



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES POR MEDIO DE MÓDULOS SANITARIOS

Asdrúbal Ricardo Carrillo Gutiérrez

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Calderón Campos

Guatemala, agosto de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES POR
MEDIO DE MÓDULOS SANITARIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ASDRÚBAL RICARDO CARRILLO GUTIÉRREZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO CALDERÓN CAMPOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Edwin Antonio Echeverría Marroquín
EXAMINADOR	Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES POR MEDIO DE MÓDULOS SANITARIOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 26 de Octubre de 2005.

Asdrúbal Ricardo Carrillo Gutiérrez

AGRADECIMIENTO A:

DIOS

Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida y ahora para culminar este trabajo, dándome la fuerza y el entendimiento necesario.

MIS PADRES

Sergio Roberto Carrillo Alanzo y Maria Elena Gutiérrez de Carrillo por ser mi ejemplo y mi fuerza. Y por haber dedicado su vida para hacer de la mía una vida mejor.

MI FAMILIA

A quienes amo y agradezco su compañía y apoyo.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA

Por haberme brindado los conocimientos que adquirí tanto profesional como personalmente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XI

1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1	Antecedentes del tratamiento de aguas negras en comunidades rurales	1
1.2	Drenajes sanitarios.....	3
1.2.1	Tipo de Sistemas.....	3
1.3	Concepto de aguas residuales.....	4
1.3.1	Manejo integral de los recursos hídricos..	5
1.3.2	Implementación de un plan de manejo de Aguas residuales.....	6
1.4	Red de drenajes sanitarios.....	7
1.4.1	Pozo de visita.....	7
1.4.2	Tragantes o Sumideros.....	9
1.4.3	Tanque de Lavado.....	12
1.4.4	Aliviadores de Descarga o Derivadores de Caudal.....	13
1.4.5	Pozos de lámpara o pozos de luz.....	15
1.4.6	Tubería de Ventilación.....	16
1.4.7	Conexiones Domiciliares.....	17
1.4.8	Cuerpo Receptor.....	18

2.	TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
2.1	Pre-tratamiento.....	20
2.2	Tratamientos primarios.....	20
	2.2.1 Fosas sépticas.....	20
	2.2.2 Tanques Himhoff.....	21
2.3	Tratamientos secundarios.....	22
2.4	Tratamientos terciarios.....	22
3.	SISTEMA DE DRENAJES POR MÓDULOS SANITARIOS	
3.1	Módulos sanitarios.....	23
	3.1.1 Viviendas.....	26
	3.1.2 Candelas.....	26
	3.1.3 Trampas de grasa.....	28
	3.1.4 Conectores	29
	3.1.5 Fosas sépticas.....	31
	3.1.5.1 Construcción de fosas sépticas	
	In-situ.....	32
	3.1.5.2 Fabricación de fosas sépticas	
	de fibra de vidrio.....	34
	3.1.6 Pozos de absorción y campos de absorción	35
	3.1.6.1 Pozos de absorción.....	36
	3.1.6.2 Campos de absorción.....	47
3.2	Requisitos necesarios para la aplicación de los módulos	
	Sanitarios.....	49
	3.2.1 Disposición de tierras	50
	3.2.2 Topografía	51
	3.2.3 Estratigrafía del terreno.....	52
	3.2.4 Manto freático.....	54
3.3	Procesos previos a la construcción de módulos	
	Sanitarios.....	54

3.3.1	Motivación y planificación.....	54
3.3.2	Levantamiento topográfico.....	57
3.3.3	Organización de módulos sanitarios.....	58
3.3.4	Determinar el recorrido de los colectores..	59
3.3.5	Seleccionar los terrenos de desfogue.....	61
4.	RESULTADOS OBTENIDOS UTILIZANDO EL SISTEMA DE DRENAJE POR MÓDULOS SANITARIOS.	
4.1	Análisis físicos y químicos de las aguas negras...	61
4.2	Resultados Obtenidos.....	65
5.	COMPARACIÓN DEL COSTO UNITARIO POR BENEFICIARIO SEGÚN CONGLOMERADOS DIFERENTES	
6.	INCONVENIENTES ENCONTRADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJES POR MÓDULOS SANITARIOS	
6.1	Charlas técnicas y motivacionales.....	77
6.2	Organización de módulos sanitarios.....	78
6.3	Derecho de uso de tierras.....	79
6.4	Inconformidad en módulos sanitarios.....	79
6.5	Organización de grupos de trabajo.....	80
6.6	Inconvenientes durante la construcción de los módulos sanitarios.....	80
6.6.1	Presencia de piedras.....	81
6.6.2	Inclinación del terreno.....	81
6.6.3	Conexiones Existentes.....	81
6.6.4	Fosas sépticas.....	82
6.6.5	Pozos de absorción.....	82
6.7	Mantenimiento del sistema.....	83

7.	COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CON EL SISTEMA DE MÓDULOS SANITARIOS	
7.1	En la construcción.....	85
7.2	En el mantenimiento.....	87
	7.2.1 Mantenimiento preventivo.....	87
	7.2.2 Mantenimiento de operación.....	88
7.3	Tiempos para mantenimiento de operación de los elementos de un modulo sanitario.....	89
	7.3.1 Trampa de grasa.....	89
	7.3.2 Candela.....	89
	7.3.3 Fosa séptica.....	89
	7.3.4 Pozo de absorción.....	90
8.	MEMORIA DE CÁLCULOS Y CRITERIOS APLICADOS.	
8.1.	Trampas de grasa.....	93
8.2	Fosa séptica.....	93
8.3	Posos de absorción.....	96
8.4	Conectores.....	96
9.	CUIDADOS Y MANTENIMIENTOS DEL SISTEMA DE MÓDULOS SANITARIOS	
9.1	Cuidado preventivo.....	97
9.2	Mantenimiento del sistema de módulos sanitarios.	98
	CONCLUSIONES.....	101
	RECOMENDACIONES.....	102
	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	ANEXOS.....	104

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Detalle típico de pozos de visita	8
2.	Tragante típico para alcantarillado pluvial.	11
3.	Tanque de lavado con descarga automática	13
4.	Aliviadero de salto.	14
5.	Aliviadero lateral	14
6.	Aliviadero lateral doble	15
7.	Conexión domiciliar	17
8.	Componentes Básicos de Tratamiento de Aguas Residuales	19
9.	Coefficientes de absorción del terreno. (Reglamento General de Alcantarillados Particulares, Chile.)	42
10.	Esquema del método para la verificación de la prueba de infiltración. (Manual para el diseño, operación y mantenimiento de tanques sépticos. AID, México, 1965.)	43
11.	Superficie de absorción necesaria para residencias privadas. (Manual para el diseño, operación y mantenimiento de tanques sépticos.)	44
12.	Esquema de infiltración de aguas negras a través de dos pozos absorbentes.	46
13.	Cono Imhoff para determinación de sólidos sedimentables.	63

TABLAS

I	Coefficiente de absorción del terreno	40
II	Necesidades de superficie de absorción para residencias privadas	43
III	Ejemplo de un plan de manejo integral de aguas residuales	56

RESUMEN

En la actualidad, en muchas áreas de Guatemala se carece de servicios básicos, debido a la pobreza que ataca el país, por lo que debemos de buscar alternativas viables y, sobre todo, económicas para hacer llegar estos servicios a las personas mas afectadas. El siguiente trabajo de graduación presenta una alternativa para la construcción de sistemas de drenajes que puede ser aplicable principalmente a comunidades rurales.

El sistema que se plantea es la construcción de módulos sanitarios, el cual utilizando elementos básicos como fosas sépticas, trampas de grasa, candelas y pozos de absorción, proveerá un sistema de drenajes sanitario con el que se obtienen buenos resultados en el tratamiento del agua residual.

Este sistema es construido para grupos de hasta 15 casas y es necesario que exista espacio disponible para la construcción de los elementos del sistema, principalmente, para la fosa séptica y el pozo de absorción, los cuales son los elementos mas importantes, necesarios para tener un tratamiento efectivo y además necesitan mas espacio para su construcción. En cada casa es necesario construir una trampa de grasa y una candela, dispositivos que evitarán el paso a elementos que pudieran dañar o impedir el funcionamiento de la fosa séptica o el pozo de absorción. La construcción de este tipo de sistema es sencilla y en su mayoría no requiere de mano de obra calificada, además resulta económica, ya que, no se extiende a toda una comunidad, en general, sino a grupos de viviendas que se encuentran vecinas una de la otra. Además, sus elementos requieren de un mantenimiento preventivo mínimo y una limpieza periódica sencilla.

OBJETIVOS

GENERAL

Dar a conocer a los profesionales de la construcción, una alternativa viable que pueda ser utilizada en la construcción de sistema de disposición de los residuos líquidos domésticos, principalmente en áreas rurales así mismo, esta alternativa brinde soluciones a los problemas que la construcción de un sistema de alcantarillado de drenajes, pueda tener; ayudando con esto a brindar una mejor calidad de vida a los habitantes de una comunidad, proporcionándoles una alternativa que beneficie a éstos y a su comunidad en la disposición final de sus aguas servidas en forma económica y factible.

ESPECÍFICOS

- 1 Desarrollar proyectos que estén al alcance de los recursos económicos de los miembros de las comunidades rurales.
- 2 Determinar la eficiencia del tratamiento obtenida en el agua residual, luego de haber sido tratada con este tipo de sistema.
- 3 Lograr un mejor saneamiento de las aguas servidas de las comunidades rurales, haciendo uso de una combinación de unidades ya conocidas en el tratamiento de aguas residuales.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país en constante crecimiento, pero que, en la actualidad, presenta deficiencias en su infraestructura y no llega a cubrir las necesidades básicas de habitabilidad de su población, necesidades como lo son sistemas de distribución de agua, sistema de drenajes, sistema de recolección de basura, etc. Por eso se presenta el siguiente trabajo de graduación en el cual se da a conocer una alternativa eficaz para la construcción de sistema de drenajes, en el cual se utilizan elementos sencillos y conocidos por la mayoría de profesionales de la construcción y que trabajando juntos brindan un excelente resultado, de bajo costo y rápido en su construcción.

El trabajo de graduación que se presenta a continuación describe una nueva opción en la construcción de drenajes, principalmente, en áreas rurales, presentando una alternativa eficaz, de fácil construcción y de bajo costo. Este sistema de drenajes está siendo construido, en la actualidad, por la ONG denominada “Cooperación para el Desarrollo” en comunidades como Chuinimachicaj y Chipiacul en el municipio de Patzún, del departamento de Chimaltenango, obteniendo magníficos resultados en la actualidad después de su construcción en 2001, dichos sistemas se tomarán como modelo en la realización de este trabajo de graduación.

1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 Antecedentes del tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales

La eliminación de las aguas servidas provenientes de la vida doméstica e industrial, ha sido uno de los problemas que presentan más preocupación al hombre y a las agrupaciones humanas. Las heces humanas no solo tienen significación desde el punto de vista estético y urbanístico, sino también en relación con la transmisión de enfermedades, ya que contienen gérmenes patógenos y huevos entero-parásitos.

En cuanto a la eliminación y disposición de excretas, también debe hacerse una división entre las aguas negras urbanas y rurales. Las aguas negras provenientes de las comunidades urbanas se recolectan en redes generales de alcantarillado, las cuales se evacúan a través de emisarios. El efluente del emisario debe ser tratado por una planta económicamente diseñada y explotada. Este sistema puede variar desde un simple tratamiento primario, que incluye un proceso de sedimentación y digestión anaeróbica, hasta un tratamiento completo, el cual involucra además, un proceso de floculación aéreo-biológico y estabilización del agua tratada, que debe complementarse con desinfección. No es posible establecer un tipo de planta único para el tratamiento, por cuanto los diferentes procesos requeridos dependen fundamentalmente de las características esperadas en los cuerpos receptores, y de la carga contaminante de las aguas residuales.

El tratamiento de las aguas negras rurales es un problema que ha sido relativamente abandonado, ya que existen servicios de salud y organismos internacionales que se preocupan de esta situación, pero lamentablemente, sus recursos son escasos y por lo general solo se limitan a normalizar y recomendar tipos de tratamiento, los cuales suelen variar desde un sistema sanitario incómodo, simples letrinas sanitarias, a un sistema cómodo, fosa séptica con campo de absorción.

Habitualmente las viviendas que se encuentran en comunidades rurales están relegadas a construir instalaciones de drenajes que sirven a un reducido número de personas o sea sistemas de alcantarillado particular, los cuales deben construirse pensando en cumplir algunos requisitos para proteger la salud de la familia y la comunidad:

- a. Evitar el contacto de heces con insectos, roedores, etc., u otros portadores de enfermedades.
- b. Prevenir la contaminación de la superficie del suelo
- c. No contaminar ninguna fuente de agua para consumo o riego.
- d. Que los niños no tengan contacto con heces.
- e. No producir malos olores.
- f. Cumplir las leyes y reglamentos relacionados con la contaminación de las aguas.
- g. Ser sencillos y de bajo costo.

Se puede decir que solo en las zonas urbanas donde no cuentan con sistemas de alcantarillado han adoptado sistemas de disposición de excretas particulares eficientes y al contrario en las zonas rurales siguen utilizando métodos que van en contra de la higiene y la moral de los habitantes de la comunidad. Usualmente no se cuenta con ningún tipo de disposición de excretas y se depositan a campo abierto, algunos otros utilizan pozos negros sin ninguna protección sanitaria y unos pocos, letrinas. Estos tipos de disposición de excretas en comunidades rurales, aunados a la escasa o nula atención

médica son una de las principales causas de deficiencias en la salud y muertes en nuestras comunidades rurales.

1.2 Drenajes sanitarios, consideraciones sobre la planificación y diseño de un sistema de desagüe

1.2.1 Tipo de sistemas

De acuerdo con su finalidad existen 3 tipos básicos de alcantarillado; la selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizá el mas importante es el económico.

a) **SISTEMA SANITARIO**

b) En poblaciones que nunca han contado con un sistema anterior al que se esta diseñando, generalmente se proyecta un sistema de alcantarillado sanitario, que consiste en una tubería para recolección y conducción de las aguas negras, quedando de esa forma excluidas los caudales de aguas de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies.

c) **SISTEMA SEPARATIVO**

Este consiste en dos líneas de tuberías, una para las aguas negras y la otra para las aguas de lluvia, recolectadas y transportadas independientemente. Para proyectar un alcantarillado de este tipo es necesario que también existan drenajes separativos en el interior de las edificaciones a servir.

d) SISTEMA COMBINADO

Se diseña un sistema de drenajes combinado en aquellas poblaciones en que las viviendas existentes tengan una salida unida para las aguas negras y de lluvia, el cual consiste en una sola línea para la recolección y transportación de las mismas.

Cuando el uso de este sistema sea indispensable, se diseñarán, si fuera posible, las obras accesorias que permitan desviar los excesos, al curso de agua más cercano, durante los periodos de lluvia.

1.3 Concepto de aguas residuales

El hombre contamina el suelo con sus excretas y con mala disposición de desechos líquidos y sólidos domésticos, comerciales e industriales. Esta contaminación se infiltra al suelo o es llevada por la lluvia hacia cuerpos de agua. El hombre también contamina directamente a cuerpos de agua con efluentes de alcantarillado sin tratamiento.

Las excretas humanas depositadas al aire libre y las aguas residuales domésticas crudas (sin tratamiento), tienen mal olor y son un riesgo para la salud y el ambiente. Las infecciones de nemátodos (gusanos), se dan principalmente por medio de contacto a la boca de manos sucias (que han estado en contacto con heces depositadas en el suelo); estas infecciones todavía abundan en Centroamérica, pero se pueden fácilmente evitar. Las graves enfermedades gastrointestinales, entre ellas el cólera, tifoidea, paratifoidea, disentería, diarrea, hepatitis y otras, ocasionadas por el consumo de alimentos o bebidas contaminadas, afectan a millones de habitantes de Centroamérica diariamente. Una enfermedad que pudo haberse evitado, le ocasiona inconvenientes al pequeño agricultor y a la mujer por no poder atender sus labores, y, mas importante a los niños menores de 5 años, los mas vulnerables a sufrir consecuencias graves de estas enfermedades.

Los excrementos, fertilizantes y detergentes también son un riesgo para el medio ambiente. Contienen sólidos, material orgánico disuelto, nitrógeno, fosfatos, aceites, grasas y elementos tóxicos. El detrimento mas común es el crecimiento de algas presentes en los cuerpos de agua y la reducción de oxígeno disuelto en el agua, quedando muy poco para los otros seres vivos del agua, principalmente peces. En casos extremos de intoxicación, se han notado muertes de peces y aves a gran escala.

En Centroamérica, existe una creciente y alarmante contaminación de aguas de ríos, lagos, embalses, aguas subterráneas y aguas marinas costeras que se han convertido en colectores de aguas negras. Un ejemplo de gran contaminación en Centroamérica es el Río Acelhuate, del Salvador que está considerado como una cloaca abierta ya que en el se vierten directamente todos los desechos líquidos y sólidos procedentes de las diferentes actividades humanas de las ciudades de San Salvador, Mejicanos, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo y Ciudad Delgado.

1.3.1 Manejo integral de los recursos hídricos

En reconocimiento de la interconexión de todos los recursos hídricos y de los actos humanos de uso, manejo e interrelación con esos recursos, existe un movimiento internacional que promueve, el manejo integral de los recursos hídricos, particularmente a nivel de cuenca o colección de cuencas que desembocan en un cuerpo receptor de agua en común. El manejo integral de los recursos hídricos:

- Considera impactos cuenca arriba y cuenca abajo, aguas subterráneas, y recursos costeros
- Considera eficiencia en el uso de agua y re-uso de aguas residuales.
- Involucra los varios sectores interesados en el uso de agua, e
- Incluye políticas, reglamentos, y arreglos institucionales para promover el uso equitativo y eficiente de agua, y su calidad.

Cuando se piensa implementar un proyecto de agua potable, es importante considerar el manejo de las aguas residuales que esto crea, tanto de los usos de lavar y bañarse como también de los inodoros, si la población los desea en vez de letrinas. En este punto es necesario recordar que, si bien la finalidad es mejorar la calidad de vida de la población, el proyecto de agua cumple solamente una parte de dicha finalidad, porque si no se ha previsto el manejo de las aguas residuales que se generarán a partir del funcionamiento del sistema, se tendrá una comunidad con estancamientos de agua sucia, maloliente y severamente contaminada, constituyéndose en una seria amenaza para la salud de la población y el deterioro del medio ambiente.

1.3.2 Implementación de un plan de manejo de aguas residuales

La limitación de recursos económicos no debe ser una justificación para no tener una visión global, sino una motivación para tener un plan de manejo comprensivo. Planes de manejo que incorporen a toda una comunidad, área urbana, o cuenca, son importantes porque:

- **Beneficios de salud y ambiente no se realizan a pequeña escala;** por ejemplo, estudios de proyectos rurales de agua y saneamiento han demostrado que si solamente una parte de la comunidad adopta practicas de saneamiento, el beneficio de salud se pierde.
- **Soluciones aisladas no maximizan la eficiencia del uso de recursos;** por ejemplo, la construcción de una serie de sistemas de recolección y plantas de tratamiento para cada nueva urbanización, puede no representar una planificación integral y podría costar más que otras soluciones.

Es importante realizar una planificación comprensiva, incluyendo todos los actores claves y niveles socio-económicos, y considerando aspectos de sustentabilidad técnica, económica, e institucional. El plan debe incluir acciones a implementar a corto y mediano plazo, y se debe actualizar cada cinco años, aproximadamente.

1.4 Red de drenajes sanitarios

El alejamiento de las excretas de la población con sistema de Drenaje Sanitario se realiza a través de instalaciones domiciliarias que desaguan en conductos impermeables subterráneos unidos en forma de red, y que constituyen la red general de alcantarillado, formada por los laterales, cañerías y colectores. Los colectores evacuan sus aguas negras en cañerías o conductos conocidos como emisarios o cuerpo receptor. *¹

Entre las partes que se pueden mencionar de un sistema de Drenaje Sanitario tenemos:

1.4.1 Pozo de visita

Los pozos de visita son parte esencial de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

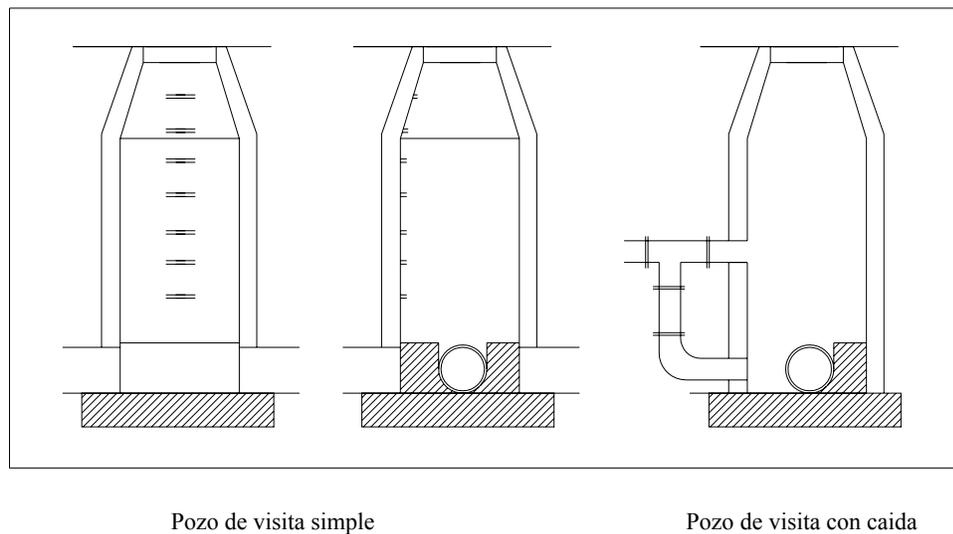
- a) En toda intercepción de colectores
- b) Al comienzo de todo colector
- c) En todo cambio de sección o diámetro

1

Francisco Unda Opazo. **Extraído de Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.** (1era. Edición en Español; México: Editorial Uteha, 1969) pp. 264

- d) En todo cambio de dirección, si el colector no es visitable interiormente, y en todo colector visitable que forme un ángulo menor de 120° .
- e) En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros.
- f) En las curvas de colectores visitables, a no mas de 30 metros.

Figura 1. Detalle típico de pozos de visita



La forma constructiva de los pozos de visita se ha normalizado considerablemente y se han establecido diseños que se adoptan de un modo general. Ver Figura No.1 para detalle típico de pozos de visita. Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de hierro fundido o concreto con una abertura neta de 0.50 a 0.60 m. El marco descansa sobre las paredes, que se ensanchan hasta alcanzar un diámetro de 1.20 m a una distancia de 0.90 a 1.50 m de la boca del pozo, continuando con este diámetro hasta llegar a la alcantarilla. Su profundidad es variable y sus paredes suelen ser construidas de ladrillo de barro cocido cuando son grandes y profundos. El fondo de los pozos de visita se hace regularmente de hormigón, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla. Los canales se recubren, a veces, con tubos partidos o seccionados por su diámetro. Los cambios de dirección se hacen en los canales. Hay que hacer notar que el

pozo de visita tiene un fondo plano solo en los casos que todos los tramos arranquen de él y que cuando el pozo sea usado a la vez para tuberías que pasan a través y otras de arranque, la diferencia de cotas invert entre el tubo de arranque y el que pasa, tiene que ser como mínimo la diferencia entre el diámetro entrante y saliente.

En los pozos de derivación o en tuberías secundarias enlazadas con una alcantarilla mas profunda, se puede economizar la excavación manteniendo la tubería superior con una pendiente razonable y estableciendo una caída vertical en el pozo de visita. Los pozos así contruidos se denominan de caída y su forma de construcción se puede ver en el detalle. A pesar de que las aguas cloacales siguen por el tubo vertical, la alcantarilla atraviesa la pared del pozo de registro, lo que permite su limpieza. Otras formas de disipar la energía en los pozos de caída es disponer de planos horizontales escalonados. En los pozos de visita profundos, se disponen escalones para que se pueda bajar a su inspección y limpieza; suelen ser de varillas de hierro, empotradas en las juntas de los ladrillos.

1.4.2 Tragantes o sumideros

Los tragantes o sumideros son aberturas en las calles colocadas generalmente en cunetas de éstas y en sus puntos bajos. Están diseñados para interceptar el agua de tormenta y conducirla al alcantarillado de tormenta o combinado. Los sumideros deben estar capacitados para tomar todo el gasto que pueda circular por su punto de ubicación, en la calle. Debe, además, evitar la entrada en los colectores de materia sólida arrastrada, que puedan obstruir los conductos.*1

1

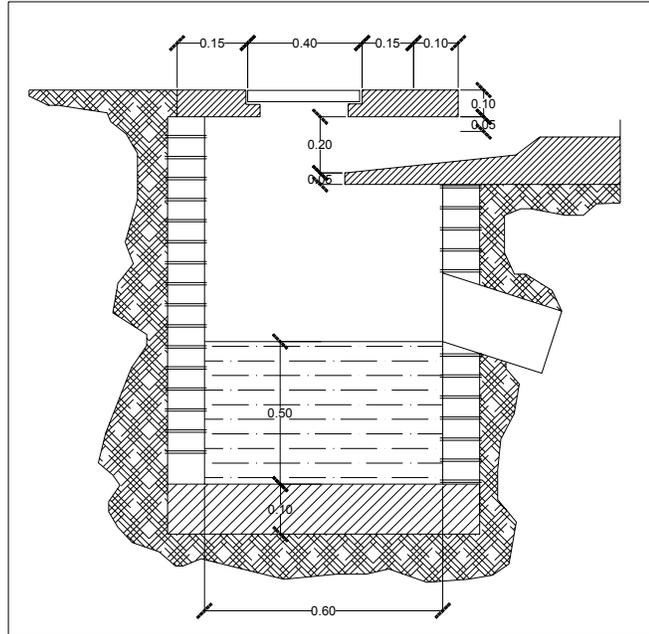
Ricardo Antonio Cabrera Riepele. **Extraído de Tesis: Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2.** (Guatemala: Editoria Universitaria, 1989) p. 17

La separación entre sumideros esta en función de la intensidad de las precipitaciones pluviales, del tipo de calle, de las áreas tributarias y de la pendiente de la cual junto a la precipitación, produce un tirante en promedio ó 0.10 m en la boca. Los sumideros se localizan en las intersecciones, en las partes bajas de las calles, y a intervalos apropiados (cuando el tirante sea = 0.10 m) en cuadras muy largas. En una intersección o bocacalle, los sumideros deben colocarse de tal modo que impidan que el agua llegue hasta el cruce de peatones, por ello, generalmente se ubican de 2.00 a 3.00 m de la esquina.

