

CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES.

Infiltración Pluvial.

CAPITULO 5. INFILTRACION PLUVIAL

5.1 INTRODUCCION.

Como se mencionó en el Capítulo 3 Alcantarillados, se ha visto la conveniencia de que los acuíferos subterráneos sean “reabastecidos” aunque sea de una manera indirecta, ya que en el caso de las aguas subterráneas, se ha modificado parcialmente su ciclo hidrológico al haberse limitado a un mínimo la infiltración en forma natural de la cuenca del Valle de Atemajac, con el crecimiento de la mancha urbana del área Metropolitana de Guadalajara.

Aunque bien es cierto que la ciudad cuenta con áreas verdes en parques, jardines, camellones, servidumbres, etc. estas son reducidas comparadas con las áreas “impermeables” (calles, banquetas, áreas construidas por edificaciones, comercios, etc.), lo cual no es suficiente para mantener el equilibrio del caudal infiltrado de manera natural y la extracción de aguas subterráneas que se realiza por medio de pozos por lo que desde hace varios años se implementó un programa de construcción de pozos de absorción para inducir la infiltración de manera indirecta. Los pozos de absorción se han estado construyendo tanto en las vialidades como dentro de las áreas verdes de las edificaciones.

Sin embargo en todos los casos de infiltración artificial deberá considerarse la posibilidad de que los escurrimientos superficiales puedan estar contaminados con sedimentos, restos de combustibles, metales pesados, sólidos (en diversas formas), fertilizantes, plaguicidas y microorganismos entre otros contaminantes removidos por el agua pluvial de la atmósfera o del suelo en su trayecto. Por esta razón, deberá limitarse la aplicación de los sistemas de infiltración a zonas habitacionales o en lugares que no manifiesten un problema latente de contaminación de cualquier índole que pudiera afectar los mantos acuíferos.

Además, en ningún caso, se permitirá la construcción de pozos o cualquier obra de infiltración directa o indirecta de desechos de cualquier naturaleza, a excepción de las aguas residuales domésticas que hayan sido previamente tratadas mediante Planta de Tratamiento Secundario o de fosas sépticas diseñadas según se indica en el Capítulo 11 del presente documento. Dichos efluentes tratados, serán dispuestos al subsuelo de preferencia mediante campos de infiltración compuestos por tuberías perforadas dentro de zanjas y rodeados de materiales permeables.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES CONCEPTOS.

A continuación se hace una descripción breve de los conceptos que intervienen en la recarga de los acuíferos, que tienen interrelación, y que nos dan una idea de que el proceso de la infiltración es más complejo y difícil de determinar de lo que en apariencia es.

I. AGUA FREÁTICA.

Agua que se encuentra en el subsuelo, a una profundidad que depende de las condiciones geológicas, topográficas y climatológicas de cada región. La superficie del agua se designa como nivel de agua freática.

II. INFILTRACION

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el subsuelo. La percolación es el movimiento del agua a través después de la entrada. Muchos factores influyen en la tasa de infiltración, incluyendo la condición de la superficie del suelo y su cubierta vegetal, las propiedades del suelo, tales como la porosidad y la conductividad hidráulica, y el contenido de humedad presente en el mismo, así como también la duración de la lluvia y del patrón de drenaje en la cuenca.

La pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que las muy inclinadas favorecen la escorrentía superficial y si son menos fuertes retienen por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración. Las pendientes moderadas ofrecen condiciones mejores para infiltración, que las enteramente planas, ya que estas desarrollan a menudo suelos herméticos, además la textura del suelo juega entonces un papel muy importante en el proceso de infiltración puesto que está influida por la pendiente del terreno.

Una lluvia moderada de larga duración, favorece la infiltración. Por otra parte, las lluvias intensas saturan muy rápidamente, la parte superficial del suelo, perdiéndose gran parte de estas en escorrentía superficial. Estas lluvias también compactan el suelo reduciendo su habilidad para absorber el agua.

III. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.

La cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones se le denomina *capacidad de infiltración* y es el proceso por el cual el agua penetra en los estratos de la superficie del suelo y se mueve hacia el manto freático. El agua primero satisface la deficiencia de humedad del suelo y, después, cualquier exceso pasa a formar parte del agua subterránea.

Esta capacidad se expresa generalmente en litros por segundo por metro cuadrado de superficie permeable (lps/m²).

IV. PERMEABILIDAD.

Se denomina a la propiedad de una formación acuífera en lo referente a su función transmisora ó de conducto. La permeabilidad se define como la capacidad de un medio poroso para transmitir el agua. El movimiento del agua de un punto a otro del material, tiene lugar cuando se establece una diferencia de presión ó carga entre dos puntos. (*no confundir con capilaridad*)

V. POROSIDAD

La porosidad de un acuífero es aquella parte de su volumen que consiste de abertura ó poros, ó sea, la proporción de su volumen no ocupado por material sólido. La porosidad es un índice que indica cuanta agua puede ser almacenada en el material saturado.

La porosidad se expresa generalmente como un porcentaje del volumen bruto del material. Aunque la porosidad representa la cantidad de agua que un acuífero puede almacenar, no nos indica cuanta de aquella puede ceder.

Cuando un material saturado drena agua mediante la fuerza de gravedad, únicamente cede una parte del volumen total almacenado en el. La cantidad de agua que un volumen unitario del material deja escapar cuando se le drena por gravedad, se denomina rendimiento específico.

Aquella parte del agua que no se puede remover por drenaje superficial, es retenida, contra la fuerza de gravedad, por capilaridad y atracción molecular. La cantidad de agua que un volumen unitario del material retiene cuando se somete a drenaje por gravedad, se denomina retención específica. Tanto el rendimiento específico como la retención específica se expresan como fracciones decimales ó porcentajes. El rendimiento específico sumado a la retención específica, es igual a la porosidad.

Tabla 5.1 PROMEDIOS APROXIMADOS DE POROSIDAD, RENDIMIENTO ESPECIFICO Y PERMEABILIDAD DE VARIOS MATERIALES

MATERIAL	POROSIDAD %	RENDIMIENTO ESPECIFICO %	PERMEABILIDAD INTRINSECA D(DARCYS)	PERMEABILIDAD	
				UNIDADES MEINZER	m ³ /DIA/m ²
ARCILLA	45	3	0.0005	0.01	0.0004
ARENA	35	25	50.00	1000.00	41.00
GRAVA	25	22	5000.00	100000.00	4100.00
GRAVA Y ARENA	20	16	500.00	10000.00	410.00
ARENISCA	15	8	5.00	100.00	4.10
CALIZAS DENSAS	5	2	0.05	1	0.041
CUARZO GRANITO	Y 1	0.5	0.0005	0.01	0.0004

UN DARCY = $0.987 \times 10^{-8} \text{ cm}^2$
 UN MEINZER = $0.0408 \text{ m}^3 / \text{dm}^2$ con gradiente unitario.

5.3 MEDICIÓN DE LA PERMEABILIDAD.

5.3.1.- Descripción general.

Cuando se menciona la construcción de obras de infiltración o absorción, en todos los casos se pretende aprovechar los estratos más permeables del terreno con aguas freáticas sobre el que se asienta la mayor parte del Valle de Atemajac como es el Jal. Sin embargo, para la presentación de un proyecto de sistema de infiltración, se deberán analizar y poner a disposición del SIAPA, los siguientes puntos:

- 1.- Estudio de mecánica de suelos (estratigrafía).
- 2.- Permeabilidad del suelo.
- 3.- Área efectiva para infiltración del sistema elegido.
- 4.- Tipo de obra de Infiltración propuesta.

Sobre todo para el área efectiva para infiltración es necesario analizar el área de huecos que cada elemento tendrá, para con la permeabilidad del suelo, determinar el número de unidades que se requieren para infiltrar el caudal calculado.

