ANILLO O BROCAL DE LADRILLO

FIGURA 12-6: Tipos de anillos o brocales para sostener el piso de una letrina.



NOTA Toda la armadura es de $\phi 1/4"$ y el espesor de la losa de 5 centímetros

Dimensiones en centímetros

NOTA. El hueco de la losa puede ser rectangular si la taza lo es

FIGURA 12-7. Detalle de refuerzo del piso de una letrina de 1,30 x 1,10m

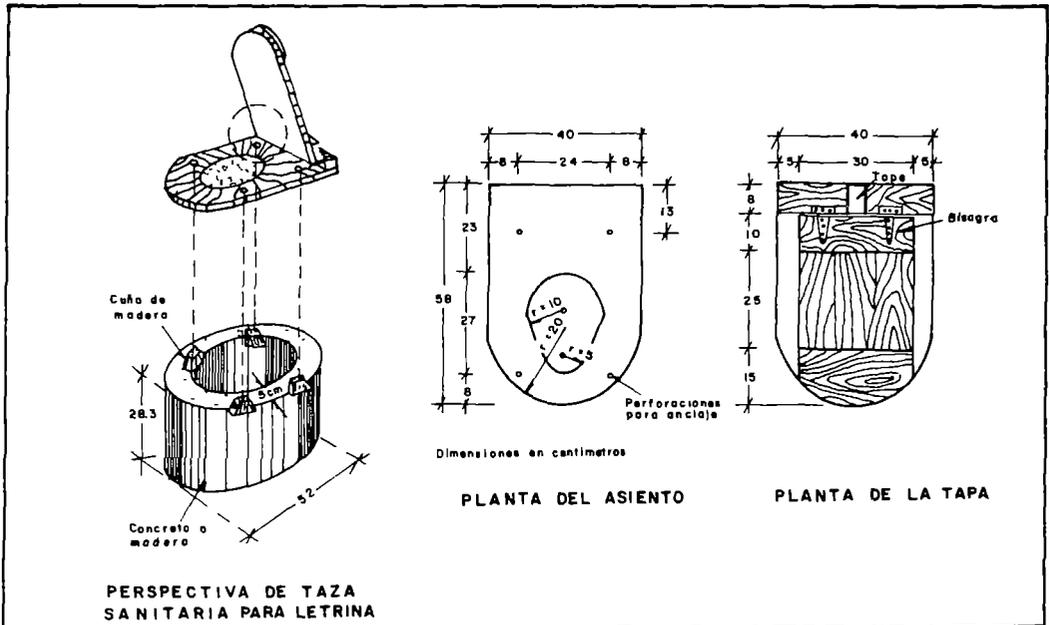
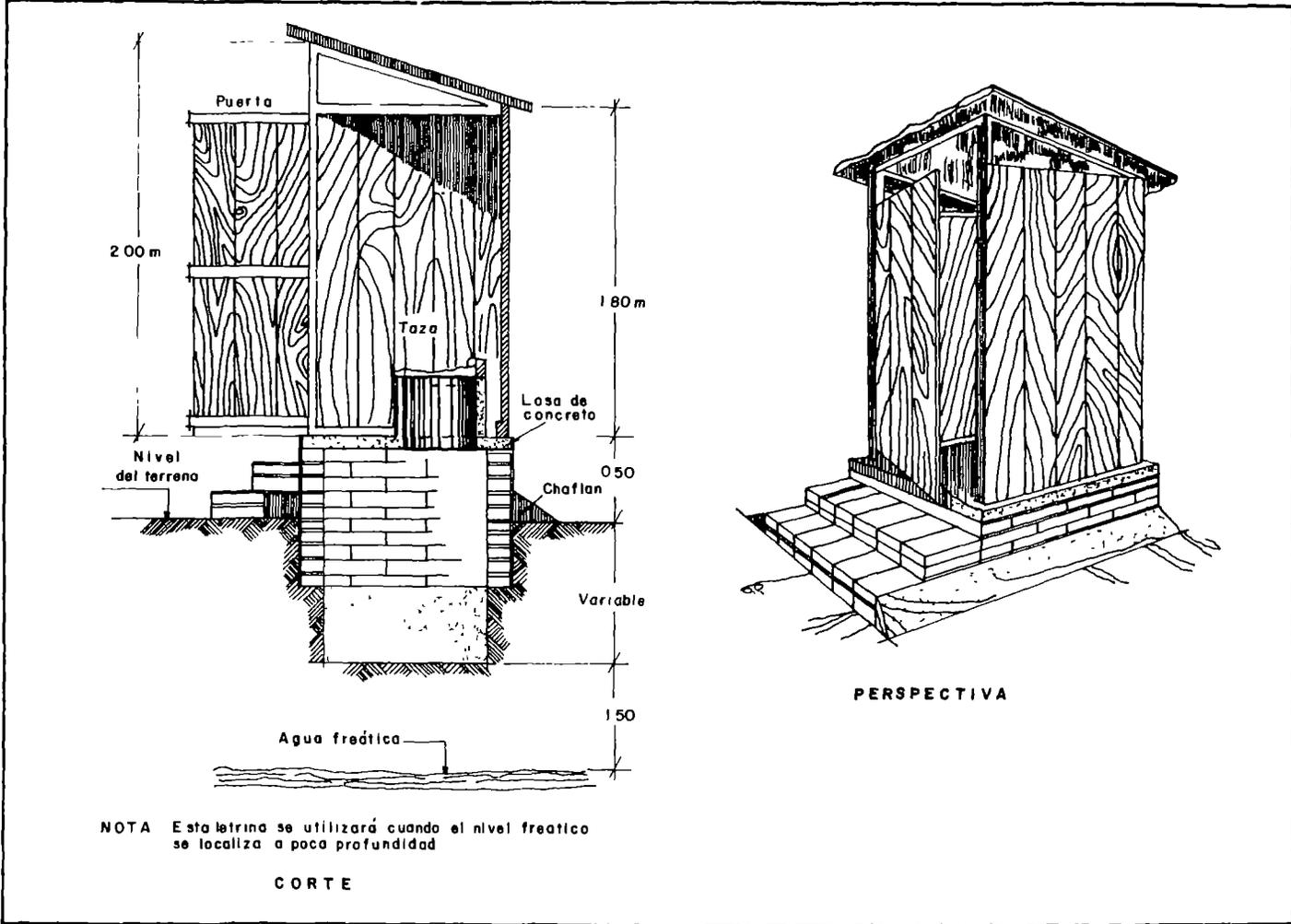