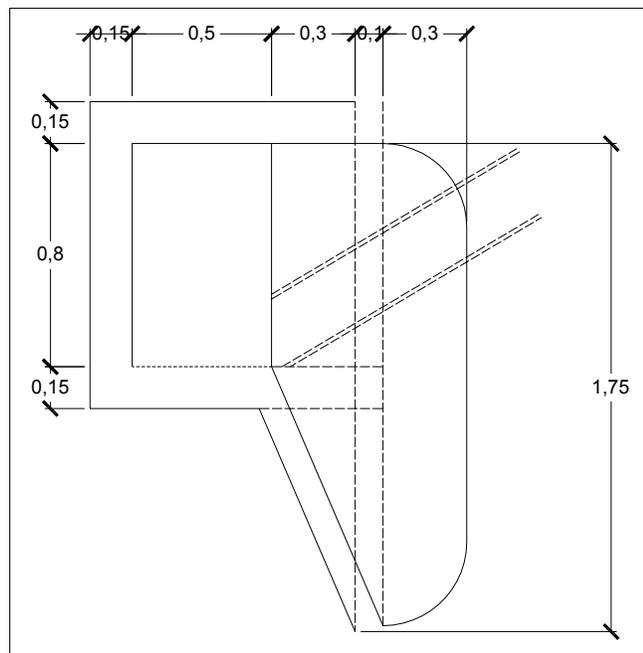
Existen varios tipos de sumideros, entre los cuales sobresalen dos, que se diferencian dependiendo del tipo de alcantarilla a que están conectados, ya que si es un sistema combinado, el sumidero posee un cierre hidráulico (sifón) para evitar el escape de los gases que se desprenden en el proceso séptico del liquido cloacal, en especial en las épocas de estío.

Generalmente los sumideros poseen un depósito de retención, que funciona como un desarenador, el cual retiene el agua de lluvia durante un breve período de tiempo con el objeto que se depositen o sedimenten los residuos. Se considera que estos depósitos son necesarios para evitar la obstrucción del alcantarillado con arena, cascajo y otras materias análogas, sin embargo, en la actualidad se recomienda una buena pendiente en las cloacas y con ello evitar el desarenador, ya que necesita una limpieza frecuente para evitar malos olores, obstrucción y producción de insectos (zancudos, moscas, etc)

Figura 2. Tragante típico para alcantarillado pluvial.



Sección



Planta

1.4.3 Tanque de lavado

El agua negra arrastra substancias jabonosas y grasas, que junto con los sólidos forman capas en las paredes del alcantarillado, que van disminuyendo paulatinamente su sección útil. Hay que evitar que esto suceda mediante un lavado especial que puede efectuarse en diversas formas; la idea fundamental es la de aplicar una corriente de agua con cierta velocidad y cierta altura, es decir, de una manera repentina, ya que aun cuando existen buenas pendientes y velocidades, es siempre posible la formación de obstrucciones. Además, con grandes caudales se pegan en la parte superior materias que al bajar el nivel del agua, quedan en contacto con el aire, descomponiéndose y produciendo malos olores; esto también debe de evitarlo el lavado. El lavado ayuda finalmente a la ventilación, por cuanto la corriente de agua siempre arrastra corriente de aire.*1

Entonces, los tanques de lavado, son depósitos de descarga automática que, en general, se colocan en los extremos de las derivaciones de la red. Su construcción es muy semejante a los pozos de visita, pero disponen de un sifón en el fondo. Mediante una toma de la red de agua potable, el depósito recibe el caudal de agua necesario para su llenado, el cual es regulado de manera que el tanque se llene por lo menos una vez al día. Cuando esta lleno, actúa el sifón y produce una brusca descarga de agua en la alcantarilla. El volumen usual es de 900 a 1200 litros de agua cada 12 o 24 horas, dependiendo de las necesidades.*2

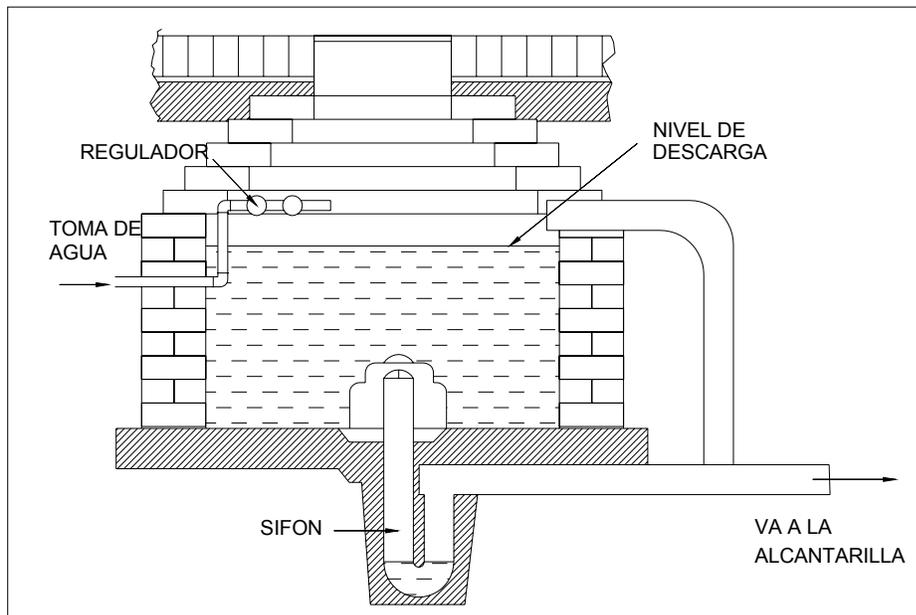
1

Ricardo Antonio Cabrera Riepele. **Extraído de Tesis: Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2.** (Guatemala: Editoria Universitaria, 1989) p. 21

2

Ricardo Antonio Cabrera Riepele. **Extraído de Tesis: Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2.** (Guatemala: Editoria Universitaria, 1989) p. 21

Figura 3. Tanque de lavado con descarga automática



1.4.4 Aliviadores de descarga o derivadores de caudal

Cuando se diseñan sistemas mixtos de alcantarillado, es necesario y conveniente efectuar descargas periódicas, con el objeto de aliviar a los colectores de los enormes gastos que resultan de las precipitaciones pluviales. Los puntos mas convenientes son aquellos donde los flujos adquieren proporciones considerables; donde los cursos de desagües naturales están cerca del sitio de alivio y su topografía permita la descarga de agua sin un costo excesivo; y donde la relación de la dilución resulte adecuada.*¹

El alivio en sí consiste en permitir que el exceso de agua por encima del gasto que corresponde a una determinada dilución del líquido cloacal con las aguas de lluvia, sea descargado a cursos naturales, evitando el encarecimiento del sistema con secciones costosas.

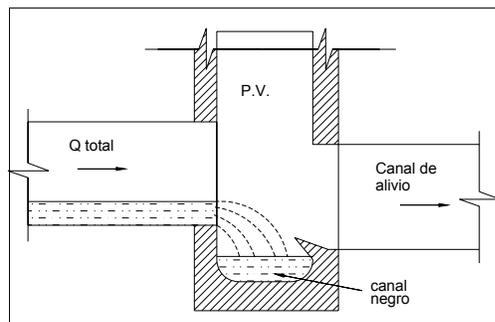
1

Ricardo Antonio Cabrera Riepele. **Extraído de Tesis: Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2.** (Guatemala: Editoria Universitaria, 1989) p. 22

Cualquier gasto hasta el correspondiente a la dilución fijada, continúa en el sistema en el denominado canal negro. El resto se desborda y es conducido a lo largo de un canal denominado de alivio o derivador.

El punto base del diseño consiste, pues, en fijar la relación de dilución, o sea las veces que es necesario obtener el gasto negro neto de aguas negras, mezclado con las aguas de lluvia. A partir de este instante el aliviadero comienza a funcionar. La relación de dilución variará, con el aforo mínimo del curso receptor, el grado actual de contaminación y el oxígeno disuelto, y de acuerdo a las características del líquido servido, tales como sólidos suspendidos y demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.). El factor económico privará, en parte, en esta relación. Los aliviaderos son también utilizados cuando las aguas de un sistema mixto son tratadas, dirigiéndose en este caso el canal negro a la planta. Entre la gran variedad de aliviaderos utilizados para estos fines, los siguientes han sido los más utilizados universalmente.

Figura 4. Aliviadero de salto.



Sección

Figura 5. Aliviadero lateral.

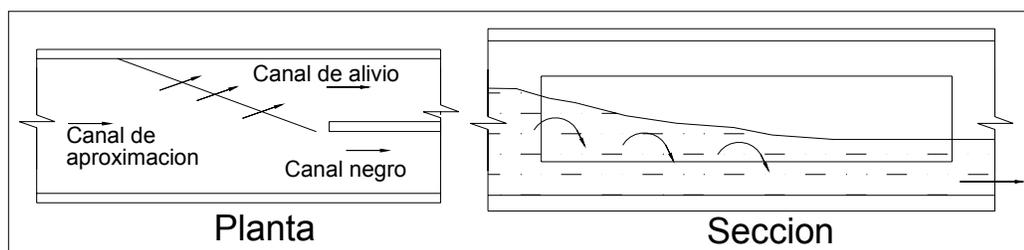
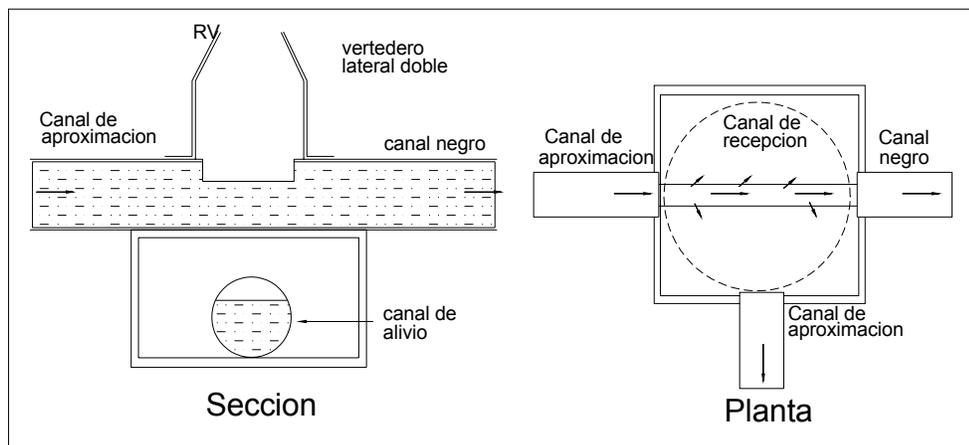


Figura 6. Aliviadero lateral doble



1.4.5 Pozos de lámpara o pozos de luz

Un pozo de lámpara o un pozo de luz es un agujero construido en una alcantarilla, ligeramente mayor que lo indispensable para poder introducir una lámpara en dicha alcantarilla y así inspeccionar la alcantarilla, observándola desde los registros adyacentes. Los pozos de luz se usan algunas veces en sustitución de los registros (pozos de visita) para inspeccionar los conductos o para fines de ventilación. *¹

Los pozos de luz se deben construir con tubería de 0.20 a 0.30 m de diámetro. En general, estos pozos no son de uso muy común en los sistemas de saneamiento, a causa de su poca utilidad real.

1

Ricardo Antonio Cabrera Riepele. *Extraído de Tesis: Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2.* (Guatemala: Editoria Universitaria, 1989) p. 24

1.4.6 Tubería de ventilación

Es conveniente la ventilación de las alcantarillas para evitar la acumulación de gases peligrosos, explosivos o corrosivos; para impedir la concentración de olores desagradables que podrían escapar y causar molestias, para impedir la acumulación de ácido sulfhídrico, que corroe el concreto y los metales en las alcantarillas; para evitar presiones producidas por la acción del viento en los desagües, debido a una sobrecarga de la alcantarilla.*¹

Las alcantarillas conectadas con chimeneas de ventilación, pozos de visita con tapaderas perforadas y desagües no obstruidos, cuentan de ordinario con ventilación suficiente en los sistemas independientes o combinados. Los colectores de aguas de lluvia pueden ventilarse por medio de tragantes o sumideros sin cierre hidráulico, desagües libres de obstrucciones y tapaderas de registro perforadas. No es conveniente ventilar una alcantarilla de sistema combinado a través de los sumideros de la calle, ya que por ellos escaparían olores desagradables a la superficie de la calle.*¹

Si el colector de aguas negras está sumergido y hay pocas conexiones domésticas de ventilación, suele ser necesario establecer algún sistema especial de ventilación. Puede bastar una chimenea de ventilación cuya sección transversal sea por lo menos la mitad que la de la sección del colector y con suficiente altura para elevarse por encima de los tejados inmediatos.*¹

1

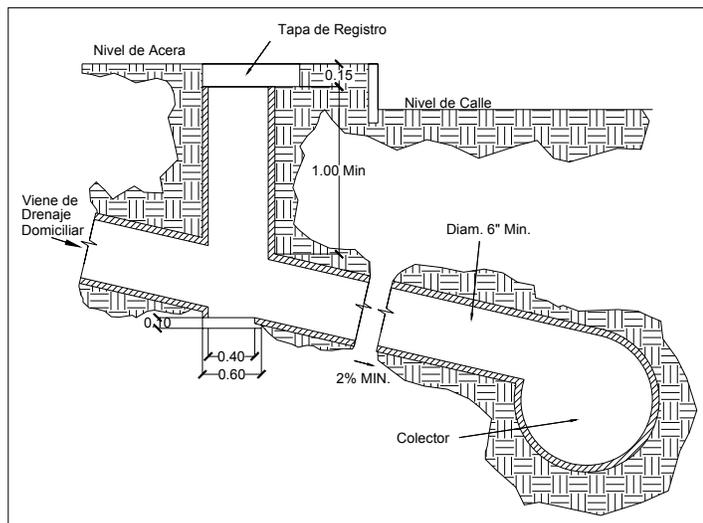
Ricardo Antonio Cabrera Riepele. **Extraído de Tesis: Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2.** (Guatemala: Editoria Universitaria, 1989) p. 24 y 26

1.4.7 Conexiones domiciliars

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificio, a una alcantarilla común o a un punto de desagüe.

Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado, es usual establecer y dejar previsto una conexión en “Y” o en “T” en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. En colectores pequeños es mas conveniente una conexión en “Y” que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se conseguiría con una conexión en T. Sin embargo, la conexión en T es más fácil de instalar en condiciones difíciles y una conexión de este tipo bien instalada, es preferible que una “Y” mal establecida. Es conveniente que el empotramiento con el colector principal, se haga en la parte superior, para impedir que las aguas negras retornen por la conexión doméstica, cuando el colector este funcionando a toda su capacidad.

Figura 7. Conexión domiciliar



La conexión doméstica se hace por medio de una caja de inspección construida de mampostería o con tubos de cemento colocados en una forma vertical (candelas), en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir, con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la caja de inspección y el colector debe tener un diámetro no menor a 0.15 m (6") y debe colocarse con una pendiente del 2% como mínimo.

1.4.8 Cuerpo Receptor

Un cuerpo receptor está compuesto de una planta de tratamiento, que se coloca al final de todos los colectores, esta planta de tratamiento puede brindar a las aguas negras tratamiento primario, secundario y/o terciario, para luego reutilizar el agua o simplemente devolverla a un río o un afluente de agua. En el capítulo II trataremos con más detalle los tipos de tratamiento para aguas negras.

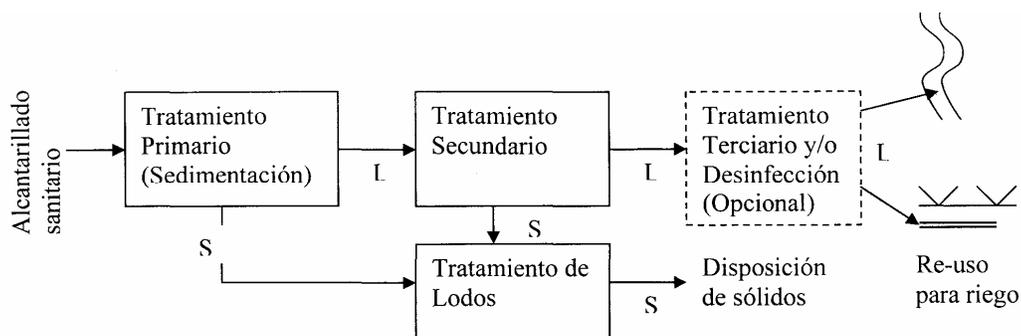
2. TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Al final del alcantarillado sanitario, es importante ubicar una planta de tratamiento. Para escoger el tipo de tratamiento es importante considerar:

- Las leyes nacionales
- Las metas de protección de la salud, el ambiente y los cuerpos receptores.
- Factores económicos; recuperación de costos de construcción y operación.
- Terrenos disponibles / valores de terrenos
- Capacidad de operación y mantenimiento
- Servicios locales existentes

Las clasificaciones de tipos de tratamiento se resumen en el cuadro 2.1. El nivel de tratamiento recomendable dependerá del posible uso final de las aguas tratadas y también se relacionará con la economía. Por ejemplo, si el agua tratada se utilizará para riego, los nutrientes (nitrógeno y fósforo) son un beneficio, y es mejor no removerlos del agua. Es recomendable considerar y planificar incluir espacio físico para ampliaciones de la planta de tratamiento, para acomodar un incremento en el caudal o nivel de tratamiento en el futuro.

Figura 8. Componentes Básicos de Tratamiento de Aguas Residuales



S = porción sólido (Nota: los “sólidos de los procesos contienen mas de 80% agua)

L = porción líquido.

2.1 Pre-tratamiento

Es el conjunto de unidades que tienen como finalidad eliminar materiales gruesos, que podrían perjudicar el sistema de conducción de la planta. Las principales unidades son las rejillas y el desarenador.

2.2 Tratamientos primarios

La finalidad de éste es reducir la DBO mediante la remoción de sólidos suspendidos removibles por medio de sedimentación, filtración, flotación, precipitación y digestión biológica.

2.2.1.Fosas sépticas

Estos dispositivos combinan los procesos de sedimentación y de digestión anaerobia de lodos; usualmente se diseñan con dos o más cámaras que operan en serie. En el primer compartimiento se efectúa la sedimentación, digestión de lodos y su almacenamiento. Debido a que en la descomposición anaerobia, se produce gases que suspenden a los sólidos sedimentados en la primera cámara, se requiere de una segunda cámara para mejorar el proceso, evitando que los sólidos sean arrastrados con el efluente. Dicho efluente se encuentra en condiciones sépticas y aun lleva consigo un alto contenido de materia orgánica disuelta y suspendida, por lo que requiere un tratamiento posterior. Con la utilización de la fosa séptica se obtiene una reducción del 50% de la DBO, lo que dependerá en mucha medida de la calidad del diseño del proceso y del

equipo, de la calidad de los cloacales y de otras variables. *¹

2.2.2. Tanques Himhoff

Es una unidad de confinamiento de sedimentación de dos niveles. Se le utiliza como estanque de sedimentación y cámara de biodigestión. El tanque Imhoff es una unidad compacta, cuyo estanque de sedimentación esta ubicado sobre una cámara de digestión. El material que se sedimenta se desvía para que pueda deslizarse directamente hacia la región de biodigestión. El dispositivo de retención en la superficie impide que el gas ascienda y altere el proceso de sedimentación. Los Tanques Himhoff se construyen con perfiles rectangulares.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los Tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas; tiene una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso correcto se requiere que las aguas residuales pasen por el proceso de cribado y remoción de arena. Son convenientes en climas calurosos, pues esto facilita la digestión de los lodos. En la selección de esta unidad de tratamiento se debe de considerar que los Tanques Imhoff pueden producir olores desagradables.

1

Alfredo Szarata Sagastume. **Tratamiento de Cloacales para Poblaciones de Bajos Recursos Tecnológicos.** (Guatemala: 1997) p. 4

2.3 Tratamientos secundarios

La finalidad de éste, es remover material orgánico en suspensión. Se utilizan procesos biológicos, aprovechando la acción de micro-organismos, que en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aeróbicos (en presencia de oxígeno) y los anaeróbicos (en ausencia de oxígeno). En los tratamientos secundarios se hace un grado más avanzado de remoción de sólidos transformando los orgánicos no sedimentables y parte de los que están en solución en sólidos que pueden ser sedimentados o convertidos a elementos estables como el CO₂ o nitratos. Durante estos procesos hay una reducción sensible del número de patógenos en especial por los procesos aeróbicos. Con estos se reduce notablemente el daño al medio al reducir la DBO a valores comparables con los de los cuerpos naturales, se reduce el riesgo a la salud pero no se remueve nutrientes, que en los cuerpos con periodos de retención prolongados aumentan la concentración a valores que tienden a producir la eutroficación.

2.4 Tratamientos terciarios

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad fisico-química-biológica alta para cuerpos de agua receptores sensitivos o ciertos tipos de re-uso. Normalmente se trata de remover nutrientes (nitrógeno y fósforo) del agua, porque estos estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas.

3. SISTEMA DE DRENAJES POR MODULOS SANITARIOS

3.1 Módulo sanitario

En Nuestro trabajo de tesis definiremos como un módulo sanitario a un sistema de drenajes conformado por un grupo de casas unidas entre sí, por una red de tuberías para dirigir las aguas residuales hacia un tratamiento primario (una fosa séptica) y a un pozo de absorción. Esto para evitar que estas ocasionen problemas en la salud de los habitantes de una comunidad. Sistema de drenaje que ha sido concebido, pensando principalmente en comunidades rurales ya que estas regularmente no cuentan con un sistema de colectores municipales, además por el bajo costo en su construcción en relación a otros sistemas y porque en las áreas rurales se cuenta con mayor cantidad de tierras disponibles para la construcción de fosas sépticas y Pozos de Absorción. Además resulta ser mas práctico, rápido y económico que otros métodos.

Planificación y concientización

El inicio en la construcción de un sistema de drenajes rurales por medio de módulos sanitarios lo constituye la planificación de los módulos sanitarios. Esto se logra de la siguiente manera:

El primer paso es hacer un acercamiento con los vecinos de la comunidad para explicar el sistema de drenajes a construir, explicar el sistema y aclarar las dudas que se tengan del mismo, luego formar un comité de drenajes que tendrá la misión de apoyar a los maestros de obra y encargados, principalmente en el aspecto social, ya que el trato con la gente en este tipo de proyecto resulta ser indispensable porque es un sistema aún desconocido por la gente y pueden haber dudas e inconformidades.

Criterios de localización

El segundo paso a seguir es la conformación de los módulos sanitarios, haciendo un recorrido por todas las casas de la comunidad. Para formar los módulos sanitarios hay que tomar en cuenta que la pendiente de los tubos desde su inicio hasta su fin debe de ser negativa, es decir el fluido debe ser transportado por gravedad y en ningún momento pueden existir sifones o tuberías que suban el nivel de la tubería anterior ya que el fluido dentro de la tubería no circularía libremente. Otro dato a tomar en cuenta es la cercanía de las casas, como presentaremos mas adelante en el capítulo V (Comparación del costo unitario por beneficiario según conglomerados diferentes), resulta mas económico unir casas que se encuentren a menos de 115 mts. de distancia, ya que si se tiene mayor distancia resultaría mas cómodo económicamente hablando, unir esa casa a otro módulo o hacerle un módulo sanitario individual, además cuando el proyecto se hace con mano de obra donada por la comunidad, resulta en menos jornales de trabajo para la gente.

Selección del área de localización

El tercer paso para organizar un módulo sanitario es, tomar en cuenta que se necesita un terreno donde se pueda perforar para hacer la fosa séptica y el pozo de absorción. Por tanto la planificación de los módulos sanitarios debe de hacerse desde su inicio pensando en un posible terreno receptor.

En nuestro trabajo de tesis haremos referencias a menudo de experiencias obtenidas en la construcción de módulos sanitarios en dos comunidades del altiplano de nuestro país llamadas Chuinimachicaj y Chipiacul que quedan localizadas en el municipio de Patzún del departamento de Chimaltenango dicha construcción fue realizada por CyD de Guatemala en cooperación con Solidaridad Internacional. Este proyecto es denominado CAR-Chimaltenago. Los mencionados sistemas de módulos sanitarios fueron construidos en el año de 2002 y se encuentran en funcionamiento en la actualidad.

La función de un modulo sanitario es reunir las aguas residuales de un grupo de casas, en un sistema de drenajes y encaminarlas por medio de un colector, para posteriormente brindarles un tratamiento primario y disponer el afluente en un pozo de absorción, excavado en el terreno, para que el estrato arenoso pueda absorberlas.

Los componentes de un Módulo Sanitario son:

Viviendas

Candela

Trampa de Grasa

Conectores

Fosa Séptica

Pozo de Absorción y/o Campo de absorción.