Pero también se deberá tener en cuenta en la elección del tipo de sistema, aquel en el que el mantenimiento sea de una manera fácil, lo más prolongado posible y económico, ya que los principales problemas de los sistemas de infiltración es que se azolvan ó se tapa el material filtrante reduciendo su capacidad. En los planos de alcantarillado pluvial se deberá indicar el número de unidades y el sistema de drenaje utilizado.*

5.3.2.- Valores Teóricos de la Permeabilidad.

A continuación se presentan valores de permeabilidad promedio de los tipos de materiales más comunes en la ZMG.

Tabla 5.2 DE VALORES TEORICOS DE PERMEABILIDAD

MATERIAL	VALOR DE K (cm/seg)
JAL GRUESO	1×10^{-2}
JAL MEDIO	1×10^{-3}
ARENA AMARILLA	1×10^{-3}
ARENA DE RIO	1×10^{-2}
ARENA JALOSA	1×10^{-3}
ARENAS LIMOSAS	1×10^{-4}

Cuando la medición de la permeabilidad se realiza en el laboratorio, estos ensayos tienen un valor práctico limitado, dadas las dificultades que presenta colocar muestras de materiales no consolidados en el aparato en su estado natural y la incertidumbre que se tiene respecto a la representatividad de la muestra con respecto a las capas de material que harán las veces de acuífero, por lo que los valores obtenidos son meramente indicativos y no siempre arrojarán cálculos confiables de capacidades de infiltración ya que habría que tomar en cuenta que estas disminuyen a medida que hay una saturación del terreno.

Para una mejor comprensión de los rangos de estos valores y de la aplicación de métodos directos e indirectos de medición, se presenta la *Tabla 5.3*. Sin embargo, para una mayor exactitud en los valores deberán realizar pruebas de permeabilidad directamente en el lugar.

TABLA 5.3. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

"k" cm/seg escala log.		10 ²	10 ¹	1.0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Propiedad de Drenaje	Buen Drenaje												
	Mal Drenaje												
Aplicacion en Presas de Tierra y Diques	Secciones Permeables de Presas y Diques.												
	Secciones Impermeables de Presas de Tierra y Diques												
Tipos de Suelos	Grava Limpia.												
	Arenas Limpias. Mezclas de Grava y Arena Lipia.												
	Arenas muy Finas, Limos Organicos e Inorganicos. Mezclas de Arena, Limo y Arcilla Morena Glacial. Depositos de Arcilla Estratificados, etc.												
Determinacion Directa del Coeficiente de Permeabilidad	"Suelos impermeables" que han sido modificados por los efectos de la vegetacion y del intemperismo.												
	Prueba Directa de los suelos en su Posicion Original (v.g. Pozos de Bombeo Confiable si se conducen apropiadamente. Requiere considerable Experiencia.												
	Permeámetro de Carga Constante Requiere poca Experiencia.												
Determinacion Indirecta del Coeficiente de Permeabilidad	Confiable Requiere poca Experiencia.												
	Permeámetro de Carga Variable Rango de Permeabilidad Inestable Requiere Mucha Experiencia para una Concreta Interpretacion.												
Determinacion Indirecta del Coeficiente de Permeabilidad	Calculo de la distribucion granulometrica (v.g. Formula de A. Hazen) Aplicable unicamente a Gravas y Arenas Limpias sin cohesion												
	Prueba Horizontal de Capilaridad. Requiere Muy poca Experiencia, especialmente Util para la Prueba rapida de un gran numero de muestras en el campo sin equipo de Laboratorio.												
		Calculos de las Pruebas de Consolidacion. Equipo de Laboratorio Costoso. Requiere considerable Experiencia.											
"k" cm/seg escala log.		10 ²	10 ¹	1.0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹

5.3.3.- Medición de la Capacidad de Infiltración.

Para determinar la capacidad real de infiltración en el (o los) sitio(s) donde se pretende instalar pozo(s) de absorción, deberán realizarse pruebas directas y de laboratorio. (ver tabla 5.3.)