FIGURA 12-8. Detalle de una taza sanitaria y su tapa.



CAPITULO 13

TRAMPAS DE GRASA (1)

13.1. Objetivo de la trampa de grasa

La trampa de grasa consiste en un pequeño tanque o caja cubierta, provista de una entrada sumergida y de una tubería de salida que parte cerca del fondo. Tiene por objeto interceptar las grasas y jabones presentes en las aguas negras provenientes de cocinas y lavaderos de los hoteles, restaurantes, escuelas con salón-comedor y otros lugares donde el volumen de desperdicios de cocina es grande.

La trampa de grasa no se considera necesaria para los sistemas de evacuación de las aguas negras de las residencias, o de otras instituciones pequeñas.

13.2. Función de la trampa de grasa

Los residuos líquidos provenientes de grandes cocinas suelen contener una gran cantidad de grasa y jabón, que pueden atravesar el tanque séptico junto con el efluente hacia los sistemas de tratamiento y obstruir los poros del medio filtrante e interferir la descomposición biológica en los sistemas de tratamiento. Por consiguiente, la función más importante de la trampa de grasa es evitar que las grasas y jabones vayan disminuyendo así la eficiencia de esos sistemas.

Las fallas prematuras de los sistemas de tanque séptico se deben, en ocasiones, a la acumulación de grasa en el interior de los mismos. Las tuberías de alcantarillado frecuentemente se atascan debido a la acumulación de grasa.

13.3. Capacidad de la trampa de grasa

La capacidad es una de las consideraciones más importantes en el diseño de una trampa de grasa.

La selección de la capacidad de la trampa de grasa podrá basarse en el número de personas servidas.

(1) Este capítulo corresponde al presentado en la Revista Empresas Públicas de Medellín, Vol 4, No 2, Abril/Junio, 1982

13.4. Funcionamiento de la trampa de grasa

El funcionamiento de la trampa de grasa se basa en el principio de que el líquido residual que va entrando es más caliente que el que contiene el tanque y se enfría al llegar a éste, lo cual hace que la grasa se solidifique y flote sobre la superficie de donde se extrae periódicamente para enterrarla.

13.5. Localización de la trampa de grasa

- a. Deberá localizarse entre las tuberías que conducen aguas de cocina o lavaderos y el tanque séptico.
- b. Deberá localizarse en un sitio accesible y donde la limpieza sea fácil.
- c. Será preferible localizarla en lugares sombreados para mantener bajas temperaturas en su interior.

13.6. Dimensiones generales de la trampa de grasa

Las dimensiones recomendadas para la trampa de grasa se resumen en la Tabla 13-1 y Figura 13-1.

TABLA 13-1. Dimensiones recomendadas para una trampa de grasa

Número de personas	Capacidad efectiva (m ³)	Dimensiones aproximadas (cm)		
		A	D	H
10	0,1125	50	45	75
15	0,1200	50	48	78
20	0,1250	50	50	80
25	0,1480	53	53	83
30	0,1660	55	55	85
40	0,1840	60	51	81
50	0,2200	60	60	90
60	0,2740	65	65	95
80	0,3430	70	70	100
100	0,4210	75	75	105