3.1.1 Viviendas

Un módulo sanitario debe estar conformado por las casas que se encuentren a menos de 115 Mts., una de la otra, esto siempre y cuando la topografía del lugar lo permita, pues debido a que si se sobrepasan los 115 mts de distancia el costo seria mayor que hacer un modulo sanitario individual o puede integrarse a otro modulo (ver cálculo de costos, por distancia entre casas), también debemos tomar en cuenta la pendiente del terreno ya que toda la pendiente de la tubería siempre debe de ser negativa. (pendiente hacia abajo).

En trabajos realizados en comunidades como Chuinimachicaj y Chipiacul, se organizaron módulos de una casa hasta quince casas. Como la comunidad esta localizada en su mayoría a ambos lados del camino, se facilitó la organización de módulos sanitarios de gran tamaño, lo que redujo en gran manera el costo del proyecto como explicaremos con mas detalle en el transcurso de esta tesis.(CAPITULO 4, comparación de costos unitarios por beneficiario según conglomerados diferentes.).

3.1.2 Candelas

La candela al igual que la trampa de grasa representan el inicio de un módulo sanitario. La candela es el elemento encargado de recibir en un principio, las aguas negras provenientes de todos los sanitarios lavables de la casa. Este elemento es individual para cada casa y solamente recibe aguas que contengan sólidos. A este elemento no se pueden conectar lavamanos, pilas, duchas, letrinas, etc. Únicamente se pueden conectar sanitarios lavables *únicamente*.

Llamaremos candela a un tubo de concreto de 6" de diámetro (TC6") , y 1 mt. de largo colocado verticalmente hincado en el terreno y que ubicaremos en cada casa preferiblemente cerca del baño o en el patio de la casa. La función que cumple la candela es la de recibir directamente las aguas negras (aguas que transportan sólidos) que provengan de inodoros lavables o sanitarios.

Las candelas cuentan con una base fundida de concreto, con pendiente hacia la salida, y una tapadera removible para facilitar su chequeo y limpieza. Además tienen un tubo de entrada y de salida de 3" de diámetro en pvc. La entrada de la tubería se encuentra en la parte superior del tubo de concreto y la salida en su parte inferior.

A la candela se pueden hacer las conexiones de sanitarios lavables que se deseen, tanto conexiones directas como indirectas (Ver Anexo No. 2, Dibujo de Conexiones Directas e Indirectas de Candelas con Sanitarios Lavables).

En el proyecto CAR-Chimaltenango se dejó sobre la candela una marca, para que los usuarios pudieran identificarlo con facilidad. En la parte superior del tubo de concreto se ubicó el tubo de entrada (PVC 3"), y en el otro extremo se conecto con los sanitarios lavables. En la parte inferior se colocó el tubo de salida (PVC 3") con una pendiente mínima de 2%, Es importante mencionar que a la base fundida de la candela también se hizo pendiente, esto para evitar que retenga sólidos en su interior. En el tubo de entrada a la candela se le colocó una tee sanitaria para iniciar el proceso de fragmentación de sólidos y para facilitar el proceso de chequeo de la misma. Ver Anexo No. 1, Grafica de Candela con Detalles de Entrada y Salida de Tubería.

3.1.3 Trampa de grasa (TG)

La trampa de Grasa es el elemento encargado de recibir en un principio las aguas servidas provenientes de duchas, pilas, lava trastos, lavamanos, etc. Que hayan en la casa. Este elemento es individual para cada casa y por ningún motivo se pueden conectar a la trampa de grasa sanitarios lavables o líquidos que transporten sólidos.

La trampa de grasa es el dispositivo que impide que las grasas pasen a otros elementos del sistema de Drenajes. Ya que con este dispositivo retendremos las grasas provenientes de las comidas, el lavado de ropa, y otras actividades domesticas, para que no provoquen mal funcionamiento en el sistema. La trampa de grasa, por motivos de rapidez, comodidad y economía la construiremos con un tubo de concreto de 10" colocado verticalmente.

La trampa de grasa la construiremos con un tubo de concreto de 10" de diámetro (TC10"), y 1 mt. de largo hincado verticalmente en el terreno y que ubicaremos en cada casa preferiblemente cerca de la pila o en un extremo del patio. La trampa de Grasa ésta conformada con un tubo de entrada (pvc 2") que recibe las aguas de todos los artefactos de la casa y un tubo de salida (pvc de 2") que encamina dichas aguas hacia el colector (pvc 3").tanto el tubo de entrada como el de salida en la parte interna, del tubo de concreto de 10" tienen una tee de 2". La parte mas importante en la construcción de una trampa de grasa es la diferencia que debe de existir entre el tubo de entrada y el tubo de salida, esta diferencia debe de ser de un mínimo de 0.08 mts, colocando un niple en el tubo de salida suspendido unos 0.10 mts antes de la base fundida de la trampa de grasa, ésto para que el agua que salga hacia el sistema esté libre de grasas, las que quedaran suspendidas en la parte superior de la trampa de grasa. La Trampa de grasa debe llenarse de agua antes de iniciar su funcionamiento. (Ver Anexo No. 4, Grafica de Trampa de Grasa, su Instalación, Diferencia de Niveles Entre Entrada y Salida).

En el proyecto CAR-Chimaltenango Las trampas de grasa cuentan con una base fundida de concreto y hierro, también tiene una tapadera removible para chequeo y limpieza.

Cada casa contara con su trampa de grasa, a la cual pueden conectar más de una pila, o ducha. Siempre y cuando se guarden los niveles de entrada y salida de la tubería. Estas conexiones pueden ser Directas e Indirectas, Ver Anexo No. 5, Conexiones Directas e Indirectas para Trampas de Grasa.

La trampa de grasa se conectará con las pilas o duchas por medio de una tubería de PVC de 2" (tubería de entrada), y con los conectores por medio de tubería de 2".(tubería de salida). Ver Anexo No. 6, Trampas de Grasa.

3.1.4 Conectores

En la realización de esta tesis llamaremos conectores, a la tubería de PVC que reúne las aguas servidas y negras, recibéndolas después de la trampa de grasa y candela y transportándolas hasta la fosa séptica.

Como ya dijimos anteriormente, este sistema cuenta con una candela para la recolección de aguas negras y una trampa de grasa para recibir las aguas servidas, estas desfogan en los conectores. Tenemos dos tipos de conectores que llamaremos:

Conexiones domiciliarias y
Línea Central

Conexiones domiciliarias:

Llamaremos conexiones domiciliarias a la tubería que sale de la trampa de grasa y de la candela, para conectarse después con la tubería que trae el drenaje del resto de las casas del módulo sanitario (línea central).

En la salida de la trampa de grasa encontramos un tubo de PVC de 2", y en la salida de la candela encontramos un tubo de PVC de 3". Unidos entre si por medio de una tee sanitaria de 3" con un reductor de 3" a 2" para conectar el tubo de PVC de 2".

Línea Central:

La línea central es la tubería que acarrea la mayor cantidad de fluidos, debido a que pasa recogiendo en su trayecto las aguas de todas las casas, a ésta se conectan todas las conexiones domiciliarias desde la primer casa hasta la última.

La línea central inicia después de las conexiones domiciliarias y es un tubo de 3" o 4" (dependiendo el tamaño del módulo) que pasa recogiendo el drenaje de todas las conexiones domiciliarias y las transporta hasta la fosa séptica.

La tubería de PVC va colocada en el terreno según las especificaciones del fabricante, en nuestro caso se cavaron zanjas con una profundidad mínima de 0.90 mts.

En algunos terrenos se encuentran demasiadas piedras de gran tamaño, lo que impide la excavación de zanjas para colocar tubería. En dichos casos se zanja hasta donde el terreno lo permita, luego colocamos la tubería sobre las rocas que no haya sido posible remover, forrándolo con malla de gallinero, recubriéndolo con una capa de concreto de aproximadamente 0.10 mts para evitar daños posteriores al tubo de PVC.

Como indicamos anteriormente los conectores son los encargados de conducir las aguas negras y aguas servidas hasta la fosa séptica, por lo que es indispensable que se le deje una pendiente a los mismos en todo su recorrido. NO se pueden dejar tramos del conector mas altos que el anterior porque impediría el libre tránsito de las aguas, provocando un estancamiento y el mal funcionamiento del sistema. Guardaremos siempre la pendiente mínima de 2%. (Ver Anexo No. 7, Grafica de Conectores, con inicio en Trampa de Grasa y/o Candela y Final en Fosa Séptica)

3.1.5 Fosas sépticas

La fosa séptica es el elemento principal en este tipo de sistema de drenaje. Aquí se reciben las aguas negras y las aguas servidas de todas las casas que pertenecen al módulo sanitario, en estas aguas hay presencia de sólidos, la función de la fosa séptica es recibir los sólidos (heces) y por medio de un proceso de retención de 24 a 48 horas, convertir estos sólidos en lodos sedimentables.

La fosa séptica es un dispositivo que combina los procesos de sedimentación y de digestión anaerobia de lodos, por lo tanto solo trabaja estando llena de agua, así que es de suma importancia e indispensable llenar la misma con este liquido, antes de iniciar su funcionamiento, acelerando así el proceso de maduración.

La fosa séptica esta conformada por 2 cámaras garantizando un mejor funcionamiento, en el primer compartimiento se efectúa la sedimentación, digestión de lodos y su almacenamiento. Debido a que en la descomposición anaerobia, se producen gases que suspenden a los sólidos sedimentados en la primera cámara, se requiere de una segunda cámara para mejorar el proceso, evitando que los sólidos sean arrastrados con el efluente. Dicho efluente se encuentra en condiciones sépticas y aun lleva consigo un alto

contenido de materia orgánica disuelta y suspendida, por lo que es depositada luego en un pozo de absorción. La fosa séptica tiene un tubo de entrada de PVC de 3” (colector) y un tubo de salida que va a dar al pozo de absorción. Tanto el tubo de entrada como el de salida cuentan con una tee sanitaria, que inicia el proceso de pulverización de sólidos y también sirve para efectuar chequeos a la fosa séptica. El tamaño de las fosas sépticas depende de la cantidad de casas con las que cuenta el módulo sanitario, entre mayor sea el número de casas mas grandes serán las dimensiones de la fosa séptica. El tamaño de las fosas sépticas fue calculado por el Ing. Carlos Calderón Campos, ingeniero sanitario que dio asesoría en la construcción y diseño del proyecto CAR-Chimaltenango. Estos tamaños dependen de la cantidad de viviendas por módulo sanitario, previendo una dotación de agua de 70 litros/hab/día con un promedio de 6 habitantes por casa, con un factor de retorno de 0.70. (Ver Anexo No. 8 Tabla de Tamaños de Fosa Sépticas por Cantidad de Casas). La pantalla que divide las cámaras cuenta con agujeros con un diámetro de 2” tanto en su parte superior como en su parte inferior, estos sirven para ventilar las cámaras en su parte superior y para comunicar los fluidos en su parte inferior.

La construcción de las fosas sépticas puede llevarse a cabo de diversas maneras entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

Construcción de fosas sépticas In-situ

Fabricación de Fosas sépticas de fibra de Vidrio

3.1.5.1 Construcción de fosas sépticas in-situ:

Este tipo de fosa séptica tiene el mismo funcionamiento que la fosa séptica de fibra de vidrio, variando únicamente en el tipo de construcción. También, se respetaran las mismas dimensiones para las fosas sépticas dependiendo de la cantidad de casas que tenga el módulo sanitario.

Para la construcción de este tipo de fosas sépticas se necesitarán los siguientes elementos que variarán según el tamaño de la fosa séptica: (Ver Anexo No. 3 , Comparación de Costos Unitarios por Beneficiario según Conglomerados Diferentes)

Block de 0.15*0.20*0.40 mts

Block “U” de 0.15*0.20*0.40 mts

Hierro de 3/8”

Hierro de 1/4”

Alambre de amarre

Cal

Cemento

Arena

Piedrín

Madera

Y equipo de albañilería.

Previamente a la construcción de la fosa séptica, es necesario que el agujero que se ha abierto en el suelo esté bien nivelado, con las dimensiones necesarias y que en él haya ausencia total de agua.

El inicio de la construcción es la fundición de la base de la fosa séptica, la que tendrá un ancho de 0.08 mts y estará compuesta de concreto y hierro de 1/4” colocado en ambos sentidos @ 0.15 mts, dejando amarrado a esta estructura los pines de hierro de 3/8” que detendrán las paredes de la fosa séptica, éstos deben de estar colocados en cada esquina, también en ambos extremos de la pantalla, y para las fosas sépticas de mayor tamaño colocando pines intermedios en las paredes. Luego de la fundición de la base se inicia el levantado de Block hasta llegar a 0.20 mts antes de la altura de la fosa séptica. El levantado de muro se remata con block “U” de 0.15*0.20*0.40 con una solera de 2 hierros corridos de 3/8” con eslabones de 1/4” a cada 0.20 mts

El trabajo en el que se debe prestar mayor cuidado en la construcción de una fosa séptica, es en la parte interna de la fosa séptica que se repella y se alisa con una mezcla de cal y cemento, teniendo mayor cuidado en las esquinas, esto se hace para evitar cualquier filtración de agua.

La tapadera de la fosa séptica será una fundición de aproximadamente 0.07mts con hierro de 3/8” en ambos sentidos @ 0.15, dejándole manijas para facilitar el levantado de las mismas. Las tapaderas deben de tener su tapón de chequeo, éste debe de ir exactamente arriba de donde irán las te sanitarias que se le colocan al tubo de entrada y de salida, esto es, para chequear el correcto funcionamiento de la fosa séptica. En las fosas sépticas de mayor tamaño la tapadera estará seccionada en 2 ó 3 partes para facilitar el levantamiento de las mismas, cuando sea necesaria la limpieza de la fosa séptica, No olvidando dejarle siempre sus taponés de chequeo.

3.1.5.2 Fabricación de fosas sépticas de fibra de vidrio

Este tipo de fosa séptica se elabora bajo sub-contratación de personal especializado, en la elaboración de artículos con Fibra de Vidrio. La utilización de este tipo de fosa séptica agiliza el trabajo, ya que estas son construidas con anterioridad, luego transportadas e instaladas en el lugar de la obra, instalación que se realiza en aproximadamente dos horas, pero el costo de este tipo de fosa séptica se duplica o triplica en comparación con la fosa séptica construida in-situ (Ver Anexo No. 11, Tabla de Precios de Fosas Sépticas de Fibra de Vidrio).

Siempre debe de tomarse en cuenta que las fosas sépticas de fibra de vidrio deben de tener suficiente refuerzo estructural, ya que regularmente este tipo de fosa séptica va enterrada en el suelo y debe soportar tanto las cargas externas de la tierra como internas del agua.

En el proyecto CAR-Chimaltenango se inició colocando fosas de fibra de vidrio, y se culminó el proyecto utilizando fosas sépticas construidas in-situ, el funcionamiento de ambas fue exactamente el mismo.

En el proyecto CAR-Chimaltenango las fosas sépticas se dejaron enterradas 0.50 mts. al igual que el resto de elementos, para que la gente pudiera sembrar en ese espacio de tierra.

Los dos tipos de fosas sépticas cuentan con su tapadera para efectuar la limpieza y sus compuertas para efectuar los chequeos correspondientes. Las fosas de mayor tamaño se les deja tapaderas seccionadas 2 ó mas veces, para facilitar la abertura de las fosas sépticas.

Como ya se mencionó con anterioridad; en un principio las fosas sépticas se fabricaron de fibra de vidrio lo que agilizaba la colocación, ya que se construían en Escuintla para luego trasladarlas a Chimaltenango, donde el trabajo consistía en introducirlas en las excavaciones previamente preparadas e instalarlas, labor que agilizaba el trabajo pero resultaba mas caro, terminándose el proyecto utilizando fosas sépticas construidas in-situ.(con mampostería reforzada). Como mencionamos antes esto agilizaba los trabajos, pero encarecía su costo en aproximadamente 200% (Ver Anexo No. 11, Tabla de Precios de Fosas Sépticas de Fibra de Vidrio). Por lo tanto suspendimos la fabricación de fosas sépticas de fibra de vidrio y se construyeron de mampostería reforzada

3.1.6 Pozos de absorción y campo de absorción

El pozo de absorción y el campo de absorción es la culminación de la construcción de un módulo sanitario dependiendo de las cualidades del terreno se determina si se debe construir un pozo de; absorción o un campo de absorción.

3.1.6.1 Pozos de absorción

Se construye un pozo de absorción cuando el terreno permite la excavación de un pozo artesanal, es preferible construir un pozo de absorción a un campo de absorción, por la facilidad que éste representa en su construcción y que a criterio nuestro, el pozo de absorción realiza una mejor tarea.

El pozo de absorción es un elemento construido al final de un módulo sanitario, con la finalidad de recibir las aguas provenientes de la fosa séptica, el propósito de un pozo de absorción es como lo indica su nombre, absorber las aguas que provienen de la fosa séptica, esto se logra construyendo un pozo artesanal hasta encontrar un estrato arenoso en el suelo, este estrato arenoso proporcionará la absorción necesaria, para que las aguas negras no sean retenidas en el pozo sino que sean absorbidas por el mismo suelo. En la construcción de un pozo de absorción se deben tomar en cuenta varias consideraciones previas como lo pueden ser: Cercanía con nacimientos de agua, mantos freáticos, pozos de agua, viviendas de la comunidad, etc. La distancia adecuada para realizar un pozo de absorción es a 5 metros de cualquier vivienda de la comunidad, 15 mts mínimo de cualquier pozo de agua, y a 15 mts mínimo de cualquier nacimiento, en el caso de existir mantos freáticos el pozo de absorción se dejara ladera abajo para evitar contaminación en pozos de agua que existan en las cercanías, también debe dejarse la excavación del pozo de absorción a 1.50 mts mínimo vertical de cualquier manto freático subterráneo.

En el caso de encontrar un manto freático y aún no haber encontrado un estrato arenoso, este pozo deberá ser anulado y ver otras opciones. Cuando se encuentran venitas de agua antes del estrato arenoso estas pueden ser selladas con anillos de concreto para evitar que el agua de la vena entre al pozo de absorción, y que esta agua se contamine o que inunde el pozo.

El pozo de absorción cumple una doble tarea ya que sirve para absorber las aguas provenientes de la fosa séptica y como una instalación para oxidar el afluente del tanque séptico, ya que dichas aguas no contienen oxígeno disuelto, pero si se ponen en contacto con este elemento rápidamente lo difunden en su seno, oxidando la materia orgánica y mineralizándola, con lo que dichas aguas se vuelven inofensivas. Las bacterias aerobias ayudan efectivamente en este proceso.

El afluente entra al pozo de absorción y se oxida al entrar en contacto con el aire contenido en los huecos del estrato arenoso y con las bacterias aerobias que existen en él, infiltrándose para su eliminación final.

Localización de un pozo de absorción

Deberá localizarse siguiendo los siguientes consejos:

1. Se localizará en terrenos secos y en zonas libres de inundaciones.
2. En terrenos con pendiente, el pozo de absorción se localizará en las partes bajas.
3. La distancia mínima horizontal entre el pozo de absorción y cualquier fuente de abastecimiento de agua, dentro del predio o en predios vecinos, será de 15 mts.
4. La distancia mínima vertical entre el fondo del pozo de absorción y el nivel del manto de aguas freáticas será de 1.50 mts.
5. La distancia mínima entre el pozo de absorción y la vivienda será de 5 mts.

Ver Anexo No. 12, Ubicación del Pozo de Absorción.

Nota constructiva para pozos de absorción

El pozo de absorción debe tener en la parte superior un brocal para darle mayor estabilidad al pozo y para evitar que el agua de lluvia entre al interior del mismo, para la construcción de este brocal se inician las excavaciones con un agujero de 2 mts de profundidad con un diámetro de 1.4 mts, el brocal se empieza a construir a una profundidad de 2 mts colocando mitades de block en toda la circunferencia, se colocan aproximadamente 7 hiladas de block con una altura aproximada de 1.5 mts, se repella y se alisa el brocal por la parte interna para sellar los poros y evitar filtraciones. Luego se funden las tapaderas del brocal estas son 2 semi-circunferencias de 0.08 mts de espesor, que juntas forman la circunferencia de 1.4 mts de diámetro, estas tapaderas tienen refuerzo de hierro conformado por hierros de 3/8" en ambos sentidos, es importante dejarle a estas tapaderas sus respectivas manijas para facilitar la apertura del pozo para futuros chequeos. Los 0.50 mts restantes de los 2 metros excavados para hacer el brocal se cubren con tierra para que la gente de las comunidades rurales pueda utilizar el terreno para cultivo y otras actividades.

Es aconsejable antes de hacer el brocal, terminar las excavaciones de todo el pozo de absorción, hasta encontrar el estrato arenoso para no perder el material del brocal en caso de que no se encuentre arena, ya que siempre se corre el riesgo de no encontrar arena. Es necesario platicar con gente de la comunidad antes de iniciar las excavaciones, ya que ellos pueden haber efectuado excavaciones previas en el lugar y por lo tanto conocer el lugar donde se puede encontrar arena con seguridad.

Luego de los dos metros excavados para el brocal se reduce el diámetro de la excavación a 0.90 mts. Ésta medida es la medida ideal para que una persona pueda trabajar en un pozo sin tener problemas, este diámetro de 0.90 mts se mantiene hasta encontrar el estrato arenoso. Al encontrar este se excavará la profundidad requerida según las pruebas de absorción practicadas específicamente.

Existe una prueba sencilla que puede ser aplicada a los pozos para ver su capacidad de absorción. Esta es la siguiente:

Para efectuar la prueba de absorción, a medida que se va excavando el pozo y a diferentes profundidades, se hacen excavaciones de 0.30 * 0.30 m de base por 0.35 m de profundidad, a fin de obtener una cifra media. Después de extraer la tierra desprendida se coloca en el fono una capa de 5 cms de arena gruesa o gravilla; luego se llena con agua y se deja que se filtre totalmente. Después se vuelve a llenar, de modo que el agua permanezca en el por lo menos cuatro horas, y de preferencia por la noche, para que el terreno se sature. Posteriormente se ajusta la altura del agua hasta una profundidad de 0.15 m y se determina el tiempo que tarda en bajar 2.5 cm, o velocidad de filtración, midiendo el descenso después de treinta minutos para terrenos normales o de diez minutos para terrenos arenosos o muy permeables. Si, por ejemplo, el nivel del agua desciende 0.25 m en treinta minutos, la velocidad de filtración es de tres minutos (tiempo que tarda en bajar 2.5 cm). Con esta velocidad de filtración se determina el coeficiente de absorción. *¹

La tabla I reproduce los coeficientes de absorción del terreno para un gasto de 190 l / h / d.

Si el consumo de agua es distinto al indicado, las cifras varían proporcionalmente. Para calcular la dimensión del pozo no debe considerarse el fondo de la excavación porque se colmata rápidamente, sino la superficie de los taludes bajo la línea de agua, determinada por el nivel de la cañería de llegada. Si parte del terreno es impermeable, debe restarse la superficie correspondiente. *²

1

Francisco Unda Opazo. **Extraído de Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Publica.** (1era. Edición en Español; México: Editorial Uteha, 1969) pp. 363

2

AID. **Manual para el diseño, operación y mantenimiento de tanques sépticos.** (México: 1965) p 36.

Tabla I Coeficiente de absorción del terreno

Coeficiente de absorción del terreno
(Cálculo de pozo absorbente para gasto de 190 l/h/d)

Tiempo en minutos para que el nivel del agua baje 2.5 cm (prueba de absorción)	Superficie de filtración requerida por persona y día en m ² (K ₁)
1	0.88
2	1.08
5	1.44
10	2.25
30	4.50
más de 30	terreno inadecuado

Conocido el coeficiente de absorción, la profundidad del pozo se determina con base en la siguiente formula:

$$H = \left(\frac{k_1 * N}{\pi * D} \right)$$

H = profundidad del pozo en metros

K₁ = coeficiente de absorción en m²/persona/día

N = numero de personas servidas

D = diámetro medio del pozo en metros

Ejemplo: calcular la profundidad de un pozo absorbente de 2 metros de diámetro que sirve a diez personas, construido en terreno con un coeficiente de absorción K₁ = 4.50 m²/p/d (30 minutos para bajar 2.5 cm el agua en la prueba de absorción).

$$H = \left(\frac{4.5 * 10}{3.14 * 2} \right) = 7.2 \approx 7$$

La figura 9 reproduce una gráfica que indica la absorción del terreno, expresada en l/m²/día (K₂), en función del tiempo que tarda en bajar el nivel de agua 2.5 cm correspondiente a la prueba de absorción recientemente descrita.

Conociendo este coeficiente de absorción (K₂), dado por la curva correspondiente de la figura 9, se puede determinar la profundidad del pozo.