Las pruebas directas deberán realizarse:

1°) Conforme a las instrucciones contenidas en el **Apéndice “B” de la NOM-006-CNA-1997**, ó

2°) Utilizando un permeámetro de pozo de carga constante o de carga variable, conforme a los Manuales de Mecánica de suelos.

También se puede determinar el valor “k” en laboratorio, utilizando muestras inalteradas del subsuelo, tomadas a diferentes profundidades, conforme a los Manuales de Mecánica de Suelos.

Con los resultados obtenidos, se aplica la siguiente fórmula para suelos permeables: $\forall t = kSA_pT$

Donde :

k =	Permeabilidad promedio del estrado,	en m/s.
S =	Gradiente hidráulico,	1.
A _p =	Area Permeable,	en m ² .
T =	Tiempo en segundos,	1 seg.

A su vez, el área permeable se determina obteniendo el diámetro y la altura de la zona permeable (donde se encuentra el material estudiado), para obtener el área total permeable utilizable.

5.4 ESTRUCTURAS PARA INFILTRACIÓN

5.4.1. Descripción general.

Se le denomina sistema de infiltración pluvial, al conjunto de componentes por medio de los cuales se realiza la infiltración de las aguas pluviales captadas y conducidas por el alcantarillado o drenaje pluvial. Dada la dificultad de realizar en la zona urbana una infiltración de manera natural (vasos de captación, arroyos, dispersión por terrenos, etc.), se tienen que construir estructuras hidráulicas que sustituyan el área necesaria para realizar la infiltración. Estas estructuras podrán ser construidas en el sitio o prefabricadas, tal como se describe a continuación.

5.4.2. Vasos artificiales para infiltración.

No se debe descartar la posibilidad de construir vasos de infiltración que serían más efectivos, de ubicarse sobre los terrenos adecuados, que cualquier sistema artificial, y estos además pudieran servir de lugares recreativos. Las excedencias deberán conectarse al sistema de colectores más cercano.

5.4.3. Pozos de absorción contruidos “in-situ”.

El sistema de construcción en sitio es lo que se conoce en Guadalajara por pozos de absorción “huacaleados” de tabiques, los cuales son circulares, de profundidad variable (3.00 a 8.00 m) y sus paredes presentan huecos por el sistema constructivo, salvo en la parte superior que se construye “ciega”. Alrededor del pozo deberá tener un filtro de grava, con un mínimo de 5 cm de espesor. (Ver croquis No. 1).

5.4.4. Pozos de absorción prefabricados.

También los pozos de absorción pueden ser prefabricados, los cuales tendrán características similares a los anteriormente mencionados. Además, existe en el mercado nacional un sistema de infiltración a base de

cámaras prefabricadas de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) cuya disposición es de construcción horizontal (ver croquis N°2). Los pozos prefabricados también son circulares y pueden ser de concreto armado o de polietileno de alta densidad. Estos pozos también requieren un filtro de grava perimetral. (Ver croquis No. 3).

5.4.5. Previsiones para la limpieza y mantenimiento.

La experiencia que ha tenido el SIAPA respecto a la posibilidad de disminución de eficiencia sobre todo de los pozos de absorción y otros sistemas de infiltración municipales es que estos enfrentan problemas serios cada temporal de lluvias debido a azolves por arenas, basuras, y en ocasiones un inadecuado mantenimiento de limpieza debido a deficiencias de diseño en el sistema. Por consiguiente para resolver este problema se deberán usar un filtro a base de geotextiles. Además, para facilitar las maniobras de limpieza, cualquier sistema de infiltración que se proyecte deberá contar con registros a los que pueda tener acceso una persona (tipo pozo de visita) con diámetro mínimo interior libre de 1.20 m, así como escalera tipo marina de aluminio ó acero inoxidable en los registros y pozos de absorción. La limpieza y el mantenimiento serán responsabilidad del propietario.