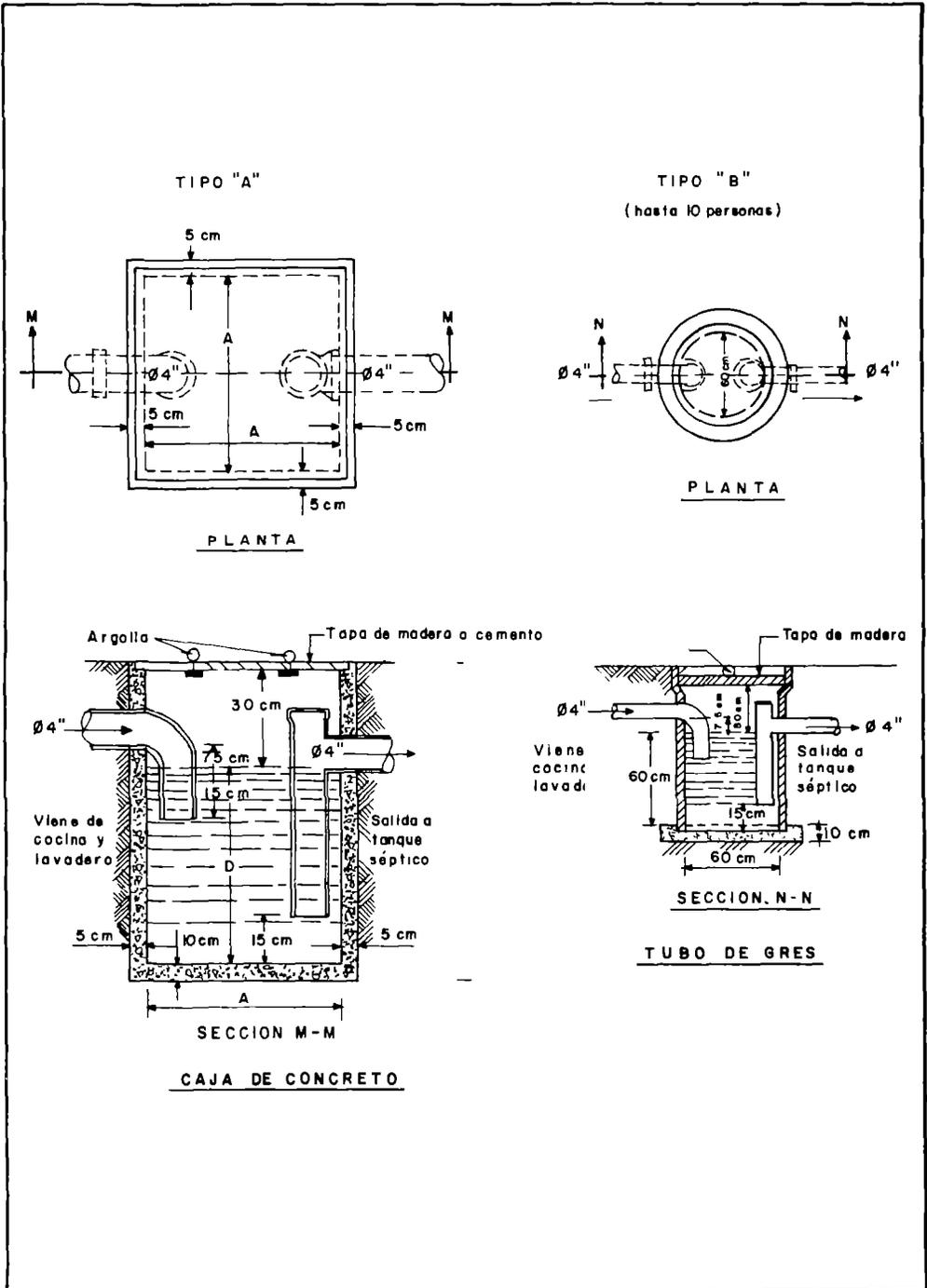


FIGURA 13-1. Trampa de grasas.

13.7. Dispositivo de entrada

Un codo de 90° deberá proporcionarse para desviar el agua entrante hacia abajo.

El ramal inferior deberá estar como mínimo 7,5 cm arriba del nivel de líquido en la caja para permitir una elevación momentánea del líquido durante las descargas de agua a la caja. Este ramal se hará penetrar en la masa líquida unos 15 cm, con el fin de que la capa de grasa no obstruya la boca del tubo en la entrada. La boca de entrada deberá estar lo más lejos posible (distancia vertical) de la boca de salida, para evitar que se establezca entre ellas una corriente directa.

13.8. Dispositivo de salida

El dispositivo de salida será una "Te" cuyo ramal inferior empezará al mismo nivel del líquido y deberá prolongarse hasta una altura de 15 cm del fondo de la caja.

13.9. Construcción de la trampa de grasa

13.9.1. Materiales utilizados

Las trampas podrán construirse de concreto o tubería de gres, teniendo en cuenta las consideraciones sobre impermeabilidad. Para el caso de pequeñas instituciones (hasta 10 personas), se podrá considerar el uso de trampa de grasa prefabricada de asbesto-cemento.

13.9.2. Cubierta

La trampa de grasa deberá conservarse cubierta herméticamente para prevenir olores molestos y para excluir insectos y roedores.

13.10. Limpieza

13.10.1. Objetivo

La trampa de grasa deberá limpiarse regularmente para prevenir la fuga de cantidades apreciables de grasa al tanque séptico.

13.10.2. Frecuencia

La frecuencia de la limpieza podrá determinarse mejor por experiencia basada en la observación en períodos de uso típicos seleccionados.

13.11. Recomendaciones generales

- a. Los desperdicios de trituradores de basura no deberán descargarse a una trampa de grasa.
- b. La grasa sacada de las trampas podrá enterrarse.