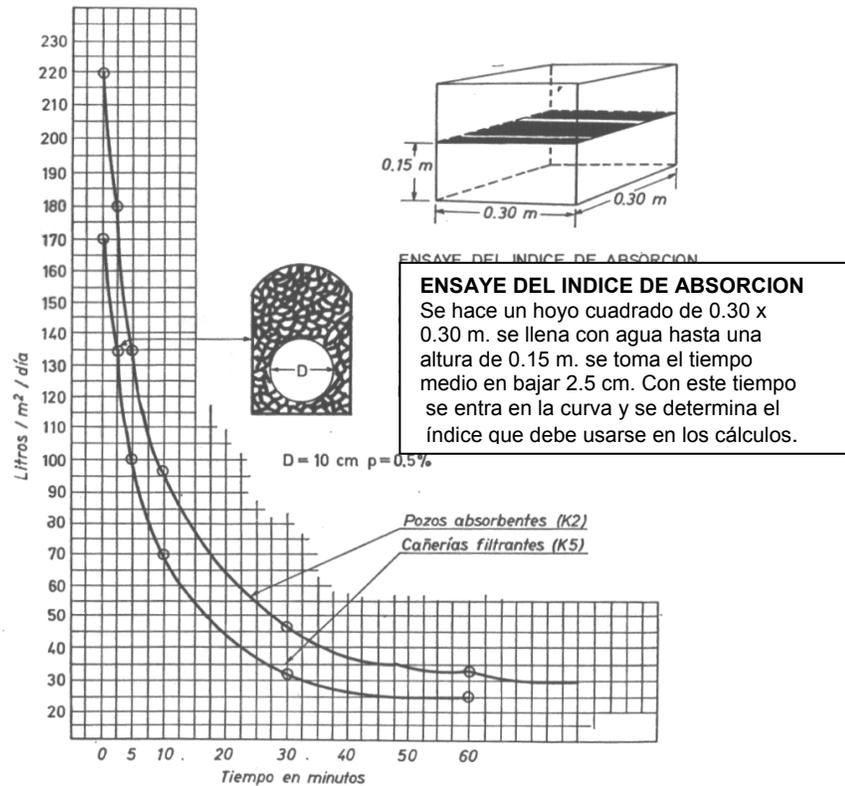
$$S = (\pi * D * H) = \frac{N * d}{K_2}$$

$$H = \frac{N * d}{K_2 * \pi * D}$$

S = superficie lateral del pozo requerido en m²

d = cantidad de aguas negras en litros por persona y día.

Figura 9. Coeficientes de absorción del terreno. (Reglamento General de Alcantarillados Particulares, Chile.)



Ejemplo: calcular la profundidad de un pozo absorbente de 2 m de diámetro que sirve a diez personas con dotación de 200 litros de aguas negras para un coeficiente de absorción del terreno $K_s = 46$ l/mt/día (obtenido de la figura 1 con un tiempo de absorción de 30 minutos).

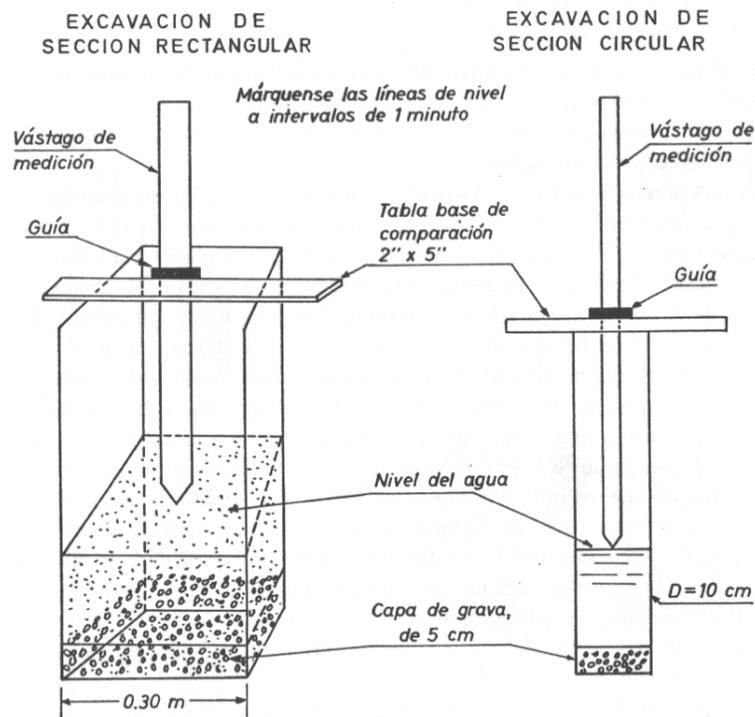
$$H = \frac{10 * 200}{46 * 3.14 * 2} = 7.0m$$

Es importante destacar que la duración de un pozo de absorción es muy prolongada y puede servir fácilmente durante seis, ocho o diez años en operación continua, siempre que la fosa séptica opere en perfectas condiciones, y por consiguiente, entraña limpiezas periódicas (máximo cada 2 a 4 años) aunque la instalación domiciliaria no acuse fallas en su funcionamiento. *1

1

AID. Manual para el diseño, operación y mantenimiento de tanques sépticos. (México: 1965) p 38.

Figura 10. Esquema del método para la verificación de la prueba de infiltración. (Manual para el diseño, operación y mantenimiento de tanques sépticos. AID, México, 1965.)



NOTA: La tabla base se mantiene en un mismo sitio cuidando de no moverla durante la prueba.

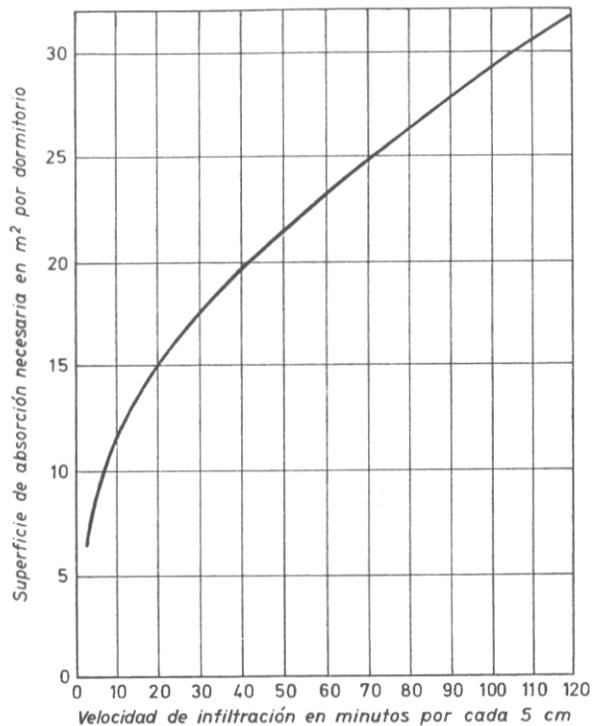
Tabla II Necesidades de superficie de absorción para residencias privadas.

Necesidades de superficie de absorción para residencias privadas

Velocidad de infiltración (tiempo en minutos para que el agua descienda 5 cm en la prueba de absorción)	Superficie necesaria de absorción en m ² por dormitorio ¹ en zanjas normales ² o pozos de absorción ³ K ₃
2 minutos, o menos	6.5
4	8.0
6	9.3
8	10.8
10	11.5
20	15.2
30	17.5
60 ⁴	23.2
90 ⁴	27.8
120 ^{4, 5}	31.6

- 1 En cualquier caso se debe establecer una superficie de absorción para dormitorios.
- 2 En las zanjas normales la superficie de absorción corresponde a la superficie del fondo de la zanja.
- 3 En los pozos de absorción, la superficie de absorción corresponde a la envolvente del pozo, desde la descarga del afluente hasta el fondo.
- 4 Inadecuado para pozo de absorción si se demanda más de sesenta minutos.
- 5 Inadecuado para sistemas de infiltración si se demanda más de 120 minutos.

Figura 11. Superficie de absorción necesaria para residencias privadas. (Manual para el diseño, operación y mantenimiento de tanques sépticos.)



El Centro de Ingeniería Sanitaria Robert A. Taft (E. U.) ha hecho experiencias para determinar la capacidad absorbente del terreno, empleando un sistema de perforación similar al recientemente descrito, pero considerando como velocidad de filtración el tiempo requerido para que el nivel del agua baje 5 cm; es decir: dos veces al considerado en la prueba de absorción anteriormente presentada. También puede hacerse una perforación con pala barrena que varíe de 10 a 30 cm de diámetro y proceder en forma similar a la descrita para determinar la velocidad de filtración. En la mayor parte de los terrenos es necesario rellenar el agujero con agua, posiblemente por medio de un sifón automático, para que se conserve no menos de cuatro horas y de preferencia durante toda la noche. La figura 9 presenta el método para la verificación de la prueba de infiltración. La tabla II reproduce las cifras correspondientes que pueden usarse para el cálculo.

La figura 11 corresponde a una representación gráfica de la tabla precedente (No. II).

Ejemplo:

Calcular un pozo absorbente para una vivienda con tres dormitorios en un terreno en que la velocidad mínima de infiltración es de 30 minutos por 5 cm de descenso del nivel del agua.

Según la tabla II precedente o curva de la figura 11, la superficie de absorción necesaria es de $3 * 17.5 = 52.5 \text{ m}^2$ ($K_3 = 17.5$), y por consiguiente la profundidad H del pozo esta dada por la expresión:

$$\pi * D * H = 52.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Para } D = 1.5 \text{ m}$$

$$H = \frac{52.5}{3.16 * 1.5} = 11 \text{ m}$$

Cuando la permeabilidad del terreno no permita construir un solo pozo, es posible construir dos pozos con igual superficie envolvente de absorción.

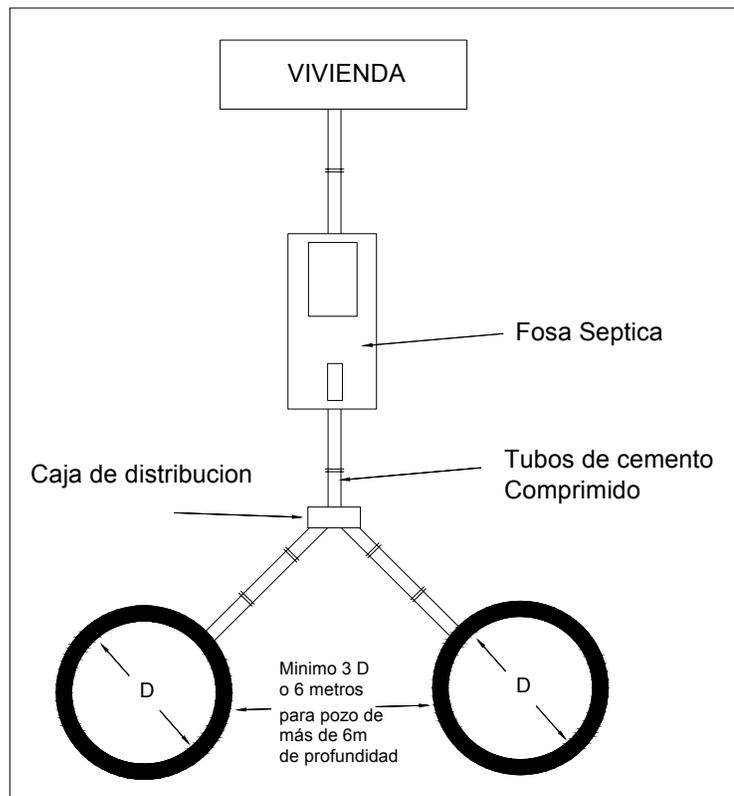
Considerando el ejemplo anterior y calculando dos pozos de absorción, el diámetro de cada uno es de 5.6 m, aproximadamente:

$$2 * \pi * D * H = 52.5m^2$$

para $D = 1.5m$

$$H = \frac{52.5}{2 * 3.14 * 1.5} = 5.6 m$$

Figura 12. Esquema de infiltración de aguas negras a través de dos pozos absorbentes.



3.1.6.2 Campos de absorción

En la medida de lo posible es preferible utilizar los pozos de absorción pero cuando el terreno presenta dificultades, existe siempre la opción de construir campos de absorción en lugar de pozos de absorción.

Cuando en un terreno se nota existencia de piedras que no es posible atravesar para encontrar el estrato arenoso o cuando hay presencia de agua en el terreno o cuando se ha excavado un pozo llegándose a una profundidad aceptable y no se encuentra el estrato arenoso, se puede cambiar la opción del pozo de absorción por un campo de absorción.

El inconveniente de construir campos de absorción es que se necesita un terreno mayor para su construcción y sus tiempos de absorción a veces no son tan buenos como los de un pozo de absorción; pero puede utilizarse como una opción en la construcción de módulos sanitarios.

En alguna literatura a los campos de absorción también se les conoce como campos de oxidación que es una variante de los campos de absorción.

Los campos de absorción son una alternativa constructiva a los pozos de absorción, y cumplen la misma función que éstos. En un principio como su nombre lo indica: absorber las aguas provenientes de la fosa séptica y otra es la de dar oxígeno a esta agua para volverlas inofensivas; esto se logra construyendo zanjas paralelas colocándoles un colchón de arena y grava, para proporcionar filtración y absorción. Antes de la construcción de un campo de absorción deben tomarse en cuenta algunas consideraciones previas como son: Cercanías con nacimientos de agua, mantos freáticos, pozos de agua, viviendas de la comunidad, etc. La distancia adecuada para realizar un pozo de absorción es a 5 metros de cualquier vivienda de la comunidad, 15 mts. mínimo

de cualquier pozo de agua, y a 15 mts. mínimo de cualquier nacimiento. En el caso de existir mantos freáticos, el campo de absorción se dejara ladera abajo para evitar cualquier contaminación a pozos de agua que existan en las cercanías, también debe dejarse la excavación de las zanjas a 1.50 mts. distancia mínima vertical de cualquier manto freático subterráneo.

Antes de la construcción de un campo de absorción es necesario la realización de pruebas de infiltración como la siguiente:

En el sitio propuesto para campo de absorción, se deben verificar cuatro o mas pruebas, en excavaciones separadas, uniformemente espaciadas. Las pruebas se hacen en las siguientes cuatro etapas:

- 1 Se excava un agujero de 0.30 mts por 0.30 mts con paredes verticales, hasta alcanzar la profundidad proyectada para las zanjas de absorción.
- 2 Se raspan con cuidado el fondo y las paredes del agujero para eliminar superficies sucias o grasosas que dificulten o impidan la filtración del agua. Se extrae todo el material suelto y se deposita arena gruesa o gravilla fina hasta obtener un espesor de 0.05 mts en el fondo del hoyo, que servirá de filtro para el agua.
- 3 Se vierte agua en el agujero hasta una altura aproximada de 0.30 mts sobre la grava; en la mayoría de los suelos es necesario agregar agua de modo de mantenerla dentro del agujero durante 2 horas cuando menos y de preferencia toda la noche. (en suelos arenosos, de gran capacidad absorbente, no es necesaria esta etapa, procédase con la etapa 4)
- 4 24 horas después de haber colocado el agua se observará si permanece en el hoyo. Si tiene un tirante mayor de 15 cms. la prueba indica terreno inapropiado. Si la cantidad es menor o el agua se consumió totalmente, agréguese la suficiente hasta obtener un tirante de 15 cms. Sobre la grava. Debe observarse enseguida el

tiempo que tarda esta agua para infiltrarse totalmente. La determinación del tiempo promedio que se requiere para que el agua baje 2.5 cms., se obtiene dividiendo el tiempo entre 6.

Estas 4 etapas se repiten por separado en cada una de las excavaciones hechas.

EJEMPLO:

Se han hecho cuatro pruebas de infiltración, que han dado los siguientes tiempos promedio en cada una para bajar 2.5 cms.: 45, 35, 28, 16 minutos. El tiempo promedio definitivo sera: $(45+35+28+16)/4=31$ minutos. Con este tiempo se debe entrar en las graficas No. 1 y No. 2 del Anexo No.22, según quiera determinar la longitud de drenes para vivienda o escuela.

3.2 Requisitos necesarios para la aplicación de los módulos sanitarios

Para poder construir un módulo sanitario es necesario contar con ciertos requisitos indispensables, los cuales se tienen que tomar en cuenta a la hora de hacer la planeación y/o organización de estos módulos, entre estos requisitos podemos mencionar:

3.2.1 Disposición de tierras

Para poder construir un módulo sanitario es indispensable tener cierta disposición de tierras libres para construir los diversos elementos de los cuales consta un modulo sanitario. Por ejemplo tenemos que tomar en cuenta principalmente disposición de tierras para la realización del pozo de absorción, al igual que para abrir el agujero donde se colocará la fosa séptica.

El área de tierra que ocupa un pozo de absorción se mantiene no importando la cantidad de casas que tenga dicho módulo, y como hemos mencionado anteriormente el pozo de absorción tendrá en su parte superior un diámetro de 1.50 mts. Que es el espacio donde se construirá el brocal que sostendrá la tapadera.

También es necesario tomar en cuenta que si perforado un pozo de absorción, en éste no se encuentra ningún estrato arenoso que pueda absorber los líquidos que provee la fosa séptica, este deberá ser eliminado, y se podrá sustituir dicho pozo de absorción con cualquiera de las alternativas dadas, como puede ser un campo de absorción, para lo cual se deberá de disponer de mayor cantidad de tierra, esto dependiendo de la cantidad de viviendas que este modulo sanitario tenga.

El área de tierra que se debe disponer para la colocación o construcción de la fosa séptica deberá ser proporcional a la cantidad de viviendas que exista en dicho modulo, es decir entre mas viviendas tiene un modulo sanitario, mayor será el tamaño de su fosa séptica. Para saber el tamaño aproximado que se necesita para cada fosa séptica se puede ver el Anexo No. 8, Tabla de tamaños de fosa séptica por cantidad de casas.

También hay que tomar en cuenta los lugares por donde pasará la tubería y/o colectores para pedir los permisos de paso respectivos, ya que estos pasarán por viviendas y terrenos pertenecientes a diversas personas.

En el proyecto CAR-Chimaltenango, la fosa séptica y el pozo de absorción se profundizaron 0.50 mts más de lo necesario, esto debido a que la tierra que la gente donó para realizar estas construcciones era tierra de cultivo y no querían perder la oportunidad de seguir sembrando en ellas, cosa que se logro dejando estos 50 cms de diferencia, que le permitían a ellos seguir cultivando sin tener ningún problema.

3.2.2 Topografía

La topografía del lugar juega un papel primordial en todas las fases de construcción de un módulo sanitario, empezando desde la planificación del mismo y continuando con todas las fases restantes tales como: organización de módulos sanitarios y construcción de módulos sanitarios.

La topografía del lugar es la que regularmente decide la dirección y el sentido que llevará un módulo sanitario, esto debido a que por medio de ésta se sabe la dirección que tomarán los colectores y el lugar donde se colocará el pozo de absorción, la fosa séptica y el resto de elementos que lleva un módulo sanitario.

Para hacer un trabajo exacto es preferible contar con un plano de curvas de nivel del lugar para inicial la planificación, si no se cuenta con éste, se pueden tomar medidas en el lugar ayudándose con aparatos como el clinómetro para mantener siempre una pendiente mínima de 2%. Como hemos mencionado con anterioridad la pendiente siempre debe de ser negativa y por ningún motivo debe de existir sifones en la tubería, ya que ocasionaría estancamientos y malos funcionamientos, lo que traería como consecuencia malos olores en las candelas.

Luego de la planificación del módulo sanitario viene la construcción del mismo. Se iniciará trazando el lugar por donde pasará la línea de los colectores, para luego empezar el zanjeado; en el zanjeado se debe de llevar un control de la pendiente, esto se

puede hacer utilizando un nivel de mano como el que utilizan los albañiles, luego viene el entubado, el cual debe llevar un control de la pendiente también, y puede hacerse con un nivel de mano, esto se hace para estar seguros que en ningún tramo de los colectores queden sifones, que podrían ocasionar problemas en el paso del fluido y mal funcionamiento en el modulo sanitario.

3.2.3 Estratigrafía del terreno

La estratigrafía del terreno esta compuesta por la serie de capas que podemos encontrar en el suelo que varían a medida que profundizamos en él.

Muchas veces se planifica un módulo sanitario desconociendo la estratigrafía del lugar y a medida que avanzan las excavaciones ésta varia, y muchas veces se deben de realizar cambios en la dirección de los colectores para evitar algunas capas de suelos como rocas o granito, que son imposibles de franquear; entonces se debe planificar una nueva ruta en la dirección de la línea de colectores que facilite la colocación de estos.

La estratigrafía del terreno juega un papel indispensable, principalmente en la construcción del pozo de absorción, que es la parte mas importante en la construcción de un módulo sanitario, lo que convierte a la estratigrafía en una parte fundamental en la planificación y construcción de dicho modulo sanitario. Durante la perforación del pozo de absorción es fundamental estar observando las capas estratigráficas que se van encontrando en el paso de la perforación, ya que se deberá continuar la perforación hasta encontrar un estrato arenoso y/o una capa estratigráfica de suelo que sea suficientemente absorbente para hacerse cargo de los fluidos que provienen de la fosa séptica. Si después de alcanzar una profundidad considerable no se ha encontrado una capa de suelo lo suficientemente absorbente, es necesario tomar decisiones con respecto al pozo de absorción, entre las soluciones se podrían mencionar:

Profundizar en la perforación del pozo de absorción.

Perforación de otro pozo de absorción.

Construcción de un campo de absorción.

En la perforación de un pozo de absorción puede existir otro problema;

a) La aparición del manto freático a medida que avanza la perforación, si la cantidad de agua es demasiada, se deberá tomar algunas de las soluciones anteriormente expuestas y eliminar ese pozo de absorción. Si son algunas venas de agua las que se encuentran se pueden hacer anillos de concreto para evitar que esa agua se meta al interior del pozo y se almacene dentro de él. Con esto también se evitará que los fluidos provenientes de la fosa séptica contaminen el caudal de agua de la vena.

b) Otro problema que se debe tomar en cuenta en la perforación de un pozo de absorción son los estratos rocosos, que en algunos suelos son abundantes, encontrándose rocas de gran tamaño que impiden profundizar más en dicho pozo.

Como se ha mencionado anteriormente el pozo de absorción es el elemento fundamental en la construcción de un módulo sanitario y su estratigrafía representa la parte mas elemental de éste, por esto es conveniente que el pozo de absorción sea lo primero que se construya en un módulo sanitario, esto debido a que una vez encontrado un estrato absorbente, se garantiza el perfecto funcionamiento del módulo sanitario, por el contrario, si este estrato absorbente no es encontrado o se encuentran mas problemas en la perforación del pozo, se deberán de encontrar soluciones alternas o tomar decisiones en el futuro del módulo sanitario.

3.2.4 Manto freático

Como mencionamos con anterioridad en todas las perforaciones realizadas para cada uno de los elementos que conforman el módulo sanitario, no debe de existir presencia del manto freático, principalmente en la construcción de la fosa séptica y del pozo de absorción.

Cualquier elemento del módulo sanitario y especialmente el pozo de absorción y la fosa séptica debe de estar a un mínimo de 15 mts de de cualquier afluyente de agua ya sea un río, pozo, etc., esto para evitar cualquier contaminación que se pueda ocasionar al poner en contacto las aguas negras con aguas para servicio.

3.3 Procesos previos a la construcción de módulos sanitarios

Previo a la construcción de un módulo sanitario es necesario cumplir con algunos lineamientos que harán que un módulo sanitario trabaje adecuadamente, entre estos procesos podemos mencionar los siguientes:

3.3.1 Motivación y planificación

El proceso de un buen manejo de aguas residuales requiere un alto nivel de participación de la ciudadanía, planificación, y tiempo. La voluntad política de las autoridades municipales y de los habitantes, es un requerimiento básico para implementar un sistema de aguas residuales.

Esta fase podría incluir los siguientes componentes:

Diagnóstico: la duración necesaria para hacer diagnóstico de las condiciones existentes se estima entre 1 y 2 meses. Es importante destacar que el diagnóstico considera las condiciones demográficas y topográficas del municipio; y datos de generación y calidad de aguas residuales si las hay.

Determinación de metas: para el programa a corto y largo plazo; es importante determinar los usos de agua cuenca abajo (por ejemplo si hay posibilidades de re-uso del agua) y determinar la calidad de agua que se quiera obtener.

Inicio de un programa de educación comunitaria: Uno de los pasos iniciales que se debe tomar en cuenta, es la educación de los actores clave con respecto a los temas básicos de higiene, y de tratamiento de aguas residuales.

Evaluación del marco institucional: es importante determinar la institución o las instituciones que serán responsables del sistema y planificar la formación de una nueva institución si fuera necesario.

Inicio de un programa de participación pública: es importante discutir el problema y las varias opciones con grupos interesados.

Análisis preliminar de alternativas tecnológicas: La evaluación debe incluir costos estimados al usuario y sustentabilidad económica potencial de las opciones. Se pueden evaluar opciones centralizadas y descentralizadas, y opciones de diferentes tipos de tratamiento.

Análisis de alternativas de sitios de planta(s) de tratamiento: Las alternativas ideales serán económicamente y socialmente aceptables y protegerán el medio ambiente. Las alternativas ideales también aprovecharán las pendientes naturales para evitar la necesidad de bombeo hacia la(s) planta(s) y entre las unidades de la(s) planta(s).

Decisión de acción a tomar .

Establecimiento de un Plan de Acción: Se preparan planes y se establecen prioridades, pasos y responsabilidades para mejoramiento en el manejo de carácter técnico, institucional, legal, económico, social, ambiental, y administrativo.

Tabla III Ejemplo de un plan de manejo integral de aguas residuales

ASPECTOS	ETAPAS															
	Motivación y Planificación					Diseño y Construcción							Operación y Evaluación			
meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<u>Técnico</u>																
- diagnóstico	■															
- busca de sitio para planta o plantas	■	■	■													
- diseño preliminar de redes de recolección y planta(s)		■	■													
- cálculo de costos de capital y de operación		■	■													
- diseño final				■	■	■										
- realización de estudio de impacto ambiental o formulario ambiental		■			■	■										
- construcción									■	■	■	■	■			
- operación y monitoreo														■	→	→
<u>Participación Pública</u>																
- diseño de programa de educación y participación pública	■	■														
- implementación de programa de educación y participación pública		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	→	→
<u>Financiero</u>																
- optimización de manejo financiero		■														
- cálculo de tarifas		■														
- compra de terreno(s)				■												
- buen manejo financiero					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	→	→
<u>Administrativo y Legal</u>																
- definición de tipo de servicio y admin.	■	■														
- revisión de ordenanzas		■														
- capacitación de personal			■										■	■		
- actualización, ordenanzas y tarifas								■	■							
- escritura del terreno				■												
- obtención de permiso ambiental							■	■								
- administración del sistema													■	→	→	→

3.3.2 Levantamiento topográfico

Al hacer un levantamiento topográfico del área a drenar, no solo hay que tomar en cuenta el área edificada en la actualidad, sino que también las que en un futuro puedan contribuir al sistema. Los levantamientos tienen que ser lo suficientemente completos, en donde tienen que aparecer la localización exacta de las calles, edificios, escuelas, carreteras, ferrocarriles, ríos, etc., en general todo lo que guarde relación o afecte el desarrollo del proyecto. También debe ser incluida la posible localización de la fosa séptica y el pozo de absorción.