5.4.6. Localización de obras de infiltración.

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos, se aprobará la distancia a los edificios próximos, ya que pueden presentarse asentamientos debido a arrastre de finos hacia los sistemas. Para evitar esta posibilidad, se deberá considerar el cubrir interiormente la estructura de infiltración con tela filtrante especial antes mencionada; además del filtro de grava perimetral exterior y que la distancia mínima al cimiento más cercano, sea igual a la profundidad del pozo en cuestión.

En caso de Fraccionamientos ó Desarrollos Urbanos, en la presentación de los proyectos respectivos, se deben señalar las áreas que hayan sido objeto de rellenos y el tipo de material que se utilizó, así como su estudio de mecánica de suelos posterior, esto con el objeto de ver si es factible la colocación de sistemas de infiltración sin que se ocasionen problemas al subsuelo por asentamientos u otros problemas.

Cualquier sistema de infiltración deberá ser aprobado por el SIAPA previo a su instalación, siempre y cuando cumpla con las especificaciones generales aquí recomendadas.

IMPORTANTE: En ningún caso las excedencias de los sistemas de infiltración deberán descargarse al alcantarillado sanitario.

5.5. SISTEMA DE INFILTRACIÓN PARTICULAR, GENERAL Y MUNICIPAL.

De acuerdo a las consideraciones mencionadas, las aguas pluviales que se precipiten en las áreas urbanas, deben ser captadas e infiltradas en su mayoría, por lo que se tendrán que construir los sistemas de infiltración correspondientes en cada uno de los casos siguientes.

5.5.1. Sistema de infiltración particular.

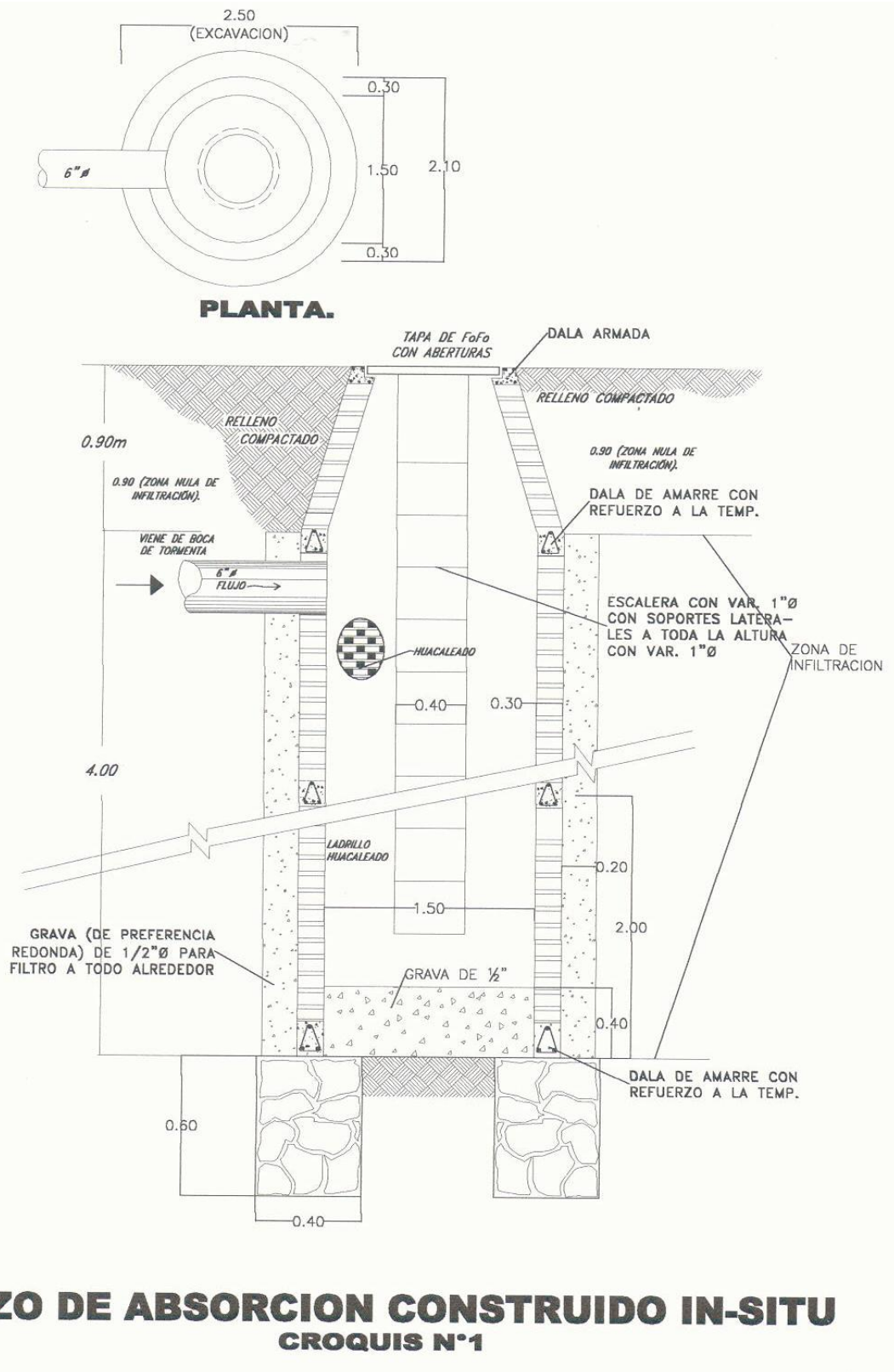
Es el que se deberá construir para la infiltración de las aguas captadas en una finca, predio ó edificio, dentro de los límites de la misma propiedad particular, siempre y cuando no afecte la estabilidad de la construcción por posibles asentamientos.