CAPITULO 14

USO DE PLANTAS ACUATICAS PARA TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES

14.1. Introducción

En los últimos años se han venido ensayando a pequeña escala, métodos para el tratamiento de las aguas residuales utilizando plantas acuáticas o macrófitas. El uso de las macrófitas como base de un tratamiento se puede realizar a muy bajo costo, ya sea para remover contaminantes de las aguas residuales o de los cuerpos de agua contaminados.

Las funciones que ejecutan estas plantas son las de asimilar y almacenar contaminantes, transportar oxígeno a la zona de raíces y proveer un medio para la actividad bacterial.

Las macrófitas utilizadas para el tratamiento de las aguas son muy variadas y dependen mucho del clima, siendo el jacinto de agua el más común en zonas tropicales.

Hay que insistir en que las experiencias que se han tenido han sido a pequeña escala, pero como el objetivo de esta publicación precisamente es el de dar ideas para el manejo de las aguas residuales a nivel individual, se presentarán algunas experiencias y recomendaciones para implementar esta tecnología.

14.2. Tipos de plantas acuáticas

Existen muchas clases de plantas acuáticas o macrófitas que se pueden utilizar para el tratamiento de las aguas residuales, pero es necesario tener en cuenta diversas características antes de hacer una selección. Entre los criterios que hay que considerar para esta selección están:

- Adaptabilidad al clima local.
- Altas tasas fotosintéticas
- Alta capacidad de transporte de oxígeno
- Tolerancia a concentraciones adversas de contaminantes
- Capacidad asimilativa de contaminantes
- Resistencia a plagas y enfermedades
- Fácil manejo

14.3. Proceso de remoción de contaminantes

A pesar de ser consideradas como una molestia, las plantas acuáticas o macrófitas han despertado mucho interés por sus características fisiológicas y fotosintéticas para tratar las aguas residuales. Sin embargo, todavía no se conoce muy a fondo la forma como se efectúa la remoción de contaminantes y lo más importante, una vez las plantas han alcanzado su máximo crecimiento, o sea, su capacidad de asimilación, éstas deben de ser removidas para dar paso a plantas más jóvenes. La remoción y disposición de estas macrófitas se convierten en uno de los problemas de esta tecnología, pues siempre se llega a la pregunta: ¿Qué hacer con las plantas recogidas?

Para obviar este problema, sobre todo cuando se tienen estanques grandes, se han ensayado formas de generar gas con las plantas descompuestas o utilizarlas como alimento de animales a pequeña escala. También, las plantas removidas se pueden dejar al sol para que se sequen, situación que en condiciones atmosféricas apropiadas se puede dar rápidamente.

Algunas plantas macrófitas se ilustran en la Figura 14-1.

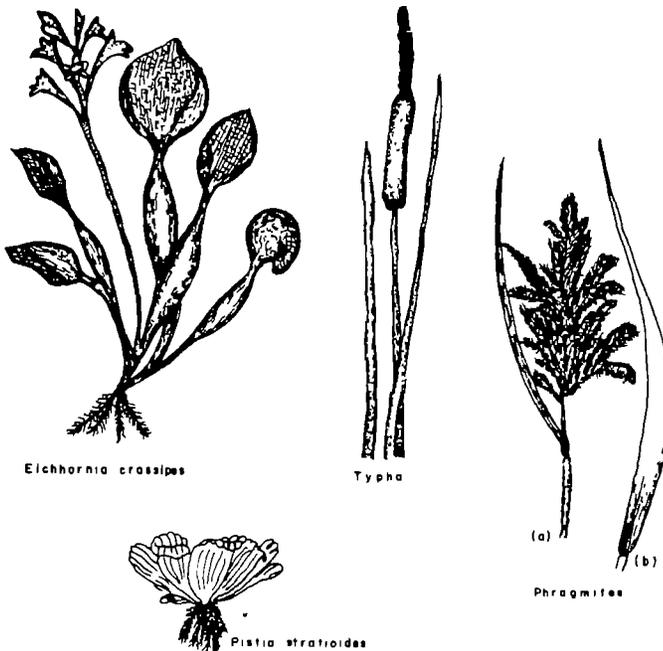


FIGURA 14-1. Plantas macrófitas más conocidas en Colombia

Aunque a nivel local no hay mucha información sobre el peso, crecimiento y composición del tejido celular de las macrófitas, se presentan a modo de ilustración en la Tabla 14-1, algunas cifras obtenidas por Reddy y Debusk en 1984 y 1987 en condiciones del estado de la Florida, EE. UU.

TABLA 14-1. Tasas de crecimiento y contenido de elementos nutritivos en macrófitas

Planta	Biomasa		Composición de tejidos	
	Peso ton/ha(1)	Tasa crecimiento ton/ha-año	N g/kg	P g/kg
●Macrófitas flotantes				
<i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua)	20-24	60-110	10-40	1,4-12
<i>Pistia stratiotes</i> (Lechuga de agua)	6-10,5	50- 80	12-40	1,5-11,5
<i>Salvinia spp</i> (Salvinia)	2,4-3,2	9- 45	20-48	1,8- 9,0
●Macrófitas emergentes				
<i>Typha</i> (Tifa)	4,3-22,5	8- 61	5-24	0,5- 4,0
<i>Juncus</i> (Juncos)	22	53	15	2,0
<i>Phragmites</i> (Espigas)	6,0-35,0	10- 60	18-21	2,0- 3,0

FUENTE: Reddy, K. R y Debusk T. A. State of the Art Utilization of Aquatic Plants in Water Pollution Control - The Use of Macrophytes in Water Pollution Control. Water Science and Technology. Vol 19, No 10, 1987, p. 64-65

(1) Peso seco

14.3.1. Remoción de carbono

La remoción de carbono, compuesto medido como DBO_5 o demanda bioquímica de oxígeno – 5 días, se hace por medio de bacterias en un ambiente con plantas acuáticas en la zona de sedimentos, zona de raíces o en la columna de agua.