Los métodos más usados en los levantamientos topográficos de esta índole son: el de conservación del azimut, deflexiones, rumbos, distancias. Pero quedan terminantemente prohibidos los levantamientos taquimétricos, salvo cuando se trate de detalles secundarios, tales como terrenos fuera del perímetro urbano.

Referente a la nivelación hay que considerar varios aspectos que son de suma importancia, entre los cuales se puede mencionar que toda nivelación tiene que estar referida a una marca de nivelación o B.M. (Banco de Marca), proporcionada por el Instituto Geográfico Militar; la nivelación debe ser hecha sobre el eje de la calle y a una distancia de 20 mts. o menos cuando los accidentes del terreno lo obliguen, en todos los cruces de las calles, en todas las depresiones y salientes del terreno. Hay que tomar con especial atención la obtención de cotas de piso de terrenos o construcciones, cuando estas estén por debajo de la cota de la rasante de la calle del frente.

En lo que se refiere a los planos topográficos se pueden mencionar que por lo general se efectúan a escala 1:2000 o 1:2500, pero cuando el área es grande se puede preparar un mapa patrón a una escala más pequeña y seccionarlo en varios pequeños a una escala mayor. En estos planos deberán aparecer las curvas de nivel, las cuales se harán de preferencia a cada metro, indicando a su vez la elevación.

3.3.3 Organización de módulos sanitarios

Un módulo sanitario es la reunión de un conjunto de elementos entre los cuales podemos mencionar las candelas, trampas de grasa, colectores, fosas sépticas y pozos de absorción entre otros, que trabajando juntos dan a las aguas servidas un tratamiento primario. Un módulo sanitario es principalmente utilizado en el área rural y en lugares donde no existe ningún tipo de tratamiento para drenajes y que cuentan con suficientes terrenos para la colocación de los colectores y demás elementos que forman el módulo sanitario.

Como hemos mencionado con anterioridad para la construcción de un módulo sanitario hay que cumplir con ciertos pasos:

El primero de ellos es la organización de un módulo sanitario. Para organizar los módulos sanitarios hay que observar la distribución de viviendas dentro de la comunidad, esto nos da una noción preliminar de los grupos que pueden conformarse, los que deben de ser de 1 hasta 15 viviendas. Si no se cuenta con un plano apropiado que tenga las distancias entre cada vivienda, deberá medirse entre una y otra para tener una medida exacta. Se realiza una organización tentativa basándose en la distancia.- En el proyecto CAR-Chimaltenango, se utilizó una medida de menos de 115 mts., esto debido a que se comprobó que resultaba más económico organizar las viviendas que estaban a menos de 115 metros de distancia una de la otra y si esta distancia era mayor, era conveniente unir esta vivienda a otro modulo sanitario o construir un modulo sanitario individual en esa casa. Es importante hacer notar que en este proyecto solo se tomaron en cuenta el costo de los materiales de construcción debido a que la comunidad se organizó para donar la mano de obra no calificada.-

Luego se observan las pendientes del terreno y se comprueba si nuestra organización previa, hecha con las distancias, es factible o se hacen las correcciones

necesarias, tomando en cuenta que desde el inicio del colector debe tener una pendiente negativa hasta llegar a la fosa séptica y al pozo de absorción. Seguidamente para lograr una buena organización se chequea la disposición de tierras que se tengan para la construcción de fosas sépticas y pozos de absorción y se piden los permisos respectivos. Como mencionamos al principio, lo ideal es construir módulos sanitarios de 1 a 15 viviendas, para que las dimensiones de las fosas sépticas sean razonables. El siguiente paso es el trazado de la ruta que seguirán los colectores, debe de seguirse la ruta que más viviendas agrupe a su paso, las viviendas pueden conectarse a los colectores en forma directa o indirecta, esto quiere decir que una vivienda puede conectarse a otra vivienda y así encaminarse estas dos hacia el colector. (ver Anexo No. 2, Dibujo de conexiones directas e indirectas de candelas con sanitarios lavables). Por último debe de hacerse una inspección final a las viviendas con el propósito de definir el lugar donde se colocará la candela y la trampa de grasas. Regularmente estos van colocados en el patio, lo más cerca posible del baño y la pila o donde se ubicarán éstos en el futuro.

3.3.4 Determinar recorrido de los colectores

Como mencionamos anteriormente el recorrido de los colectores se determina tratando de agrupar la mayor cantidad de viviendas utilizando el mínimo posible de tubería. Se debe de trazar la ruta de los colectores en el terreno; esto con el propósito de definir por donde deberá ir el zanjeo. El zanjeo llevará una profundidad de 1.00 metro o lo que indique el fabricante; el diámetro de la tubería dependerá de la cantidad de viviendas que se agreguen a su paso.

En la ruta de los colectores algunas veces será necesario franquear obstáculos que presente el terreno tales como piedras, construcciones actuales o futuras, negación de derechos de paso, y otros, ésto se puede solucionar corrigiendo la ruta de los colectores para evitar dichos obstáculos.

3.3.5 Seleccionar los terrenos de desfogue

Para seleccionar un terreno de desfogue o el terreno donde se construirá la fosa séptica y el pozo de absorción es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

Que este se encuentre lejos de cualquier fuente de agua, río, arroyo, etc.

Que se encuentre a más de 5 mts de cualquier vivienda.

Que se encuentre a más de 15 mts de cualquier pozo de agua.

Preferiblemente que se construya en un lugar donde haya indicios de estratos arenosos o cualquier suelo absorbente.

Evitar terrenos con presencia de roca de gran tamaño, que impida las perforaciones.

Que el propietario haya firmado el derecho de paso.

La construcción de la fosa séptica y el pozo de absorción se inicia con las excavaciones. En proyectos como CAR-Chimaltenango, se excavó 0.50 mts más de la altura necesaria, esto debido a que la mayoría de fosas sépticas y pozos de absorción quedaron ubicados en parcelas destinadas a cultivos, por lo que este espacio de 0.50 mts., permitía que siguieran utilizando la tierra para cultivo, únicamente se dejaron marcas en cada elemento para su localización.

4. RESULTADOS OBTENIDOS UTILIZANDO EL SISTEMA DE DRENAJE POR MÓDULOS SANITARIOS

4.1 Análisis físicos y químicos de las aguas negras

Los análisis de las aguas negras tienen el siguiente propósito:

- a) Lograr una información de la concentración, característica y condición de las aguas negras.
- b) Medir y conocer la eficiencia de las etapas del tratamiento
- c) Indicar modificaciones de los métodos de operación para mejorar la eficiencia.
- d) Determinar e interpretar o suponer el comportamiento de las fuentes de aguas receptoras o sitios de descarga.

Los análisis pueden clasificarse en cinco categorías:

- a) Análisis que miden la concentración, estado de los sólidos y apariencia de las aguas negras (sólidos totales, suspendidos, sedimentables, color y turbiedad);
- b) Análisis que miden la concentración, estado y condición de la materia orgánica en las aguas negras (sólidos volátiles, suspendidos y sedimentables; D.B.O. nitrógeno orgánico, olor y oxígeno consumido);
- c) Análisis que determinan la presencia de sustancias específicas o tipos de sustancias en las aguas negras (nitrógeno en sus diferentes formas, oxígeno disuelto, grasas, cloruros, sulfatos, acidez y alcalinidad);

- d) Análisis que ayuda a conocer el proceso de la descomposición de las aguas negras (D.B.O., oxígeno disuelto, nitrógeno en sus diferentes formas, olor, sulfuros, temperatura y pH);
- e) Análisis para determinar organismos vivos, los cuales dan una información en relación con la eficiencia de la purificación bacteriana y el grado de contaminación bacteriana esperado en la fuente de agua receptora.

Los análisis deben efectuarse transcurrido el menor tiempo posible después de tomada la muestra, para evitar que las aguas negras se descompongan. Algunas determinaciones, tales como el oxígeno disuelto, precisan hacerlo inmediatamente. El resultado de los análisis químicos normalmente se indica en p.p.m., mg/l o gr/ml; el color o turbiedad, en p.p.m. o mg/l; el olor se expresa por el número incipiente del olor; el análisis mineral, en término de la concentración de sus iones. El pH es el logaritmo negativo del número de iones-gramos de hidrógeno por litro

$$pH = \log \frac{1}{H^+} = -\log H^+$$

Se acostumbra expresar los resultados bacteriológicos en función del número más probable de bacterias por 100 c.c. Otros organismos simplemente se cuentan. Los sólidos sedimentables se determinan a veces en forma volumétrica en lugar de gravimétricamente. El rendimiento de una planta de tratamiento se expresa por el porcentaje de reducción de los constituyentes existentes en las aguas antes y después del tratamiento. Los análisis físicos de temperatura, turbiedad, color y olor, no son esenciales; sin embargo, proporcionan una información adicional, necesaria en muchos casos.

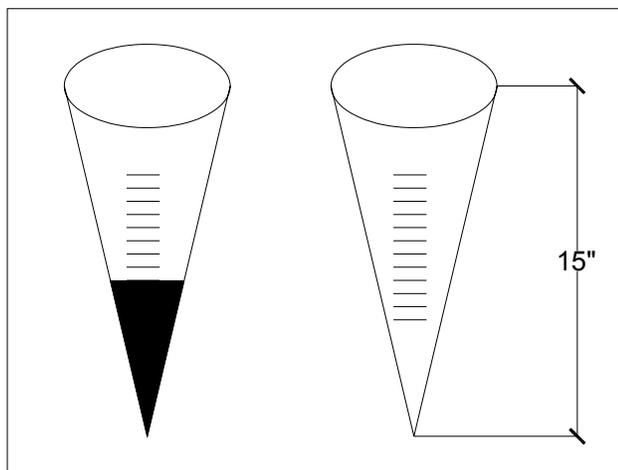
La temperatura de las aguas negras tiene influencia en los diferentes procesos de tratamiento. A mayor temperatura, mayor velocidad de reacción y menor viscosidad. Por

otra parte, el oxígeno disuelto se expresa en función del porcentaje de saturación, y por consiguiente se requiere conocer la temperatura.

La turbiedad es una medida burda de la cantidad de materia suspendida, y no se precisa una determinación exacta.

El color de las aguas negras refleja su concentración y condición. Las aguas sépticas son oscuras. Los residuos industriales dan diferente coloración. El olor permite diferenciar cuándo las aguas negras están frescas o sépticas. El análisis de los sólidos de las aguas negras es de importancia para medir la concentración y estado físico de los principales constituyentes. Los sólidos totales se determinan pesando el residuo de una cantidad conocida de agua, muestra representativa, que se ha sometido previamente a la evaporación y secado (103°C . por una hora). Si el residuo se calcina a 600°C . en diez a quince minutos, el peso del resto corresponde a los sólidos fijos, que aproximadamente equivale a las sustancias minerales. La diferencia entre los sólidos totales y los sólidos fijos, o, en otros términos, la pérdida de peso por calcinación, corresponde a los sólidos volátiles, o aproximadamente a la materia orgánica. Filtrando las aguas negras a través de papel de filtro u otro medio, es posible determinar los sólidos disueltos y suspendidos, fijos y volátiles.

Figura 13. Cono Imhoff para determinación de sólidos sedimentables.



El cono Imhoff se usa comúnmente para determinar el contenido de sólidos sedimentables en forma volumétrica, el cual está graduado en cm³. Los sólidos sedimentables se expresan en cm³ de sedimento por litro de aguas negras para un período de decantación de dos horas. Generalmente se depositan entre 3 y 9 cm³ por litro. Se considera aceptable el rendimiento del estanque de sedimentación cuando el efluente no contiene más de 0.5 cm³ de sólidos sedimentables por litro. Si se desea un resultado de mayor precisión, se pueden hacer las determinaciones en forma gravimétrica. La figura anterior se muestra un cono Imhoff.*¹

Para comparar los resultados obtenidos con el sistema de drenajes por medio de módulos sanitarios se harán pruebas de laboratorio a muestras extraídas en el proyecto CAR-Chimaltenango, construido en el año 2002 y que sigue en buen funcionamiento hasta el día de hoy, entre las pruebas que efectuaremos para determinar el grado de tratamiento que se le da a las aguas servidas tenemos:

Sólidos sedimentables

Sólidos en suspensión

Sólidos Totales

DBO

DQO

pH

Temperatura

Materia Flotante

Medición del caudal

1

Francisco Unda Opazo. **Extraído de Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.** (1era. Edición en Español; México: Editorial Uteha, 1969) pp. 278

Estas pruebas son reglamentadas en los artículos No. 22 y 23 del “Reglamento de la Calidad de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores” normativa que regula el muestreo para aguas servidas domiciliarias e industriales para Guatemala.

4.2 Resultados obtenidos

Se realizaron análisis de laboratorio a dos muestras extraídas en distintos puntos de un módulo sanitario. Estas dos muestras servirán para ver el grado de estabilización y tratamiento que se logra con los módulos sanitarios. Por esto, una muestra fue extraída en la entrada de la fosa séptica, mientras que la segunda muestra se extrajo en la salida de la fosa séptica, ambas muestras fueron captadas en la comunidad de Chipiacul, Patzun Chimaltenango, y fueron transportadas sin refrigeración al centro de investigaciones de Ingeniería donde se realizó su análisis.

Lamentablemente no se podrá determinar el grado de estabilización final que tendrá nuestro sistema debido a que no se pueden obtener muestras en los estratos mas profundos del pozo donde el agua servida ya ha tenido un grado de tratamiento mayor debido a la filtración, la obtención de esta muestra es imposible debido a que su obtención es demasiado riesgosa por la profundidad de los pozos y porque estos módulos se encuentran en funcionamiento desde el año 2002, año de su construcción.

Se evaluaron las características físicas y las determinaciones químicas. Los resultados de los análisis realizados se obtuvieron mediante técnicas del “Standard methods for the examination of water and wastewater” de la A.P.H.A. – A.W.W.Z.-W.E.F.20 th. Edition 2000. Norma coguanor NGO 4.010 sistema internacional de unidades. Los resultados obtenidos son los siguientes:

En la Entrada de la Fosa Séptica:

Características Físicas:

Sólidos totales: 825.00 mg/L

Determinaciones Químicas:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.): 631.00 mg/L

Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.): 797.00 mg/L

Fosfatos 25.50 mg/L

Nitratos 33.70 mg/L

Potencial de Hidrógeno (pH): 06.334

Sólidos sedimentables: 00.60 cm³/litro en 1 hora

Sólidos suspendidos: 72.00 mg/L

Nitritos 0.139 mg/L

En la Salida de la Fosa Séptica:

Características Físicas:

Sólidos totales: 667.00 mg/L

Determinaciones Químicas:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.): 90.10 mg/L

Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.): 269.00 mg/L

Fosfatos 16.25 mg/L

Nitratos 48.00 mg/L

Potencial de Hidrógeno (ph): 06.926

Sólidos sedimentables: 00.05 cm³/litro en 1 hora

Sólidos suspendidos: 36.00 mg/L

Nitritos 0.078 mg/L

Haciendo una comparación entre los resultados obtenidos de los análisis en la entrada y salida de la fosa séptica se puede concluir lo siguiente:

Una reducción del **19.20%** en sólidos totales

Una reducción del **85.73 %** en el DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

Y una reducción del **66.27 %** en el DQO (Demanda Química de Oxígeno),

Porcentajes que se presume será mayor en los estratos profundos del pozo de absorción, cuando la filtración dentro de los estratos de suelo se efectúe.

5. COMPARACIÓN DEL COSTO UNITARIO POR BENEFICIARIO, SEGÚN CONGLOMERADOS DIFERENTES

Como hemos mencionado con anterioridad el costo de los módulos sanitarios variaría dependiendo principalmente de la cantidad de viviendas de cada módulo y de las diferencias topográficas que se presenten. En este sentido podemos decir que los módulos sanitarios pueden tener diferente costo, aunque tengan la misma cantidad de viviendas pero características topográficas diferentes. En este capítulo se presentará una comparación de costos para módulos sanitarios de diferentes conglomerados, y con una topografía promedio, esto quiere decir que las viviendas se encuentran a una distancia promedio una de la otra, ni tan cercanas, ni tan distantes. Como se ha mencionado con anterioridad ya en otros capítulos es preferible en términos de costos, construir módulos sanitarios de grandes conglomerados, debido a que el costo por vivienda se reducirá, en este sentido, se trata de evitar la mayor cantidad de módulos sanitarios de pequeños conglomerados como los módulos sanitarios individuales, de 2 viviendas, de 3 viviendas, etc. Porque entre mas módulos sanitarios se tenga con pequeños conglomerados el precio del proyecto aumentará. Siguiendo con la idea que es preferible organizar las viviendas en grandes conglomerados, al inicio del proyecto para la organización de los módulos sanitarios se puede hacer un estimado del costo del Modulo Sanitario Individual. Este costo convertido en metros de tubería y los accesorios que ésta necesita, nos dará una distancia hasta la cual es más económico unir la vivienda al módulo sanitario más cercano, después de esta distancia, es preferible construir un módulo sanitario individual para esta vivienda ya que será mas económico que extender la línea del módulo sanitario hacia ella.

Por ejemplo, en nuestra cuantificación del Módulo Sanitario Típico, para calcular la distancia permisible para unir una vivienda al módulo más cercano o construir un módulo sanitario individual a esta vivienda se siguió el siguiente cálculo:

Costo de un Módulo Sanitario Individual		Q 1659.39	
	Cantidad	precio	TOTAL
Tubo 4" pvc	15 tubos	Q96.99	Q1454.85
¼ galón solvente PVC	2 gal	Q99.08	Q198.16
			Q1653.01

**Precios disponibles en el año de la construcción (2002) y disponibles en compras de tubería al por mayor*

Entonces se podría concluir que para este tipo de módulos ideales, la separación recomendable para incluir una casa a un módulo sanitario es de 90 mts. Esto se deduce del hecho que se podrían comprar 15 tubos que tienen 6 mts. de longitud cada uno, como mencionamos anteriormente esta separación es para módulos sanitarios típicos como los de nuestra cuantificación; esta distancia variará dependiendo de las condiciones del proyecto. Por ejemplo daremos a conocer costos promedio por vivienda para diversos proyectos.

El costo promedio por vivienda en nuestra cuantificación de Módulos Sanitarios Típicos es de Q913.63 por vivienda.

El de otros proyectos es:

Xesacmaljá, Totonicapán	Q750.00
Veraminas, Villa Canales	Q492.01
Valle de la Esperanza, Villa Canales	Q497.19

El Triunfo, Suchitepéquez	Q510.89
Chuculjuyup, Totonicapán	Q771.59
Manantial, Palencia	Q957.59

Como se ha mencionado con anterioridad este costo promedio por vivienda variará dependiendo de las condiciones del proyecto; entre ellas la más importante es organizar módulos sanitarios con la mayor cantidad de viviendas, ya que como se puede apreciar entre mas módulos individuales o con pocas viviendas existen en un proyecto, mayor será el costo del mismo. Otro aspecto que es muy importante y que determinará el costo de los módulos sanitarios y de todo el proyecto, es el tamaño de las líneas centrales y eso depende únicamente de la organización de los módulos sanitarios.

Es necesario recordar que en la cuantificación que se presenta no se toma en cuenta el costo de la mano de obra para la construcción del módulo sanitario; solamente se toma en cuenta la mano de obra para la construcción del brocal del Pozo de Absorción y la construcción de la Fosa Séptica. Ya que la mano de obra no calificada en estos proyectos fue aportada por la comunidad.

**COMPARACIÓN DEL COSTO UNITARIO POR
BENEFICIARIO SEGÚN CONGLOMERADOS
DIFERENTES**

CANTIDAD DE VIVIENDAS POR MÓDULO SANITARIO					
Materiales para el Módulo Sanitario Típico			1 vivienda		
			A	precios	SUB-TOTAL
	unidad				
Trampa de Grasa	Tubo de Concreto 10"	unidad	1	Q20.25	Q20.25
	tee sanitaria 2"	unidad	2	Q18.69	Q37.38
	tubo de 2" PVC	tubo	1	Q37.97	Q37.97
	cemento	sacos	0.05	Q34.00	Q1.70
	arena	m3	0.02	Q75.00	Q1.50
	piedrin	m3	0.014	Q115.00	Q1.61
Candela	Tubo de Concreto de 6"	unidad	1	Q10.50	Q10.50
	tee sanitaria 3"	unidad	2	Q29.86	Q59.72
	cemento	sacos	0.05	Q34.00	Q1.70
	arena	m3	0.02	Q75.00	Q1.50
	piedrin	m3	0.014	Q115.00	Q1.61
Fosa Septica	blocks 0.15*0.20*0.40	unidad	32	Q1.65	Q51.98
	blocks "U" 0.15*0.20*0.40	unidad	11	Q1.85	Q20.35
	tee sanitaria 3"	unidad	2	Q29.86	Q59.72
	tubo de 3" PVC	tubo	0.5	Q57.54	Q28.77
	tubo de 2" PVC	tubo	0.5	Q37.97	Q18.99
	hierro de 3/8"	varilla	2	Q8.99	Q17.98
	hierro de 1/4"	varilla	1	Q3.70	Q3.70
	cemento	sacos	2.2	Q34.00	Q74.80
	arena	m3	0.3	Q75.00	Q22.50
	piedrin	m3	0.15	Q115.00	Q17.25
	alambre de amarre	libra	1	Q2.00	Q2.00
	cal	sacos	1	Q18.00	Q18.00
Pozo de Absorcion	mitades de block 0.15*0.20*0.20	unidades	132	Q0.90	Q118.80
	hierro de 3/8"	varilla	2	Q8.99	Q17.98
	tee sanitaria 2"	unidad	1	Q18.69	Q18.69
	cemento	sacos	1.63	Q34.00	Q55.42
	arena	m3	0.18	Q75.00	Q13.50
	piedrin	m3	0.087	Q115.00	Q10.01
Conectores	tubo de 4" PVC	tubo	5	Q96.99	Q484.95
	yee's sanitarias 4"	unidad	1	Q83.10	Q83.10
	tee sanitaria 4"	unidad	1	Q59.40	Q59.40
	1/4 gal pegamento para pvc	unidad	1	Q99.08	Q99.08
	red Bushing 3" a 2"	unidad	1	Q22.96	Q22.96
	red Bushing 4" a 3"	unidad	1	Q39.03	Q39.03
MANO DE OBRA CALIFICADA	construccion de fosa séptica		1	Q90.00	Q90.00
	construccion de brocal en pozo Abs.		1	Q35.00	Q35.00
TOTALES			Q1,659.39		
COSTO PROMEDIO POR VIVIENDA			Q1,659.39		

* precios disponibles en el año de la construcción (2002) y disponibles en compras de tubería al por mayor

* los precios no incluyen el costo de mano de obra por perforación del pozo ni zanjeo.

CAPITULO V
COMPARACIÓN DEL COSTO UNITARIO POR
BENEFICIARIO SEGÚN CONGLOMERADOS
DIFERENTES

2 viviendas			3 viviendas			4 viviendas		
B	precios	SUB-TOTAL	C	precios	SUB-TOTAL	D	precios	SUB-TOTAL
2	Q20.25	Q40.50	3	Q20.25	Q60.75	4	Q20.25	Q81.00
4	Q18.69	Q74.76	6	Q18.69	Q112.14	8	Q18.69	Q149.52
2	Q37.97	Q75.94	3	Q37.97	Q113.91	4	Q37.97	Q151.88
0.1	Q34.00	Q3.40	0.15	Q34.00	Q5.10	0.2	Q34.00	Q6.80
0.04	Q75.00	Q3.00	0.06	Q75.00	Q4.50	0.08	Q75.00	Q6.00
0.028	Q115.00	Q3.22	0.042	Q115.00	Q4.83	0.056	Q115.00	Q6.44
2	Q10.50	Q21.00	3	Q10.50	Q31.50	4	Q10.50	Q42.00
4	Q29.86	Q119.44	6	Q29.86	Q179.16	8	Q29.86	Q238.88
0.1	Q34.00	Q3.40	0.15	Q34.00	Q5.10	0.2	Q34.00	Q6.80
0.04	Q75.00	Q3.00	0.06	Q75.00	Q4.50	0.08	Q75.00	Q6.00
0.028	Q115.00	Q3.22	0.042	Q115.00	Q4.83	0.056	Q115.00	Q6.44
37	Q1.65	Q61.05	59	Q1.65	Q97.35	64	Q1.65	Q105.60
12	Q1.85	Q22.20	15	Q1.85	Q27.75	16	Q1.85	Q29.60
2	Q29.86	Q59.72	2	Q29.86	Q59.72	2	Q29.86	Q59.72
0.5	Q57.54	Q28.77	0.5	Q57.54	Q28.77	0.5	Q57.54	Q28.77
0.5	Q37.97	Q18.99	0.5	Q37.97	Q18.99	0.5	Q37.97	Q18.99
3	Q8.99	Q25.47	4	Q8.99	Q34.46	5	Q8.99	Q41.95
3	Q3.70	Q10.48	4	Q3.70	Q14.18	5	Q3.70	Q17.27
2.2	Q34.00	Q74.80	2.34	Q34.00	Q79.56	2.88	Q34.00	Q97.92
0.094	Q75.00	Q7.05	0.13	Q75.00	Q9.75	0.161	Q75.00	Q12.08
0.142	Q115.00	Q16.33	0.2	Q115.00	Q23.00	0.24	Q115.00	Q27.60
1	Q2.00	Q2.00	1	Q2.00	Q2.00	2	Q2.00	Q4.00
1	Q18.00	Q18.00	1	Q18.00	Q18.00	2	Q18.00	Q36.00
132	Q0.90	Q118.80	132	Q0.90	Q118.80	132	Q0.90	Q118.80
2	Q8.99	Q17.98	2	Q8.99	Q17.98	2	Q8.99	Q17.98
1	Q18.69	Q18.69	1	Q18.69	Q18.69	1	Q18.69	Q18.69
1.63	Q34.00	Q55.42	1.63	Q34.00	Q55.42	1.63	Q34.00	Q55.42
0.18	Q75.00	Q13.50	0.18	Q75.00	Q13.50	0.18	Q75.00	Q13.50
0.087	Q115.00	Q10.01	0.087	Q115.00	Q10.01	0.087	Q115.00	Q10.01
6	Q96.99	Q581.94	7	Q96.99	Q678.93	8	Q96.99	Q775.92
1	Q83.10	Q83.10	2	Q83.10	Q166.20	2	Q83.10	Q166.20
2	Q59.40	Q118.80	3	Q59.40	Q178.20	4	Q59.40	Q237.60
2	Q99.08	Q198.16	3	Q99.08	Q297.24	4	Q99.08	Q396.32
2	Q22.96	Q45.92	3	Q22.96	Q68.88	4	Q22.96	Q91.84
2	Q39.03	Q78.06	3	Q39.03	Q117.09	4	Q39.03	Q156.12
1	Q110.00	Q110.00	1	Q200.00	Q200.00	1	Q280.00	Q280.00
1	Q35.00	Q35.00	1	Q35.00	Q35.00	1	Q35.00	Q35.00
		Q2,181.12			Q2,915.79			Q3,554.65
		Q1,090.56			Q971.93			Q888.66

* precios disponibles en el año de la construcción (2002) y disponibles en compras de tubería al por mayor
* los precios no incluyen el costo de mano de obra por perforación del pozo ni zanjeo.