5.5.2. Sistema de infiltración general particular.

Es aquel que infiltrará las aguas de las áreas comunes en los centros comerciales, conjuntos habitacionales, condominios, y que se podrán construir en las áreas comunes (patios, andadores, jardines, estacionamientos, etc.) dentro de los límites aún particulares de un condominio. En algunos casos que se justifiquen la infiltración particular, dadas las condiciones de edificación, se podrán realizar todas las obras de infiltración en un sistema general en áreas comunes.

5.5.3. Sistema de infiltración municipal.

Este sistema deberá infiltrar únicamente los escurrimientos pluviales de las vialidades y se podrá construir en los camellones, arroyo de las calles, glorietas, etc., siempre y cuando no afecte otras instalaciones y el acceso para mantenimiento no se dificulte, así como no exista la posibilidad de contaminar el subsuelo por condiciones insalubres en el predio.



CROQUIS No. 2 CAMARA HORIZONTAL DE PEAD PARA INFILTRACIÓN.

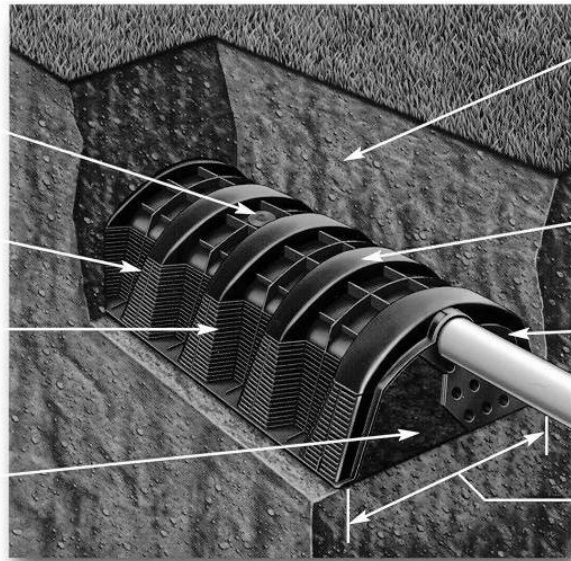
Son ideales en lugares donde el manto freático es muy cercano a la superficie.