Las plantas acuáticas transportan oxígeno a través de las hojas, tallos y raíces. Si el oxígeno no es consumido por las raíces, éste puede pasar a la columna de agua para ser utilizado por las bacterias aeróbicas en la oxidación del carbono orgánico contaminante. Es poco lo que se sabe sobre la manera como se efectúa este transporte de oxígeno a la zona de raíces, aunque sí se asegura que es el fenómeno más importante para sostener la vida bacteriana y llevar a cabo la descomposición de los contaminantes. También se sabe que el transporte de este oxígeno a la zona de raíces varía de planta a planta.

14.3.2. Nitrógeno y fósforo

Las macrófitas tienen gran capacidad de almacenar nitrógeno y fósforo, dependiendo de su tasa de crecimiento o de que tengan un gran peso de biomasa por unidad de área. Hay reportes que indican que un jacinto de agua puede almacenar 900 kg N/hectárea y 180 kg P/hectárea. Una vez las plantas alcancen su máximo crecimiento deben de ser recogidas porque de lo contrario los tejidos celulares empiezan a morir y entran como materia contaminante al ciclo de tratamiento.

En mediciones realizadas en algunos lagos, se han encontrado remociones de nitrógeno por parte de plantas acuáticas, entre un 13 y 67%.

En resumen, se puede decir que la remoción de contaminantes por plantas acuáticas se puede hacer por oxidación en la zona de raíces, asimilación o almacenamiento por la planta y fenómenos físicos y químicos en los sedimentos.

14.4. Sistemas de tratamiento con plantas acuáticas

Partiendo de las experiencias que se tienen para tratar aguas residuales por medio de plantas macrófitas, se han ensayado varios sistemas artificiales para ser implementados a pequeña escala o por unos pocos usuarios. Estos sistemas se explicarán a continuación.

14.4.1. Lechos de grava y arena

Estos lechos han sido experimentales en Alemania con excelentes resultados, aunque no hay unidad de criterios con respecto al tipo de plantas y lechos más apropiados. A pesar de que no hay esta unidad de criterios, se procurará presentar los principales parámetros de diseño utilizados.

Los lechos de grava y arena con plantas helofitas(1) consisten de excavaciones en donde se alternan capas de grava y arena y en donde crecen plantas como juncos de agua, lirios, tifas, etc. Las aguas residuales pasan por el lecho y las raíces de las plantas ejercen una acción bioquímica que trata o purifica el desecho. Ver Figura 14-2.

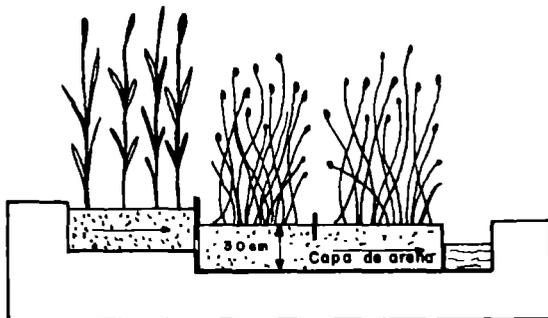


FIGURA 14-2 (a). Lecho de grava y arena con heliofitas (juncos de agua, lirios, espigas). Tomado de Buchstegg, K., 1978.

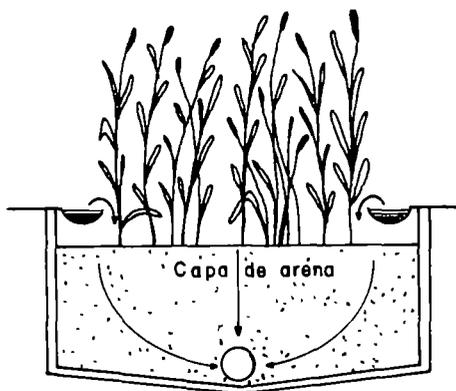


FIGURA 14-2 (b). Esquema alternativo de lecho de grava y arena con juncos de agua, lirios amarillos, espigas, etc. Tomado de Boutin, C., 1987.