CAPITULO V
COMPARACIÓN DEL COSTO UNITARIO
POR BENEFICIARIO SEGÚN
CONGLOMERADOS DIFERENTES

5 viviendas			6 viviendas			8 viviendas		
E	precios	SUB-TOTAL	F	precios	SUB-TOTAL	G	precios	SUB-TOTAL
5	Q20.25	Q101.25	6	Q20.25	Q121.50	8	Q20.25	Q162.00
10	Q18.69	Q186.90	12	Q18.69	Q224.28	16	Q18.69	Q299.04
5	Q37.97	Q189.85	6	Q37.97	Q227.82	8	Q37.97	Q303.76
0.25	Q34.00	Q8.50	0.3	Q34.00	Q10.20	0.4	Q34.00	Q13.60
0.1	Q75.00	Q7.50	0.12	Q75.00	Q9.00	0.16	Q75.00	Q12.00
0.07	Q115.00	Q8.05	0.084	Q115.00	Q9.66	0.112	Q115.00	Q12.88
5	Q10.50	Q52.50	6	Q10.50	Q63.00	8	Q10.50	Q84.00
10	Q29.86	Q298.60	12	Q29.86	Q358.32	16	Q29.86	Q477.76
0.25	Q34.00	Q8.50	0.3	Q34.00	Q10.20	0.4	Q34.00	Q13.60
0.1	Q75.00	Q7.50	0.12	Q75.00	Q9.00	0.16	Q75.00	Q12.00
0.07	Q115.00	Q8.05	0.084	Q115.00	Q9.66	0.112	Q115.00	Q12.88
70	Q1.65	Q115.50	76	Q1.65	Q125.40	101	Q1.65	Q166.65
18	Q1.85	Q33.30	19	Q1.85	Q35.15	20	Q1.85	Q37.00
2	Q29.86	Q59.72	2	Q29.86	Q59.72	2	Q29.86	Q59.72
0.5	Q57.54	Q28.77	0.5	Q57.54	Q28.77	0.5	Q57.54	Q28.77
0.5	Q37.97	Q18.99	0.5	Q37.97	Q18.99	0.5	Q37.97	Q18.99
6	Q8.99	Q50.94	6	Q8.99	Q56.94	7	Q8.99	Q59.93
6	Q3.70	Q20.97	6	Q3.70	Q23.43	7	Q3.70	Q24.67
3.44	Q34.00	Q116.96	4	Q34.00	Q136.00	4.2	Q34.00	Q142.80
0.2	Q75.00	Q15.00	0.22	Q75.00	Q16.50	0.235	Q75.00	Q17.63
0.3	Q115.00	Q34.50	0.33	Q115.00	Q37.95	0.355	Q115.00	Q40.83
2	Q2.00	Q4.00	2	Q2.00	Q4.00	2	Q2.00	Q4.00
2	Q18.00	Q36.00	2	Q18.00	Q36.00	2	Q18.00	Q36.00
132	Q0.90	Q118.80	132	Q0.90	Q118.80	132	Q0.90	Q118.80
2	Q8.99	Q17.98	2	Q8.99	Q17.98	2	Q8.99	Q17.98
1	Q18.69	Q18.69	1	Q18.69	Q18.69	1	Q18.69	Q18.69
1.63	Q34.00	Q55.42	1.63	Q34.00	Q55.42	1.63	Q34.00	Q55.42
0.18	Q75.00	Q13.50	0.18	Q75.00	Q13.50	0.18	Q75.00	Q13.50
0.087	Q115.00	Q10.01	0.087	Q115.00	Q10.01	0.087	Q115.00	Q10.01
9	Q96.99	Q872.91	10	Q96.99	Q969.90	12	Q96.99	Q1,163.88
2	Q83.10	Q166.20	3	Q83.10	Q249.30	3	Q83.10	Q249.30
5	Q59.40	Q297.00	6	Q59.40	Q356.40	8	Q59.40	Q475.20
5	Q99.08	Q495.40	6	Q99.08	Q594.48	8	Q99.08	Q792.64
5	Q22.96	Q114.80	6	Q22.96	Q137.76	8	Q22.96	Q183.68
5	Q39.03	Q195.15	6	Q39.03	Q234.18	8	Q39.03	Q312.24
1	Q300.00	Q300.00	1	Q400.00	Q400.00	1	Q500.00	Q500.00
1	Q35.00	Q35.00	1	Q35.00	Q35.00	1	Q35.00	Q35.00
		Q4,122.70			Q4,842.90			Q5,986.83
		Q824.54			Q807.15			Q748.35

* precios disponibles en el año de la construcción (2002) y disponibles en compras de tubería al por mayor
* los precios no incluyen el costo de mano de obra por perforación del pozo ni zanjeo.

CAPITULO V
COMPARACIÓN DEL COSTO UNITARIO
POR BENEFICIARIO SEGÚN
CONGLOMERADOS DIFERENTES

10 viviendas		12 viviendas		15 viviendas				
H	precios	SUB-TOTAL	I	precios	SUB-TOTAL	J	precios	SUB-TOTAL
10	Q20.25	Q202.50	12	Q20.25	Q243.00	15	Q20.25	Q303.75
20	Q18.69	Q373.80	24	Q18.69	Q448.56	30	Q18.69	Q560.70
10	Q37.97	Q379.70	12	Q37.97	Q455.64	15	Q37.97	Q569.55
0.5	Q34.00	Q17.00	0.6	Q34.00	Q20.40	0.75	Q34.00	Q25.50
0.2	Q75.00	Q15.00	0.24	Q75.00	Q18.00	0.3	Q75.00	Q22.50
0.14	Q115.00	Q16.10	0.168	Q115.00	Q19.32	0.21	Q115.00	Q24.15
10	Q10.50	Q105.00	12	Q10.50	Q126.00	15	Q10.50	Q157.50
20	Q29.86	Q597.20	24	Q29.86	Q716.64	30	Q29.86	Q895.80
0.5	Q34.00	Q17.00	0.6	Q34.00	Q20.40	0.75	Q34.00	Q25.50
0.2	Q75.00	Q15.00	0.24	Q75.00	Q18.00	0.3	Q75.00	Q22.50
0.14	Q115.00	Q16.10	0.168	Q115.00	Q19.32	0.21	Q115.00	Q24.15
115	Q1.65	Q189.75	118	Q1.65	Q194.70	134	Q1.65	Q221.10
23	Q1.85	Q42.55	24	Q1.85	Q44.40	27	Q1.85	Q49.95
2	Q29.86	Q59.72	2	Q29.86	Q59.72	2	Q29.86	Q59.72
0.5	Q57.54	Q28.77	0.5	Q57.54	Q28.77	0.5	Q57.54	Q28.77
0.5	Q37.97	Q18.99	0.5	Q37.97	Q18.99	0.5	Q37.97	Q18.99
9	Q8.99	Q77.91	10	Q8.99	Q85.41	12	Q8.99	Q107.88
9	Q3.70	Q32.07	10	Q3.70	Q35.15	12	Q3.70	Q44.40
5.43	Q34.00	Q184.62	5.88	Q34.00	Q199.92	7.14	Q34.00	Q242.76
0.3	Q75.00	Q22.50	0.33	Q75.00	Q24.75	0.4	Q75.00	Q30.00
0.46	Q115.00	Q52.90	0.5	Q115.00	Q57.50	0.6	Q115.00	Q69.00
3	Q2.00	Q6.00	3	Q2.00	Q6.00	3	Q2.00	Q6.00
3	Q18.00	Q54.00	3	Q18.00	Q54.00	3	Q18.00	Q54.00
132	Q0.90	Q118.80	132	Q0.90	Q118.80	132	Q0.90	Q118.80
2	Q8.99	Q17.98	2	Q8.99	Q17.98	2	Q8.99	Q17.98
1	Q18.69	Q18.69	1	Q18.69	Q18.69	1	Q18.69	Q18.69
1.63	Q34.00	Q55.42	1.63	Q34.00	Q55.42	1.63	Q34.00	Q55.42
0.18	Q75.00	Q13.50	0.18	Q75.00	Q13.50	0.18	Q75.00	Q13.50
0.087	Q115.00	Q10.01	0.087	Q115.00	Q10.01	0.087	Q115.00	Q10.01
14	Q96.99	Q1,357.86	16	Q96.99	Q1,551.84	19	Q96.99	Q1,842.81
3	Q83.10	Q249.30	5	Q83.10	Q415.50	6	Q83.10	Q498.60
10	Q59.40	Q594.00	12	Q59.40	Q712.80	15	Q59.40	Q891.00
10	Q99.08	Q990.80	12	Q99.08	Q1,188.96	15	Q99.08	Q1,486.20
10	Q22.96	Q229.60	12	Q22.96	Q275.52	15	Q22.96	Q344.40
10	Q39.03	Q390.30	12	Q39.03	Q468.36	15	Q39.03	Q585.45
1	Q700.00	Q700.00	1	Q800.00	Q800.00	1	Q1,000.00	Q1,000.00
1	Q35.00	Q35.00	1	Q35.00	Q35.00	1	Q35.00	Q35.00
		Q7,305.43			Q8,596.96			Q10,482.02
		Q730.54			Q716.41			Q698.80

* precios disponibles en el año de la construcción (2002) y disponibles en compras de tubería al por mayor
* los precios no incluyen el costo de mano de obra por perforación del pozo ni zanjeo.

6. INCONVENIENTES ENCONTRADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJES POR MÓDULOS SANITARIOS

Durante la construcción de un sistema de drenajes por medio de módulos sanitarios se van encontrando diversidad de problemas; en este capítulo haremos un recuento de los principales, y daremos algunas alternativas para solucionarlos.

Hay que reiterar la importancia que tiene el contar con un Comité de Drenajes formado por miembros de la comunidad, este es uno de los primeros pasos a seguir en la Construcción de Drenajes por Medio de Módulos Sanitarios, ya que esto ayudara a solucionar muchos de los problemas que se tengan en la comunidad. Además resulta de mucha ayuda explicar en charlas privadas a los miembros del comité todos los términos y el tipo de construcción que se hará en la comunidad y que ellos puedan aclarar dudas que puedan surgir en la comunidad.

6.1 Charlas técnicas y motivacionales

En un inicio se tiene el problema que generalmente la gente del área rural desconoce términos como fosa séptica, pozo de absorción, trampa de grasa, candela, colectores, aguas negras, etc. Por lo tanto es de mucha ayuda antes del período de construcción, que se den charlas dirigidas a la comunidad, para explicar dichos términos, y resolver dudas. Estas charlas pueden ser dirigidas por el personal técnico de construcción y el personal social, para explicar bien los términos y para que se pueda hacer en un lenguaje y en forma que la gente de la comunidad los entienda. Es de mucha

ayuda si se pudiera contar en esas charlas con una maqueta representativa de un módulo sanitario, para explicar en volumen y palabras lo que se hará en la comunidad. Esta maqueta puede estar conformada por 3 casas de tamaño adecuado para que la puedan ver los asistentes a las charlas, en esas 3 casas se puede hacer una réplica de las diferentes tipos de conexiones que tienen las personas de la comunidad en sus casas, por ejemplo si tienen la ducha dentro de la casa y el sanitario afuera, si tienen un cuarto separado de ducha y sanitario, las posiciones de la pila, etc. Será de mucha ayuda si la maqueta que se utilice, explica de una forma simple y sencilla las cosas y lo mas parecido a como tienen distribuidos sus artefactos las personas de la comunidad, hay que tomar muy en cuenta que generalmente las personas de las comunidades rurales entienden un lenguaje sencillo, y que muchas veces es difícil para ellos entender la “Castilla”. Para esto es aconsejable que en las charlas a la comunidad estén presentes los miembros del comité, que pueden ayudar en determinado momento como intérpretes y puedan explicar algunos temas que por el idioma no hayan quedado totalmente claros.

6.2 Organización de módulos sanitarios

Luego de haber explicado los conceptos básicos del sistema de drenajes basados en módulos sanitarios a todos los miembros de la comunidad participantes y al comité de drenajes, se puede proseguir con la organización de los módulos sanitarios. Durante la organización de módulos sanitarios es de mucha ayuda hacer un recorrido por toda la comunidad, para tomar medidas entre viviendas, durante ese recorrido se puede ir resolviendo algunas dudas que todavía surjan dentro de la comunidad, repartiendo volantes informativos con la descripción del proyecto.

6.3 Derecho de uso de tierras

Luego de la organización de los módulos sanitarios es necesario contar con el permiso de los propietarios, dueños de los terrenos donde se construirán las fosas sépticas y los pozos de absorción. Esto en algunas ocasiones representa otro problema debido a que algunas personas no quieren conceder el permiso, uno de los principales motivos es que el cultivo donde se construirá la fosa séptica y el pozo de absorción se perderán, lo que ocasiona pérdidas para ellos. En alguna medida es bueno organizar reuniones con las personas que se niegan a otorgar los permisos para platicar con ellos, escuchar sus razones y explicar nuevamente en que consisten los módulos sanitarios y que beneficio otorgan a la comunidad, en estas reuniones es bueno contar con la presencia de los miembros del comité, para tratar de llegar a un acuerdo con la gente, siempre beneficia la presencia del comité ya que estos conocen a la gente y se puede llegar a un arreglo mas fácilmente. En algunos casos se le puede ofrecer a las personas reponer el dinero que estas perderán en el corte de los cultivos, en otros y dependiendo del tiempo de cosecha se puede llegar a un convenio de espera donde se puedan iniciar los trabajos en otros lugares en lo que se da tiempo para cosechar los cultivos. Hay que tomar en cuenta que las personas de las comunidades rurales cultivan como medio de subsistencia y no solo es el hecho de cortar los cultivos, sino cortar una fuente de alimentación

6.4 Inconformidad en módulos sanitarios

Otro problema que surge luego de la organización de módulos sanitarios es que algunos miembros de los módulos no quieren formar parte porque tienen problemas con algún o algunos miembros del módulo sanitario. Para resolver este tipo de problemas hay que hacerse apoyar por los miembros del comité y en última instancia de las autoridades de la comunidad. Hay que explicarles a las personas que la organización se hace de acuerdo a las distancias entre las casas y no por causas particulares, si no se

puede solucionar los problemas con platicas entre los miembros del modulo y existe la posibilidad de reorganizar éste modulo, sin ocasionar mayores contratiempos y gastos económicos; esta puede ser una solución viable.

6.5 Organización de grupos de trabajo

Luego de la organización de los módulos sanitarios se inician los trabajos constructivos, organizando a las personas en grupos de trabajo, cada grupo tendrá su coordinador que será el vínculo entre el comité de Drenajes y su grupo, también es el encargado de avisar a su grupo de los días de trabajo. Para evitar problemas en la organización de la gente, es bueno poner algunas reglas de trabajo, entre estas se pueden mencionar:

No llegar alcoholizado o bebiendo licor.

Todos los miembros del grupo tienen que tener el mismo número de jornales (horas de trabajo).

No llegar tarde al trabajo.

Ver Anexo No. 9, ejemplo de Reglamento de Ayuda Mutua

6.6 Construcción de módulos sanitarios

Durante la construcción del módulo sanitario pueden surgir inconvenientes entre los cuales podemos mencionar:

6.6.1 Presencia de piedras

En algunas comunidades el suelo esta conformado por estratos de piedras lo que dificulta las excavación para la tubería, pozos de absorción y Fosa Séptica, en algunos casos cuando los tramos son de piedras pequeñas estas se pueden remover y realizar las excavaciones sin mayor contratiempo, pero cuando estas piedras son de gran tamaño, esto puede impedir la colocación de la tubería, para solucionar este tipo de problemas se pueden hacer las excavaciones hasta donde la roca lo permita y luego colocar la tubería sobre las piedras siempre que estas sean estables y realizar una fundición sobre la tubería para protegerla, a esta fundición se le puede agregar malla de alambre como refuerzo estructural

6.6.2 Inclinación del terreno

En algunas ocasiones se tiene el inconveniente que las pendientes no coinciden con el flujo de aguas servidas, esto se puede solucionar profundizando mas la zanja, para que el fondo de dicha zanja tenga la pendiente deseada, otra solución que se puede dar es unir esta conexión a otro módulo sanitario que tenga la pendiente deseada o construir un módulo individual para esta conexión.

6.6.3 Conexiones existentes

En algunas comunidades las personas han construido sistema de drenajes alternativo, ya sea tirando las aguas servidas a una zanja o a un pozo negro. En ese caso es necesario revisar las conexiones ya existentes y ver como éstas se pueden adaptar a los requerimientos que se tienen para conectarlos a los módulos sanitarios. Principalmente se encuentra el inconveniente que las familias han conectado la ducha y el sanitario lavable a un solo tubo, esto se dificulta más cuando en algunos casos han

fundido el piso de los baños; para solucionar estos problemas es necesario que el encargado de la construcción visite estas viviendas para encontrarle solución al problema tratando que esta sea funcional y sin mayores cambios. Es necesario recordar que el agua de pila, lavamanos, ducha, etc. la recolectamos inicialmente en una trampa de grasa y las aguas provenientes del sanitario lavable las recolectemos en una candela.

6.6.4 Fosas sépticas

Si se utilizaran fosas sépticas de fibra de vidrio o plástico pueden correr el riesgo de aplastarse por las presiones que el suelo genera sobre estas, y en el caso de las fosas sépticas de fibra de vidrio deben tener suficiente refuerzo estructural para no colapsar, como sucedió en 2 ocasiones en el Proyecto CAR-Chimaltenando.

Si se utilizan Fosas Sépticas Construidas In-Situ, debe tenerse especial cuidado en el Blanqueado interno que se le hace y especialmente en las esquinas, ya que un pequeño defecto en éste puede ocasionar que el agua se escape hacia el exterior de la fosa séptica reduciendo el tiempo de retención, ocasionando un mal funcionamiento y produciendo fugas que pueden ocasionar malos olores y contaminación.

6.6.5 Pozos de absorción

En la perforación del Pozo de Absorción se pueden tener algunos inconvenientes, uno de ellos puede ser que durante la perforación haya presencia de piedras o algún estrato que impida la perforación sin haber llegado al estrato permeable, la solución viable a este problema es que debe de inutilizarse el pozo y perforar otro, ya que un pozo sin el estrato permeable adecuado no sirve de nada a nuestros propósitos. También se puede encontrar presencia de agua en la excavación, como mencionamos antes, esto se puede arreglar colocando sellos de concreto si no es demasiada el agua, si esta fuera demasiada, debe de anularse el pozo, o se corre el riesgo de contaminar el manto freático.

En algunas comunidades las perforaciones del pozo se pueden volver inestables debido a que el suelo esta conformado por estratos de tierra suelta, arcillosa, etc., esto puede solucionarse construyendo un brocal desde la parte mas profunda del pozo hasta la superficie, dejando espacios para que el agua pueda ser absorbida por el suelo.

6.7 Mantenimiento del sistema

Al finalizar la construcción de los módulos sanitarios es necesario dar las recomendaciones pertinentes para el cuidado y mantenimiento del mismo; por lo tanto es de gran utilidad realizar charlas con la comunidad donde el comité este presente y definir los cuidados y la forma en que se le dará mantenimiento al sistema. Es de mucha utilidad la creación de un **Reglamento de Mantenimiento** que sea creado en conjunto con la comunidad, el comité y los Constructores, esto para que se pueda hacer un reglamento satisfactorio para cada parte. Hay de tomar en cuenta que en este reglamento se debe especificar quien será la persona o autoridad encargada del mantenimiento del sistema, hay que recordar que aunque el sistema este conformado por módulos sanitarios o grupos de casas, siempre debe de existir una autoridad encargada para que se cumpla con lo establecido en el Reglamento.

Ver Anexo No. 14, Ejemplo de reglamento para el mantenimiento de sistemas de drenajes por módulos sanitarios.

7. COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CON EL SISTEMA DE MÓDULOS SANITARIOS

7.1 En la construcción

Indudablemente existen muchas diferencias entre los dos sistemas de drenajes, en un principio tenemos que tomar en cuenta que los dos sistemas tienen diferencias principalmente en la finalidad para la cual han sido creados, por ejemplo un sistema de drenaje de alcantarillado sanitario tendría que modificarse para que fuera funcional en comunidades rurales donde las calles son de tierra y tienen poco o ningún plan de urbanismo, teniendo las viviendas dispersas por toda la comunidad y sin ningún orden. Otro aspecto que hay que tomar en cuenta es que regularmente en los alcantarillados sanitarios no se realiza ningún tipo de tratamiento a las aguas servidas cosa que si sucede utilizando el sistema de módulos sanitarios.

Una diferencia notable en la construcción de un módulos sanitarios y un sistema de alcantarillado sanitario se puede apreciar en el aspecto económico, un ejemplo se tiene al comparar el diámetro de la tubería en un módulo sanitario siendo menor al que se utilizaría en un alcantarillado sanitario ya que el alcantarillado sanitario arrastra las aguas servidas de todas las viviendas de la comunidad, mientras que un módulo sanitario arrastra hasta un máximo de 15 viviendas, lo que hace que su diámetro sea menor repercutiendo esto en el costo de la construcción, así podemos concluir en forma general que construir un sistema de drenajes por medio de Módulos Sanitarios es más barato que

construir un sistema de drenaje por alcantarillado sanitario, en lo que a áreas rurales se refiere.

Otra diferencia a tomar en cuenta es el tiempo de construcción, ya que al utilizar materiales mas livianos y utilizarlos en un área pequeña como lo puede ser un módulo sanitario se agiliza la construcción del mismo haciendo que el costo de mano de obra de la construcción sea menor. También hay que tomar en cuenta los costos de los elementos constructivos de un sistema de drenajes por alcantarillado sanitario entre estos podemos mencionar pozos de visita, pozos de luz, zanjas de gran profundidad, obras de arte, etc. Elementos que aumentarán el costo del proyecto en los reglones de materiales y mano de obra. Además hay que tomar en cuenta gastos que pudieran surgir dependiendo de las personas de la comunidad ya que como mencionamos en capítulos anteriores, regularmente los beneficiarios donan los terrenos para la construcción de la fosa séptica y el pozo de absorción, cosa que podría variar según disposiciones de la comunidad, lo que incrementaría el costo por módulo sanitario, todas estas variables hay que tomarlas en cuenta en la planeación, a la hora de tomar una decisión sobre el tipo de sistema de drenajes a construir, pero tomando en cuenta nuestras experiencias y dependiendo del lugar y el fin con que se quiera construir un sistema de drenajes recomendamos al sistema de módulos sanitarios como la mejor opción en el aspecto económico y ecológico.

En el aspecto ecológico también se pueden hacer recomendaciones, ya que al construir un sistema de drenajes por medio de módulos sanitarios se le da a las aguas servidas un tratamiento primario y secundario, cosa que regularmente no sucede con el sistema de alcantarillado sanitario, ya que en este normalmente se busca un cuerpo receptor para botarlo en él sin darle ningún tipo de tratamiento. Los módulos sanitarios benefician en mucho la salud de los pobladores de la comunidad y de las comunidades vecinas ya que se evita la contaminación de ríos, zanjones u otros cuerpos receptores que pudieran contaminar comunidades vecinas.

Otra diferencia que existe entre los dos sistemas es que, mientras que al sistema de drenajes por alcantarillado sanitario se puede conectar casi cualquier vivienda, las conexiones al módulo sanitario están restringidas tanto a algunos artefactos como a cantidades de vivienda ya que cada módulo sanitario cuenta con un número limitado de conexiones y no puede sobrepasar este límite.