Puerto de inspección para un fácil acceso al campo de infiltración.

Las paredes laterales proveen una superficie adicional para infiltración.

Las ranuras reducen la intrusión de tierra y partículas.

Gran capacidad de almacenamiento de agua a corto plazo.



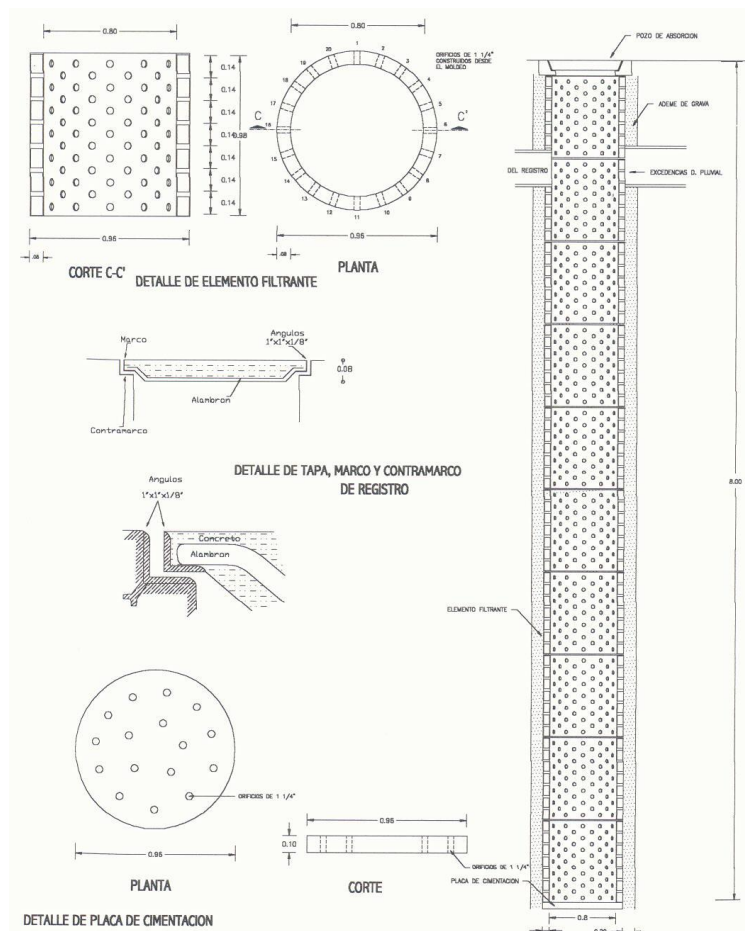
El sistema es enteramente subterráneo, añadiendo un valor al espacio jardinado y eliminando los malos olores causados por los gases tóxicos, los cuales representan un riesgo para la salud.

Parte superior sólida previene la intromisión de material.

Las tapas con cortes pueden funcionar con una gran variedad de tuberías de distintos diámetros.

La totalidad del fondo de la cámara se encuentra abierta, optimizando el área para la infiltración y el tratamiento a través del suelo.

CROQUIS No. 3 POZO DE ABSORCIÓN PREFABRICADO CON TUBERIA PERFORADA. PATENTE (163291).



5.6. PERÍODO DE RETORNO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE INFILTRACIÓN.

Opciones:

Art. 287. REGLAMENTO DE ZONIFICACIÓN DEL ESTADO DE JALISCO.

CAP. II. El caudal de las aguas pluviales se calculará con los lineamientos del organismo operador o en su defecto con las recomendaciones de la CNA.

CAP. III. A falta de indicaciones específicas de la autoridad competente, la intensidad de lluvia se adoptará para un período de tiempo que dependerá de la ubicación de la zona, según se indica a continuación:

- A)** Zonas Centrales: 5 a 10 años.
- B)** Zonas Urbanas Periféricas: 2 a 5 años.
- C)** Zonas Suburbanas y Periféricas: 1 a 2 años.