(1) Las helofitas se definen como plantas acuáticas vasculares, con raíces adheridas al suelo, pero con el cuerpo principal sobresaliendo del agua

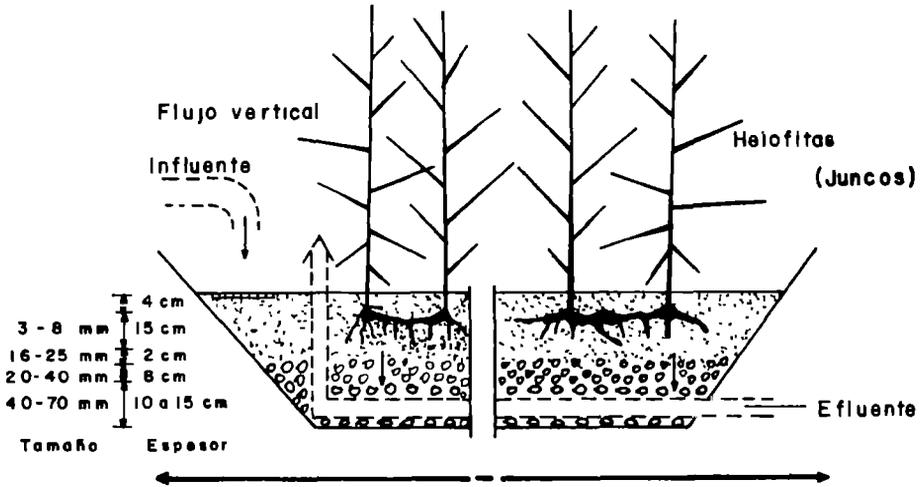


FIGURA 14-2 (c) Lecho de grava y arena en capas, sembrado con juncos y espigas de agua.

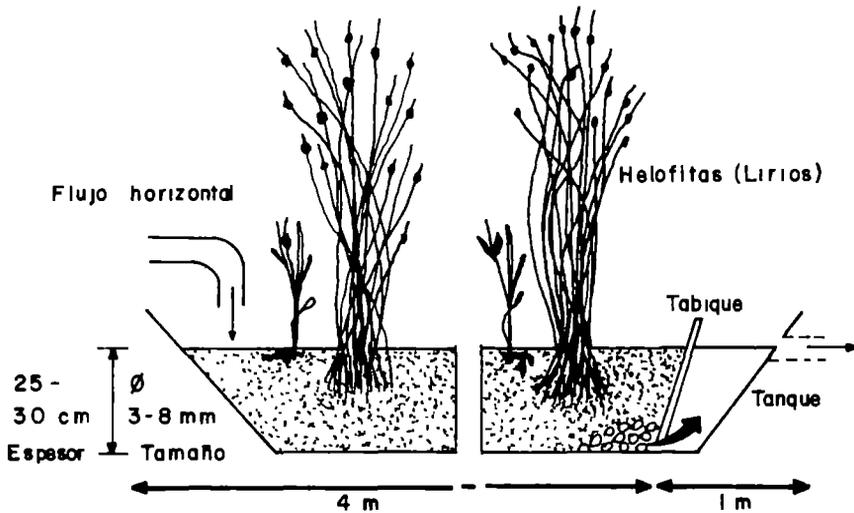


FIGURA 14-2 (d). Lecho de grava y arena mezclada sembrado con juncos de agua y lirios amarillos. Notar la distribución del influente y efluente.

Cada planta tiene una tasa de crecimiento, la cual está directamente relacionada con la capacidad de asimilación de los elementos nutritivos presentes en las aguas residuales.

Las principales características de estos lechos, según K. Jucksterg (1987), son:

— Area:

Las áreas recomendadas para tratamiento son de 2 a 10 m²/hab. Un valor promedio es de 3 a 5 m²/hab.

— Espesor:

Los espesores de grava y arena fluctúan entre 0,3 y 0,8 m; aunque la arena y la grava pueden ir mezcladas, en algunas ocasiones se parten en dos capas, quedando el material más grueso en el fondo. También se han utilizado medios artificiales de plástico.

— Carga hidráulica:

La carga hidráulica utilizada hasta el momento es de 0,05 a 0,2 m³/m²/hora con respecto a la sección transversal, esto es, el flujo debe ser horizontal y no vertical.

— Eficiencias:

Las eficiencias medidas de remoción de materia orgánica (DBO₅) son de 80 a 90%, las de nitrógeno menores de 50% y las de fósforo mínimas.

— Recubrimiento:

Se recomienda que el fondo y paredes del lecho estén cubiertos con una membrana impermeable o que el suelo sea impermeable, como arcillas.

— Pretratamiento:

Se recomienda que el influente a un lecho de helofitas sea pretratado mínimo en un tanque séptico para remover sólidos que pueden obstruir el lecho de helofitas.

EJEMPLO 14-1: Dimensionamiento de un lecho de helofitas con grava y arena para una vivienda.

Una familia de ocho personas desea tratar sus aguas residuales por medio de un lecho de grava y arena sembrado con helofitas. La generación de aguas residuales por habitante se estima en 150 l/día.

¿Cuáles serán las dimensiones del lecho?
 ¿Cuántos lechos se pueden tener?

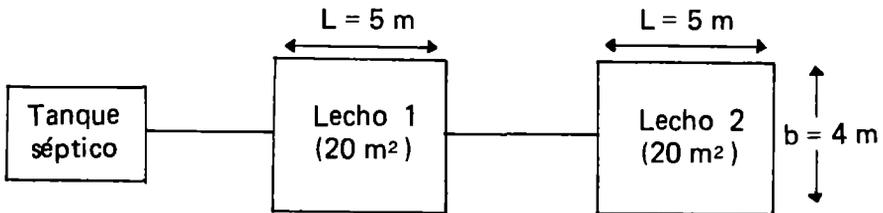
SOLUCION:

a) Area superficial:

Si se supone un requerimiento de $5 \text{ m}^2/\text{hab}$, según las recomendaciones, el área superficial requerida es de $8 \text{ hab} \times 5 \text{ m}^2/\text{hab} = 40 \text{ m}^2$.