7.2 En el mantenimiento

7.2.1 Mantenimiento preventivo

En los módulos sanitarios se debe tener un mantenimiento preventivo, que consiste en no introducir en el sistema líquidos u objetos que pudieran ocasionar problemas; este mantenimiento preventivo debe ser cuidadoso ya que introducir algún objeto ajeno al sistema, podría ocasionar mayores problemas que los que ocasionaría en un sistema de alcantarillado sanitario, por ejemplo al introducir una bolsa de plástico al módulo sanitario, este podría obstruir las tuberías, también en la fosa séptica podría ocasionar alguna obstrucción reduciendo el tiempo de retención en la fosa, y si llegara al pozo de absorción, podría adherirse a las paredes del mismo disminuyendo el área de absorción. Cosa que no sucede en los alcantarillados sanitarios ya que los diámetros son mayores y es más difícil que objetos introducidos en él puedan ocasionar obstrucciones y como regularmente no existe ningún tipo de tratamiento al agua servida, éste va a dar a un cuerpo receptor como podría ser un río, en el cual no ocasionaría mayor problema. Debe tenerse cualquier tipo de precaución como por ejemplo: poner mallas de gallinero en los drenajes de las pilas para evitar que se introduzcan objetos extraños al sistema, también se pueden evitar obstrucciones colocando botes para echar la basura en los sanitarios lavables, así se evita que las personas que hagan uso del sanitario, tiren la basura dentro de la tasa sino que lo depositen en botes adecuados para este propósito.

Otra forma de mantenimiento del sistema de drenajes por módulos sanitarios es evitar introducir grasas o líquidos similares, ya que estas podrían interrumpir el proceso de digestión anaerobio biológico que se produce en las fosas sépticas o adherirse a las paredes del pozo de absorción y disminuir así el área disponible para la filtración de líquidos. Para evitar este tipo de problemas se cuenta con elementos como la trampa de grasa, pero aun ésta necesita de un mantenimiento periódico para que lleve a cabo un proceso exitoso.

7.2.2 Mantenimiento de operación

Existe una gran diferencia entre el mantenimiento de un sistema de drenajes por módulos sanitarios y uno de alcantarillado sanitario. Mientras que el alcantarillado sanitario requiere poco o nulo mantenimiento, los módulos sanitarios si requieren chequeo y mantenimiento periódico, principalmente en lo que respecta a la fosa séptica y al pozo de absorción. Como mencionamos en capítulos anteriores la trampa de grasa y candela requieren chequeos periódicos, la trampa de grasa a su vez también requiere una limpieza constante. También la fosa séptica requiere chequeos y limpiezas periódicas, además el pozo de absorción necesita chequeos periódicos y en ultimo caso la construcción de un nuevo pozo de absorción, lo que dependerá de la calidad del estrato absorbente encontrado en la perforación, del mantenimiento preventivo que se le a dado al pozo, de la cantidad de viviendas del módulo sanitario y de otros factores.

7.3 Tiempos para mantenimiento de operación de los elementos de un módulo sanitario

7.3.1 Trampa de grasa

El período de limpieza para las trampas de grasa será un estimado de 6 meses, la limpieza de la trampa de grasa consiste en la remoción de toda la grasa e impurezas que contenga este elemento. Hay que tomar en cuenta que después de cada limpieza es necesario llenar de agua las trampas de grasa para continuar su funcionamiento. La grasa extraída deberá enterrarse.

7.3.2 Candela

El periodo de limpieza estimado para las Candelas será de 6 meses, aunque este elemento no requiere específicamente de una limpieza, puede realizarse un chequeo para corroborar su buen funcionamiento y continuar con su utilización.

7.3.3 Fosa séptica

El periodo de limpieza para las fosas sépticas es de 1 año*, aunque esto dependerá de las condiciones de diseño por ejemplo; este periodo de limpieza esta determinado para fosas sépticas diseñadas con un gasto de 150 l/h/d, lo cual no es factible en nuestro medio, mucho menos en áreas rurales, donde el consumo es alrededor de 70 l/h/d, (ver capítulo VIII para Memoria de cálculos y criterios aplicados).

Hay que tomar en cuenta que los lodos acumulados en la fosa séptica deben extraerse periódicamente; de lo contrario, disminuye el volumen útil y origina algunos trastornos, entre los cuales deben destacarse: a) disminución del período de retención y, por consiguiente, aumento de la velocidad del flujo, que conduce al arrastre de materias sedimentables y mayor velocidad de colmatación de los sistemas de tratamiento secundario; b) obstrucción de los conductos de entrada del agua servida o de salida de las fosas sépticas.

Por lo tanto podremos determinar que el período de limpieza para fosas sépticas puede ser de 1 año, llevando siempre un riguroso control de los lodos acumulados. Para la limpieza de la fosa séptica es preferible utilizar lámparas eléctricas y no luces incandescentes debido a los gases que pueden acumularse en ella.

7.3.4 Pozo de absorción

El pozo de absorción tiene una duración más prolongada y puede servir fácilmente durante seis, ocho o diez años en operación continua, siempre que la fosa séptica opere en perfectas condiciones, y por consiguiente ésta debe contar con limpiezas periódicas (máximo cada dos años), aunque las instalaciones domiciliarias no acusen fallas en su funcionamiento.*1

Cualquiera que sea la causa por la cual el pozo de absorción se llene, no hay posibilidad práctica económica de efectuar una limpieza, y por consiguiente, se debe recurrir a la construcción de una unidad nueva. Sin embargo, es frecuente que se presenten situaciones que requieran una atención de urgencia. Para estos casos se

1

Francisco Unda Opazo. **Extraído de Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.** (1era. Edición en Español; México: Editorial Uteha, 1969) pp. 362

aconsejan dos soluciones, ya sea que se trate de un periodo corto de funcionamiento o para un tiempo mas prolongado:

El vaciamiento de unos 45 a 60 litros de acido sulfúrico comercial al pozo absorbente colmatado, disuelve las grasas adheridas a las paredes del pozo y permite que siga absorbiendo liquido por un tiempo relativamente corto, que variará desde varias semanas a algunos meses.

La segunda solución, y que tal vez puede ser satisfactoria para operar un período razonable, consiste en agregar al pozo una serie de drenes radiales que infiltra el exceso de liquido que no evacua esa unidad absorbente, la que prácticamente pasa a ser una segunda cámara de filtración.

8. MEMORIA DE CÁLCULO Y CRITERIOS APLICADOS

8.1 Trampa de grasa

Para determinar su capacidad se considerara, en general, el doble de la cantidad de líquido que entra durante la hora de máximo gasto del influente.

En pequeñas instalaciones la capacidad debe ser e 20 litros por persona y nunca menor de 120 litros por vivienda.

8.2 Fosa séptica

Las dimensiones de la fosa séptica variarán de acuerdo a la cantidad de viviendas que estén conectadas al módulo, de acuerdo a las dimensiones dadas en el anexo 16, podremos decir que 0.70 y 1.20m, de 0.75 a 3.10m y de 0.60 a 1.20m, para alto útil (h), largo total (Lt) y ancho útil (A) respectivamente correspondiente de 1 a 15 viviendas.

El cálculo de la fosa séptica se puede simplificar haciendo algunas suposiciones:

a) Altura útil:

0.70	para 1 o 2 viviendas (hasta 13 personas)
0.90	para 3 y 4 viviendas (hasta 26 personas)
1.00	para 5 y 6 viviendas (hasta 39 personas)
1.20	para 8 a 15 viviendas (hasta 98 personas)

b) Período de retención:

24 horas mínimo

c) Aportación:

60 l/h/día

d) Relación

Largo = 2

Ancho

e) Lodos acumulados por persona y por periodo de limpieza (dos años):

30 a 60 litros

Con el objetivo de precisar las ideas y familiarizar el uso de las fórmulas, se reproduce a continuación un ejemplo de cálculo:

RECALCULAR TODA ESTA SECCIÓN CON LA APORTACIÓN DE 60 LITROS / HAB / DÍA

Calcular las dimensiones de una fosa séptica para servir a 100 personas:

T = período de retención = 12 horas

Q = gasto = 150 l/h/d

No. De personas servidas = 100 personas (6 por viviendas para el área rural de Guatemala)

H = altura útil (desde el fondo = 2.50 m

Hasta el nivel del agua)

Lodos acumulados por persona por = 60 litros

Periodos se limpieza

Si V_1 es el volumen calculado (excluyendo el volumen previsto para acumular lodos) y V_2 el volumen total, excluyendo el espacio libre entre el nivel del agua y la cubierta, se tiene:

$$T = \frac{V_1}{Q} \qquad V_1 = T * Q = \frac{12 * 150 * 100}{24} = 7,500lt$$

$$V_2 = 7,500 + (60 * 100) = 13,500litros = 13.5m^3$$

Sean “a” y “b” el largo el largo y ancho de la fosa séptica, respectivamente.
Suponiendo el largo igual a dos veces el ancho y una altura útil H=2.5 m:

$$a * b * H = 13.5 m^3$$

$$2b * b * H = 13.5 m^3$$

$$2b^2 * H = 13.5 m^3$$

$$b = \sqrt{\left(\frac{13.5}{2 * 2.5}\right)} = 1.65m$$

$$a = 2b = 3.30 mts$$

Dimensiones de la fosa séptica:

Largo 3.30 m

Ancho 1.65 m

Alto total 2.90 m (2.5 + 0.40 m requerido para el espacio libre)

8.3 Pozo de absorción

Como hemos mencionado en otros capítulos el pozo de absorción tendrá un diámetro inicial de 1.40 mts. con una altura de 2 mts. Para construir un brocal de ladrillo o mitades de block, luego se sigue la excavación con un diámetro interno de 0.90 mts. Hasta encontrar un estrato adecuado, el cual tenga las suficientes propiedades de absorción, para que el pozo no retenga líquidos sino que estos sean absorbidos por el estrato.

En este sentido la altura del pozo de absorción dependerá de los estratos de suelo que se obtengan en la excavación, para determinar el estrato adecuado para detener la excavación del pozo de absorción se pueden hacer pruebas de absorción para suelos como la que se menciona en el capítulo III, pozos de Absorción, Nota Constructiva para Pozos de Absorción.

8.4 Conectores

El diámetro de los conectores dependerá en gran medida de la cantidad de viviendas que tenga cada módulo sanitario, pero nunca debe utilizarse un diámetro menor de 2".

9. CUIDADOS Y MANTENIMIENTOS DEL SISTEMA DE MÓDULOS SANITARIOS

9.1 Cuidados preventivos

Entre los cuidados preventivos que la comunidad debe de tener para conservar en buen funcionamiento su sistema de drenajes por módulos sanitarios, debemos mencionar:

- Conectar únicamente al sistema: Sanitarios lavables y solamente mediante la Candela.
- Conectar pilas, duchas, lavamanos, etc. A la trampa de grasa antes de conectarlo al sistema.
- Colocar rejillas en la pila para evitar que se introduzca basura al sistema. Esto debido a que en las comunidades rurales acostumbran a lavar y/o limpiar cualquier cantidad de cosas en las pilas, entonces con ésto se evitara que los despojos que suelten se introduzcan en el sistema.
- Tener especial cuidado en que el papel que se utilice para la limpieza personal en el sanitario lavable sea depositado en un cesto de basura y no dentro del sanitario, ya que esto podría ocasionar obstrucciones en la tubería y mal funcionamiento del sistema.
- No utilizar en pila y otros artefactos químicos o líquidos corrosivos que pudieran dañar las tuberías.

9.2 Mantenimiento del sistema de módulos sanitarios

Es necesario un mantenimiento periódico a los elementos del sistema para que estos tengan un buen funcionamiento.

En el caso de las trampas de grasa deben de ser limpiadas cada 6 meses para remover grasas e impurezas que hayan podido almacenar y luego de la limpieza, es importante volverla a llenar de agua para que continúen con su funcionamiento.

En el caso de las candelas es bueno darle un chequeo cada 6 meses para verificar su funcionamiento, su limpieza es opcional ya que esta debe permanecer limpia siempre porque esta no retiene ningún fluido, solo sirve para hacer la conexión con el sistema.

En las Fosas Sépticas hay que tener especial cuidado en su mantenimiento y limpieza ya que como hemos mencionado antes es el elemento esencial para que el sistema funcione, el tiempo de limpieza para una fosa séptica es de cada 2 años ^{*1}. Lo cual puede variar dependiendo del uso y la ubicación, este tiempo está dado para fosas sépticas construidas en un área urbana, hemos calculado un periodo de 5 años para áreas rurales. La limpieza de una fosa séptica consiste en extraer los lodos que se depositan en el fondo de esta. Para esto es preciso abrir la tapa de la fosa séptica y hacer la succión a través de la manguera de aspiración de una bomba que evacua los lodos a un estanque hermético, montado sobre un camión. También puede hacerse la limpieza en forma manual, con los inconvenientes que esto puede acarrear. Debe tenerse especial cuidado en que la iluminación del interior de la fosa séptica se haga por una bombilla eléctrica o linterna; de lo contrario, se puede originar una explosión ocasionada por la combustión

1

Francisco Unda Opazo. **Extraído de Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.** (1era. Edición en Español; México: Editorial Uteha, 1969) pp. 352

del metano acumulado en la parte superior de la fosa. Como se ha mencionado anteriormente se recomienda que las fosas sépticas se encuentren lo mas alejado de las viviendas que se pueda y ubicadas en un lugar donde la destrucción sea mínima en busca de la tapadera para efectuar la limpieza de la misma. Los lodos extraídos de la fosa séptica no deben utilizarse como abono, por cuanto hay materia orgánica semidigerida y aun fresca.

En el caso de los pozos de absorción se necesita hacer un chequeo cada 3 años para verificar el funcionamiento del mismo, el pozo de absorción no debe retener ninguna cantidad de líquidos, si eso pasa es necesario chequear el funcionamiento de la fosa séptica para corregir esto y si así no mejora será necesaria la perforación de otro pozo de absorción, pero si en el momento de la construcción se ha encontrado un manto absorbente que cumpla con las características deseadas y la fosa séptica funciona bien solo será necesario chequearlo cada 3 años. No es recomendable mantener en funcionamiento un pozo de absorción con retención de agua ya que esto lo hace inestable y puede llegar a colapsar.

Para solucionar el problema de un pozo de absorción con retención de líquidos existe una solución que permite a este seguir funcionando de unas semanas a unos cuantos meses, esta constituye en el vaciamiento de unos 45 a 60 litros de ácido sulfúrico comercial al pozo colmatado, este disuelve las grasas adheridas a las paredes del pozo y permite que siga absorbiendo líquido por un tiempo.

Siempre hay que mencionar que en proyectos de Drenajes por Módulos Sanitarios se aconseja la creación de un Comité de Drenajes para que ellos sean los encargados del mantenimiento del sistema y de la solución de problemas que pudieran aparecer con el tiempo, y capacitarlos para poder solucionar dichos problemas.

En el capítulo VII, Comparación del sistema de alcantarillado sanitario con el sistema de módulos sanitarios se han descrito con mayor detalle los tiempos para mantenimiento de Operación de los elementos de un modulo sanitarios.

CONCLUSIONES

- 1 El sistema de drenajes por medio de módulos sanitarios es una solución práctica y económica que los profesionales de la construcción pueden utilizar principalmente en áreas rurales por las características y la disposición de tierras que conlleva un sistema como este, además, se puede combinar con otros elementos del tratamiento de aguas residuales para optimizar los resultados.

Por medio del sistema de drenaje por módulos sanitarios es posible hacer proyectos de drenaje para personas que no tienen demasiados recursos económicos.

- 2 Por medio del sistema de drenajes por módulos sanitarios se puede obtener una reducción del 85% en el DBO y del 66% en el DQO. Resultados obtenidos en la fosa séptica, pero se considera que serán mayores después de efectuada la filtración en los estratos profundos del pozo de absorción.

Un sistema de drenajes por medio de módulos sanitarios es más económico y por consiguiente se puede desarrollar en comunidades rurales para mejorar su nivel de vida.

RECOMENDACIONES

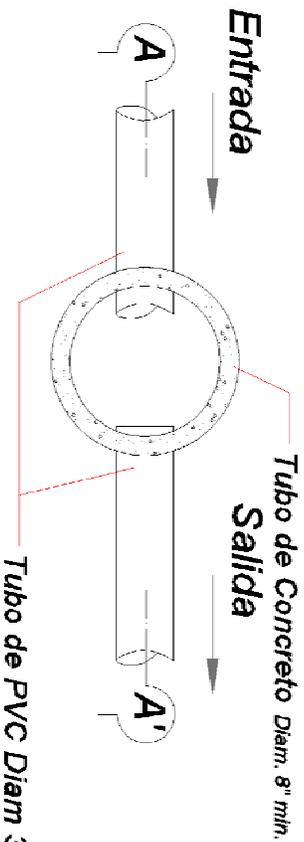
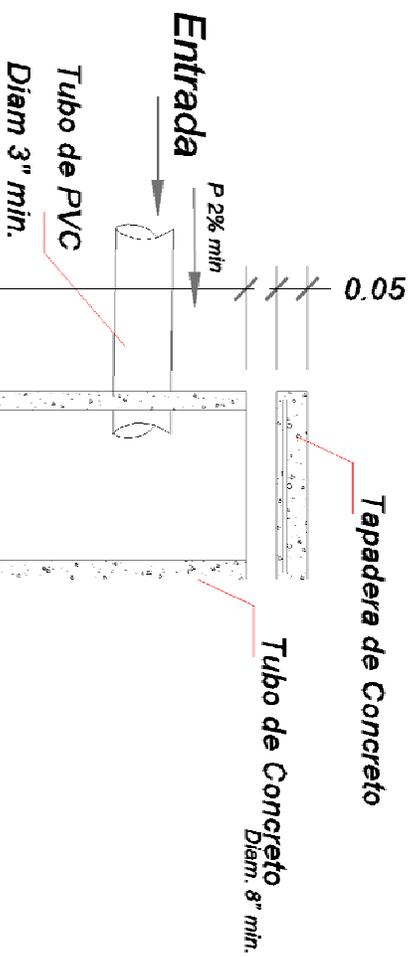
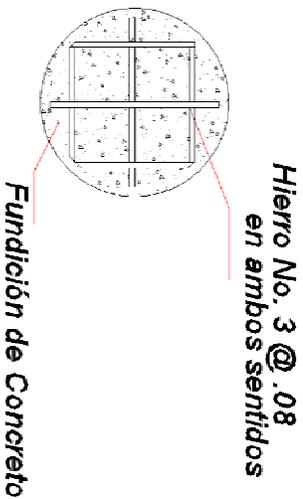
- 1 Previo, durante y después de la construcción de un sistema de drenajes por módulos sanitarios, se debe tener muy presente el trabajo social dentro de la comunidad para que la gente acepte el sistema, sepa como utilizarlo y pueda darle un mantenimiento adecuado para que este sea útil por muchos años, ya que, un sistema puede ser muy eficiente, pero si no se le da el mantenimiento adecuado puede ser abandonado y no dará ningún beneficio a la comunidad y se desaprovechara el trabajo y la inversión realizadas.
- 2 En este trabajo de graduación se presentaron dos opciones para fosas sépticas, de fibra de vidrio y construcción in-situ, en mi opinión es mejor utilizar las de construcción in-situ, por costos y porque con las de fibra de vidrio se debe tener un control minucioso al detalle de sus contracción, sino ocasionara más problemas de los que pueden solucionar.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Salazar, Doreen. **Guía para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales**. s.e. 2003.
- 2 Szarata Sagastume, Alfredo. **Tratamiento de Cloacales para Poblaciones de Bajos Recursos Tecnológicos**. Guatemala: s.e. 1997.
- 3 Kalbermatten, John. Julius, DeAnne. Gunnerson, Charles. Mara, D. Duncan. **Appropriate Sanitation Alternatives A Planning and Design Manual**. United States of América: s.e. 1982. 143 pp.
- 4 Cabrera Riepele, Ricardo. **Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2**. 1989. 134 pp.
- 5 Unda Opazo, Francisco. **Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud publica**. Primera edicion en español. Mexico: Editorial Uteha, 1969. 861 pp.

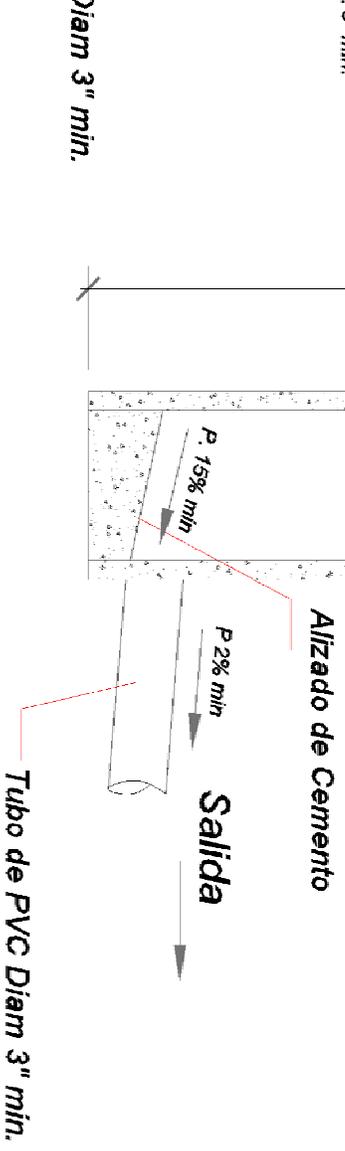
ANEXOS

Detalle de Tapadera



Planta

Sección A-A'

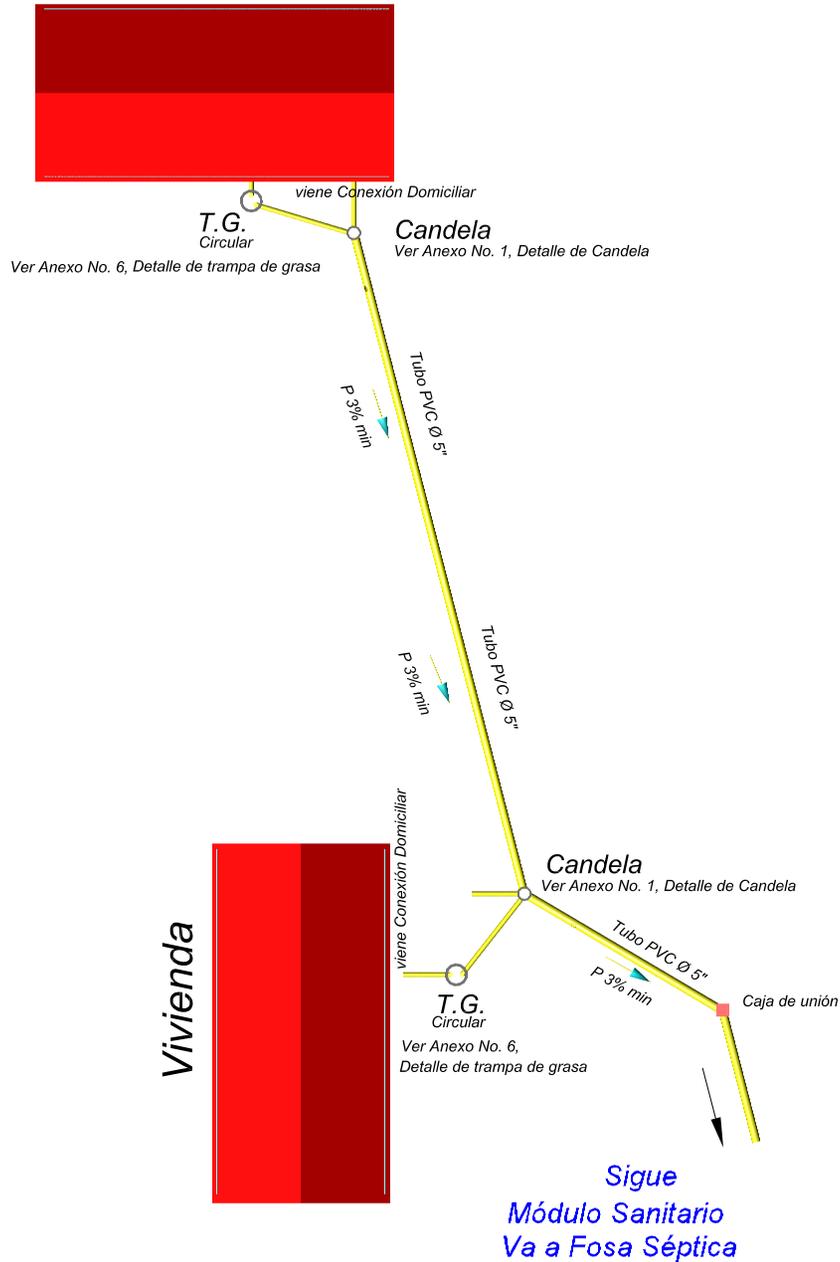


Anexo No. 1, Detalle de Candela

Esc 1:10

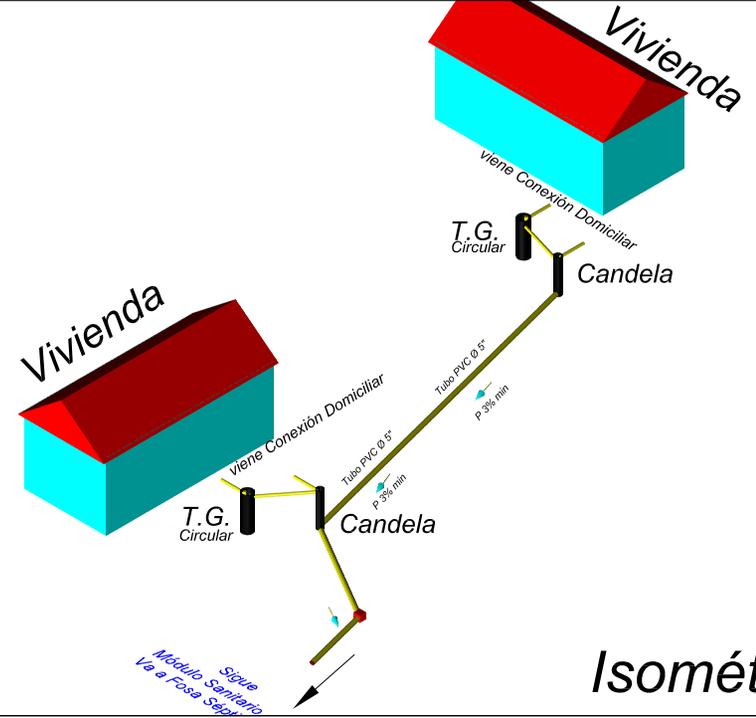
Proyecto:	TRABAJO DE GRADUACION			
Contenido:	ANEXO No. 1, Detalle de Candela			
Fecha:	AC	Califica:	AC	Diseño:
Escala:	SIN ESC	Fecha:	AGOSTO 2008	1 / 1