El largo y el ancho serán fijados por el terreno, pero suponiendo que sean dos lechos de 20 m^2 , cada uno tendrá 5 m de largo por 4 m de ancho.

Estos lechos deberán ir después de un tanque séptico, el cual se calcula según se explicó en el capítulo 5.



b) Area transversal:

Si se supone una carga hidráulica de $0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hora}$, que está dentro del rango recomendado, se tiene que la sección transversal es:

$$\begin{aligned} \text{Caudal aguas residuales:} &= 8 \text{ hab} \times 150 \text{ l/hab} \times \text{día} = 1.200 \text{ l/día} \\ &= 50 \text{ l/hora} = 0,05 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

$$\text{Area sección transversal:} = \frac{0,05 \text{ m}^3/\text{hora}}{0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hora}} = 1 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Area sección transversal} &= b \times h \\ 1 \text{ m}^2 &= 4 \text{ m} \times h \\ h &= 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Como la altura es inferior a la recomendada, se puede llevar ésta hasta unos $0,5 \text{ m}$. Lo recomendado es que la profundidad esté entre $0,3$ y $0,8 \text{ m}$. En este caso los lechos quedan sobredimensionados.

También se puede aumentar el número de lechos y jugar con las dimensiones. Si fueran tres lechos se tendría:

Area superficial:	$40 \text{ m}^2 / 3 = 13,5 \text{ m}^2$ cada lecho
Dimensiones:	4,5 m largo x 3 m ancho
Area transversal:	$1 \text{ m}^2 = b \times h$
	$1 \text{ m}^2 = 3 \text{ m} \times h$
	$h = 0,35 \text{ m}$

Esta altura ya está dentro de las dimensiones recomendadas.

14.4.2. Lagunas con jacintos o lechugas de agua

Los jacintos y lechugas de agua están dentro del grupo de macrófitas flotantes, o sea no tienen la raíz adherida al suelo. El uso de estas plantas como forma de tratar las aguas residuales ha ido ganando mucha aceptación aunque todavía existen muchas dudas acerca de los procesos de remoción. Uno de los mayores problemas con este proceso es que periódicamente hay que remover las plantas para poder mantener una buena provisión de plantas jóvenes, con buena capacidad de asimilación.

Existen casos en los que las aguas residuales son sometidas primero a un pretratamiento sencillo como lagunas de oxidación y luego se pasan por una laguna con jacintos de agua para que actúe como tratamiento secundario, o sea mejore la calidad de los afluentes.

Como no hay unos parámetros muy definidos, tales como área, cantidad de plantas, cargas orgánicas e hidráulicas, para recomendar a manera de criterios de diseños, se citarán en su lugar algunas referencias bibliográficas que pueden orientar a los interesados en profundizar en el tema.

BIBLIOGRAFIA

1. Buchsteeg, K. Sewage Treatment in Helophyte Beds—First Experiences with New Treatment Procedure The Use of Macrophytes in Water Pollution Control. Water Science and Technology Oxford, Vol. 19, No. 10, 1987, p. 1.
2. Boutin, C. Domestic Wastewater Treatment in Tanks Planted with Rooted Macrophytes. The Use of Macrophytes in Water Pollution Control. Water Science and Technology. Oxford, Vol. 19, No. 10, 1987, p. 29.

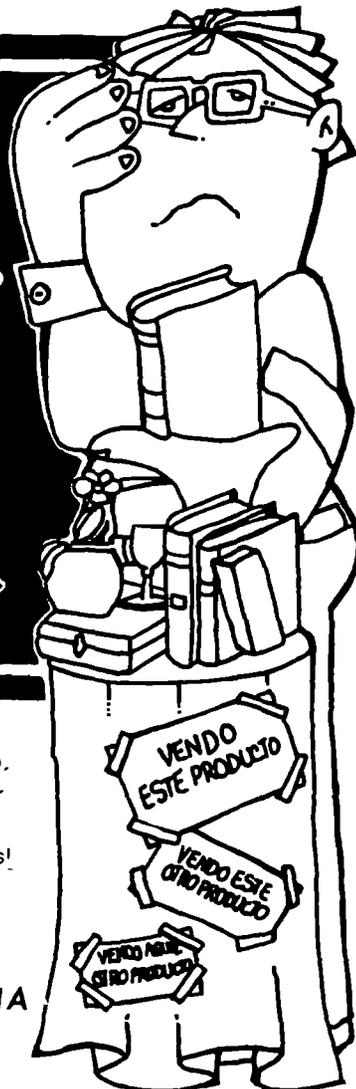
- 3 Joseph, James. Lagunas de Jacinto. Tratamiento Barato de Aguas Cloacables Revista Desarrollo Nacional. Octubre 1976, p. 52.
4. Joseph, James. El control Botánico Un medio de depurar las aguas industriales. Revista Desarrollo Nacional Noviembre/Diciembre, 1976, p. 75.
5. Bates, Robert P. y Hengtes James F. Aquatic Weeds—Erradicate or Cultivate. Economic Botany. Enero/Marzo, 1976, p. 40.
- 6 Bole, J. B. y Allan, J. R. Uptake of Phosphorus from Sediment by Aquatic Plants. Water Research. Vol. 12, Pergamon Press. 1978, p. 353.

**QUIERE SABER
QUIEN SE
INTERESA POR
SU PRODUCTO?
MUY FACIL:
UTILICE EL
"SERVICIO DE
RESPUESTA
COMERCIAL
DE ADPOSTAL"**

El "Servicio de Respuesta Comercial", le permite hacer investigaciones de mercado, encuestas de opinión, pedidos por correo, y en general obtener la información que usted requiere para sus negocios!

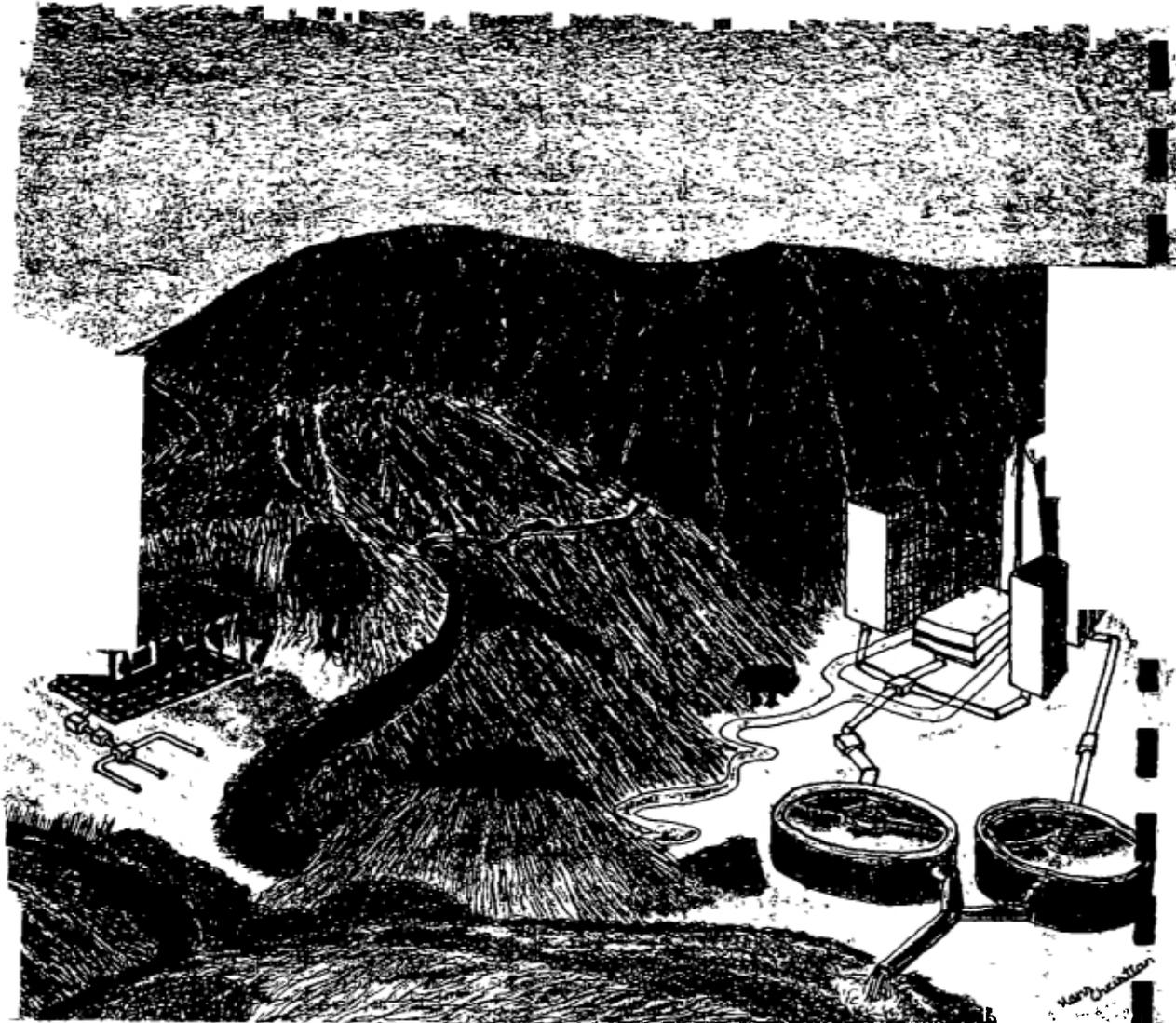



CORREO DE COLOMBIA
llega seguro y a tiempo!



Este folleto fue impreso
en Ediciones Gráficas Ltda.
Tels.: 285 43 53 - 2 85 43 73
Medellín - Colombia





SISTEMAS ELEMENTALES PARA EL MANEJO
DE AGUAS RESIDUALES SECTOR RURAL Y SEMI-RURAL



Empresas Públicas de Medellín