Vivienda



Planta

Sigue
Módulo Sanitario
Va a Fosa Séptica



Isométrico

Nomenclatura

TG	Trampa de Grasa
P%	Porcentaje de pendiente
Diam.	Diámetro
min.	Mínimo

NOTAS:

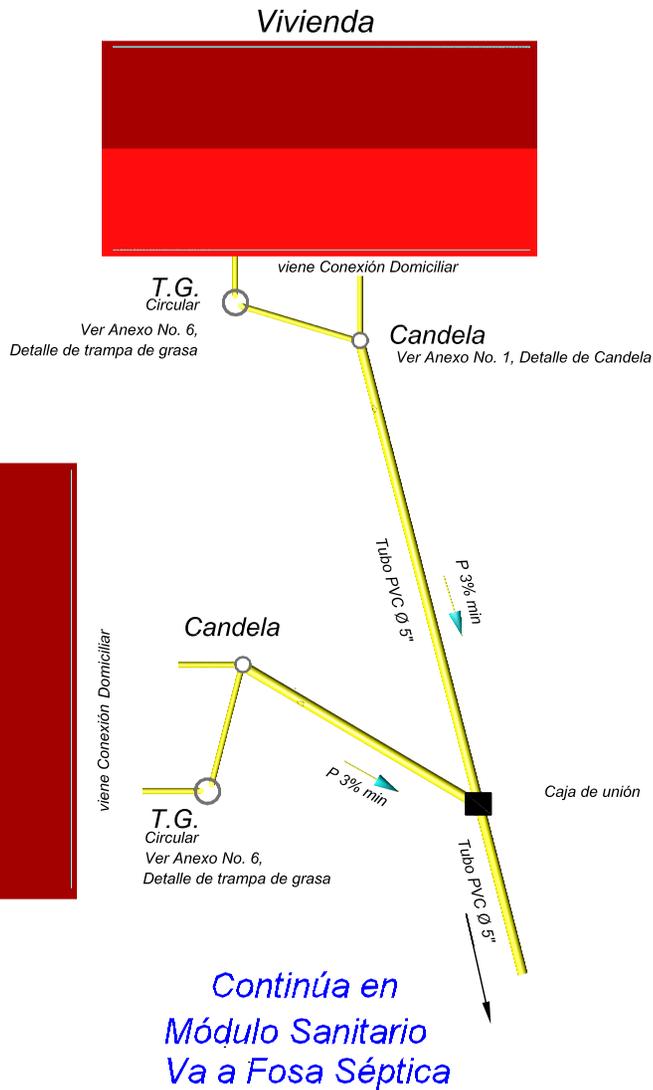
- * Ver detalles de Candela en Anexo No.1
- * Ver detalles de Trampa de Grasa en Anexo No.4

Anexo No. 2 Conexiones Indirectas

SIN ESC

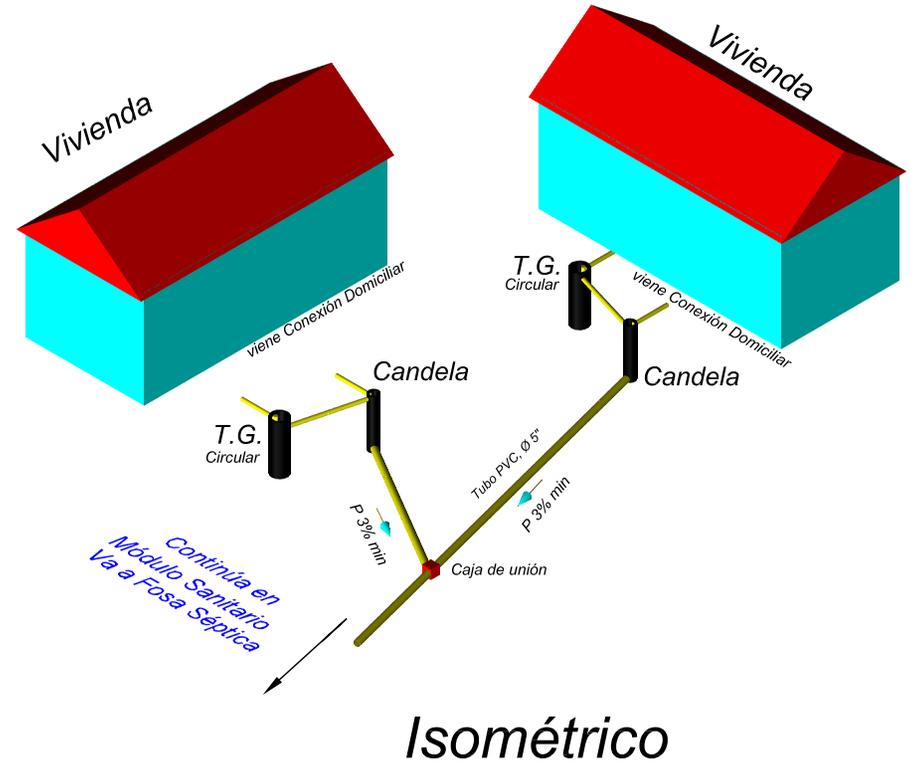
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION <small>ALTERNATIVO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECANICA</small>			
Contenido: Anexo No. 2, Conexiones Indirectas			
Firma y sello asesor			
Dibeno: AC	Calculo: AC	Dibujó:	2 / 2
Escala: SIN ESC	Fecha: AGOSTO 2006		

Vivienda



Planta

Anexo No. 2 Conexiones Directas



Nomenclatura	
TG	Trampa de Grasa
P%	Porcentaje de pendiente
Diam.	Diámetro
min.	Mínimo

NOTAS:

- * Ver detalles de Candela en Anexo No.1
- * Ver detalles de Trampa de Grasa en Anexo No.4

Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION		ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE DISEÑOS POR MEDIO DE MODULOS SANITARIOS	
Contenido: Anexo No. 2, Conexiones directas			
Firma y sello asesor			
Diseño: AC	Calculo: AC	Dibujo: 1	2
Escala: SIN ESC	Fecha: AGOSTO 2006		

SIN ESC

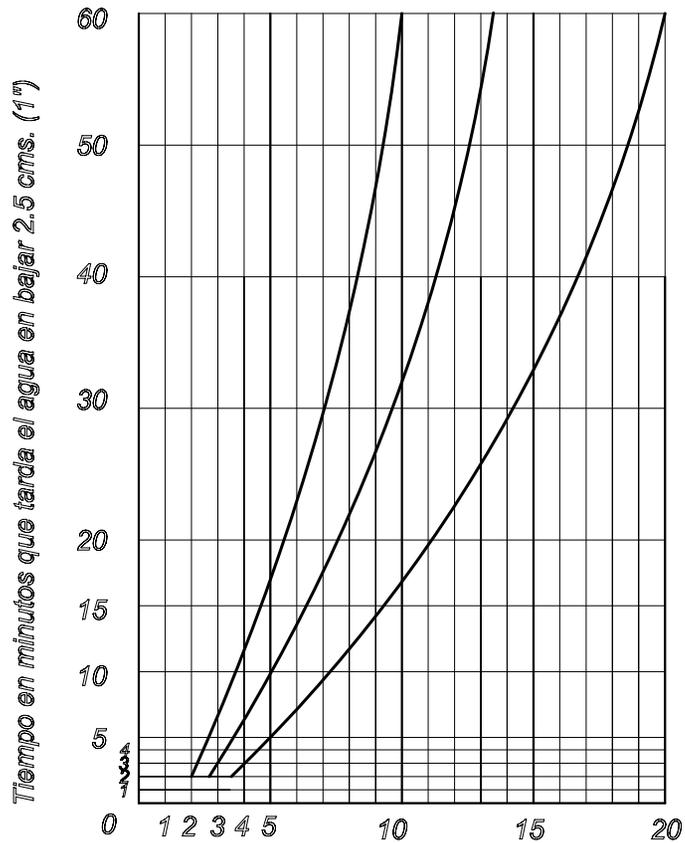
ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE DRENAJES POR MEDIO DE MODULOS SANITARIOS

TIPO DE MODULO	No. De casas por modulo	costo de accesorio por Vivienda	accesorios por fosa septica	MO y materiales de fosa septica	materiales de brocal	MO de brocal	sub-total	TOTAL	PROM VIV
A	1	Q 324.00	Q 67.83	Q 361.72	Q 349.00	Q 300.00	Q 1,402.55	Q 1,542.81	Q
B	2	Q 648.00	Q 67.83	Q 503.84	Q 349.00	Q 300.00	Q 1,868.67	Q 2,055.54	Q
C	3	Q 972.00	Q 67.83	Q 712.22	Q 349.00	Q 300.00	Q 2,401.05	Q 2,641.16	Q
D	4	Q 1,296.00	Q 67.83	Q 772.60	Q 349.00	Q 300.00	Q 2,785.43	Q 3,063.98	Q
E	5	Q 1,620.00	Q 67.83	Q 875.12	Q 349.00	Q 300.00	Q 3,211.95	Q 3,533.15	Q
F	6	Q 1,944.00	Q 67.83	Q 942.83	Q 349.00	Q 300.00	Q 3,603.66	Q 3,964.03	Q
G	8	Q 2,592.00	Q 67.83	Q 1,166.02	Q 349.00	Q 300.00	Q 4,474.86	Q 4,922.34	Q
H	10	Q 3,240.00	Q 67.83	Q 1,383.88	Q 349.00	Q 300.00	Q 5,340.71	Q 5,874.78	Q
I	12	Q 3,888.00	Q 67.83	Q 1,468.13	Q 349.00	Q 300.00	Q 6,072.96	Q 6,680.26	Q
J	15	Q 4,860.00	Q 67.83	Q 1,722.62	Q 349.00	Q 300.00	Q 7,299.45	Q 8,029.40	Q

* precios disponibles en el año de la construcción (2002) y disponibles en compras de tubería al por mayor

* los precios no incluyen el costo de mano de obra por perforación del pozo ni zanjeo.

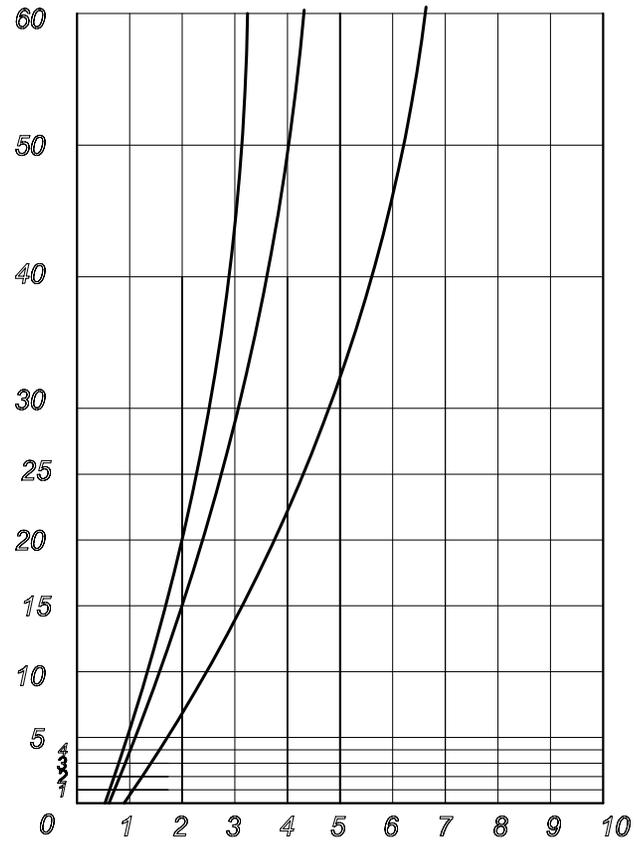
ANEXO No. 3 , COMPARACION DE COSTOS UNITARIOS POR BENEFICIARIO SEGÚN CONGLOMERADOS DIFERENTES



Longitud en metros de tubería por persona (150 litro/persona/día)

Gráfica No. 1

Gráficas de absorción por persona



Longitud en metros de Tubos por alumno (150 litro/alumno/día)

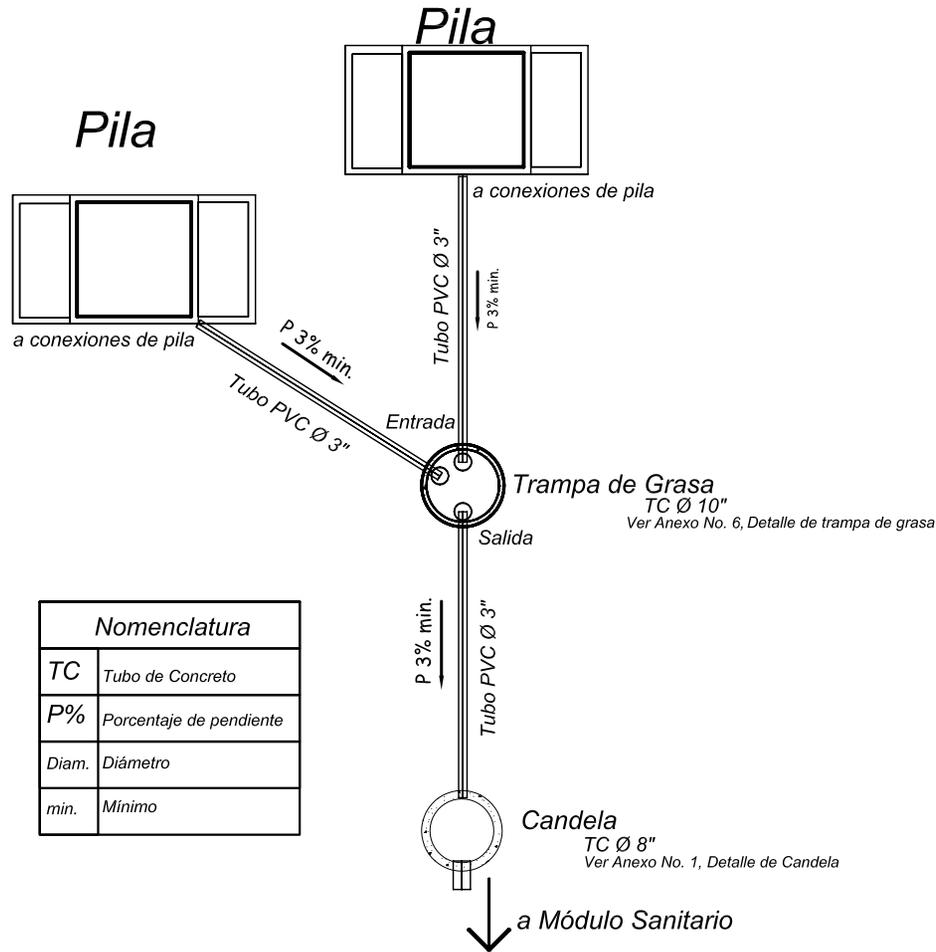
Gráfica No. 2

Gráficas de absorción por alumno en una escuela

Anexo No. 4 Para campos de Absorción

SIN ESC

Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION <small>ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE DISEÑOS POR MEDIO DE MODELOS SIMILARES</small>		
Contenido: Anexo No. 13 Para campos de Absorción		
Firma y sello asesor		
Diseño: AC	Cálculo: AC	Dibujo: 1/1
Escala: SIN ESC	Fecha: AGOSTO 2006	

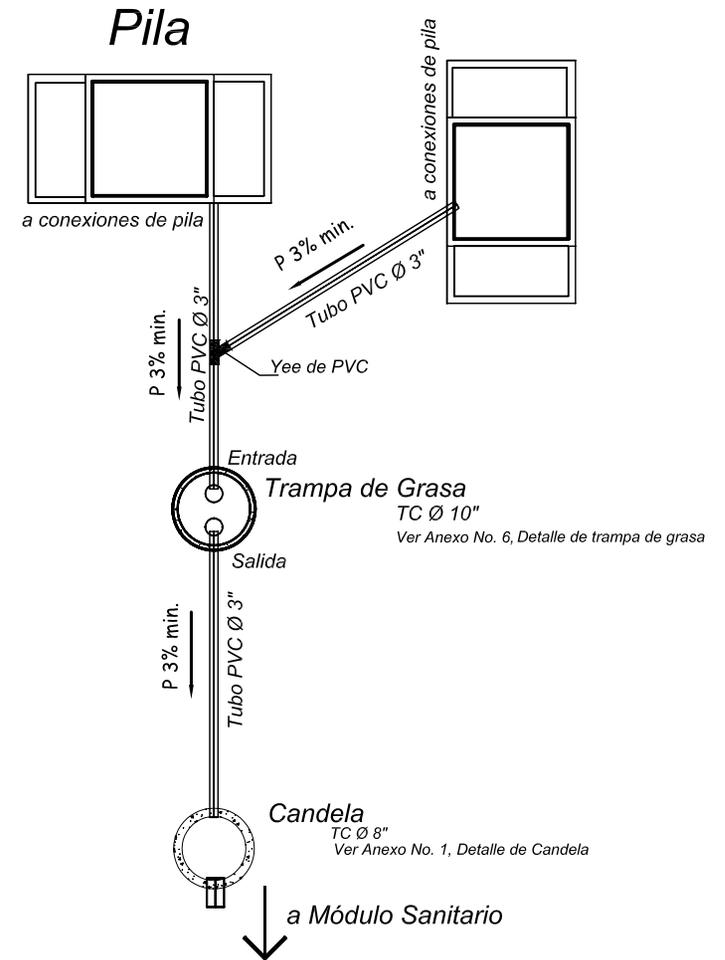


Planta de
Conexión Directa

Anexo No. 5

Conexión directa e indirecta para trampas de grasa

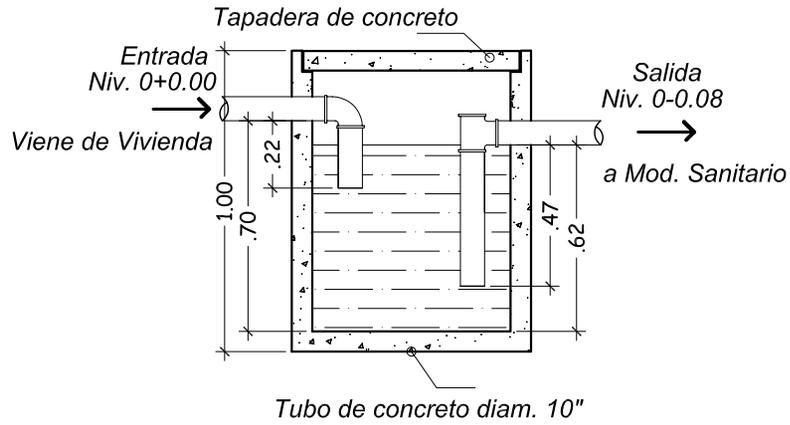
Nomenclatura	
TC	Tubo de Concreto
P%	Porcentaje de pendiente
Diam.	Diámetro
min.	Mínimo



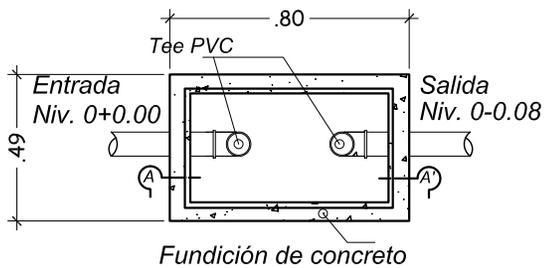
Planta de
Conexión Indirecta

SIN ESC

Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION <small>ATENDIENDO PARA LA COORDINACION DE DISEÑOS POR PARTE DE NUESTROS INGENIEROS</small>		
Contenido: Anexo No. 5, Conexión directa e indirecta para Trampas de Grasa		
Firma y sello asesor		
Diseño: AC	Calculo: AC	Dibujó: 1
Escala: SIN ESC	Fecha: AGOSTO 2006	1

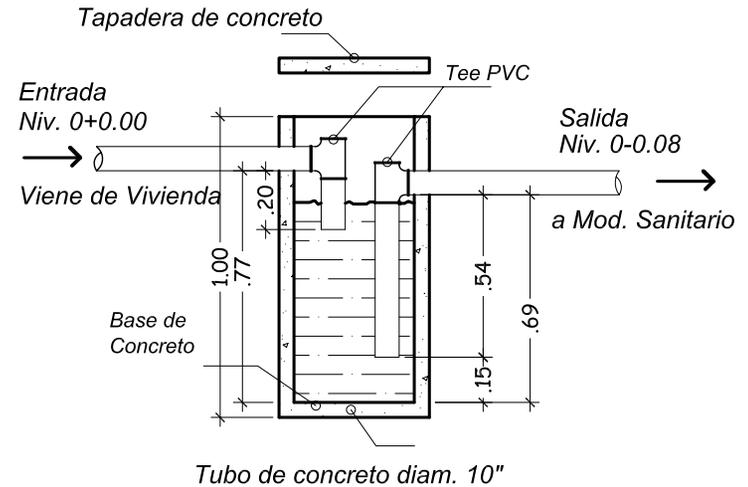


Seccion A-A'

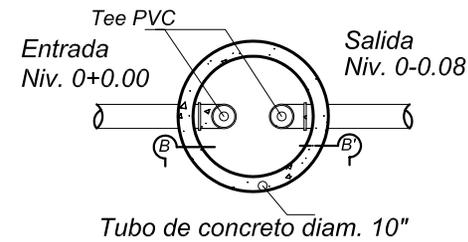


Planta

Trampa de Grasa Cuadrada



Seccion B-B'



Planta

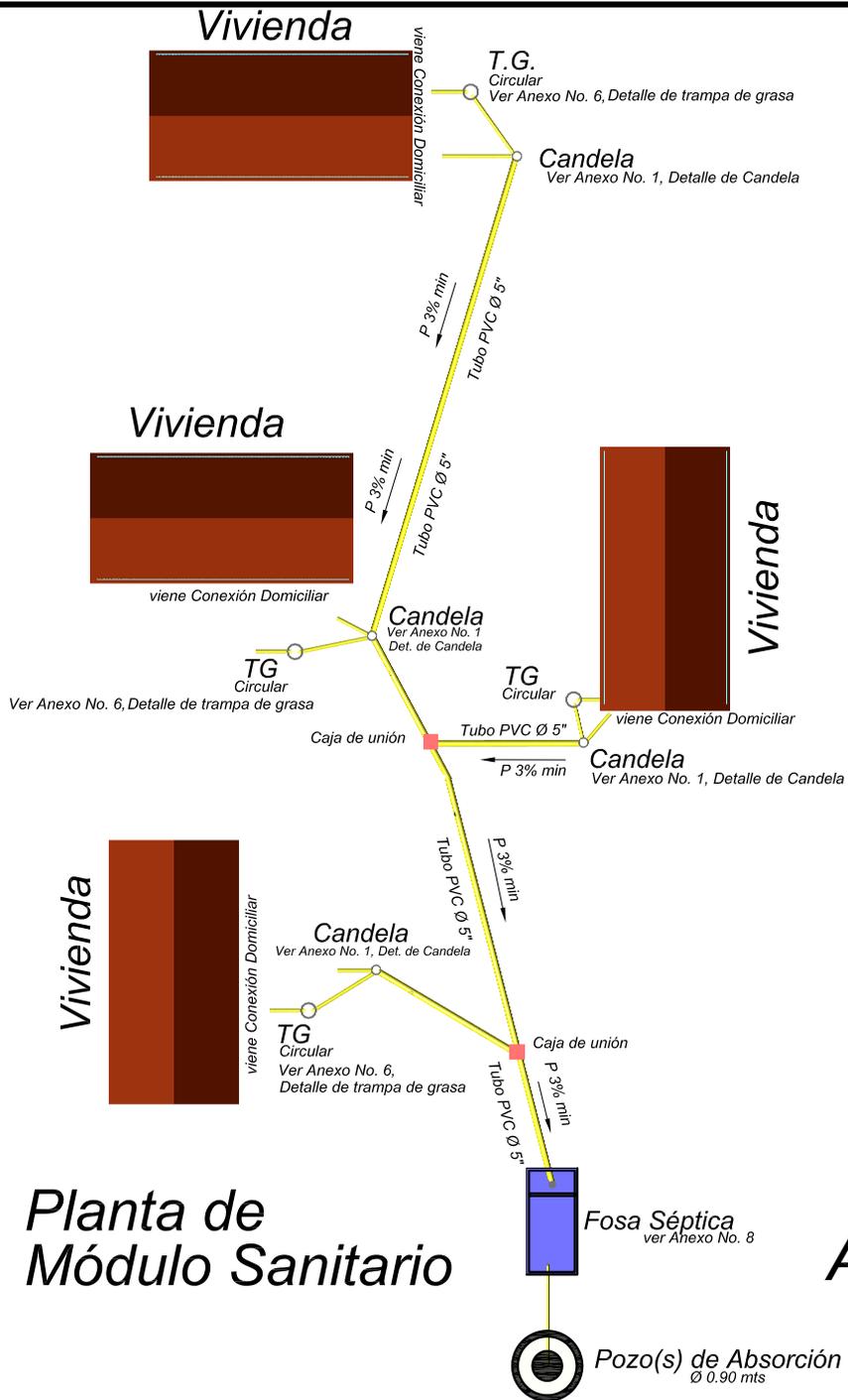
Trampa de Grasa Circular

NOTA:
Dimensiones en metros

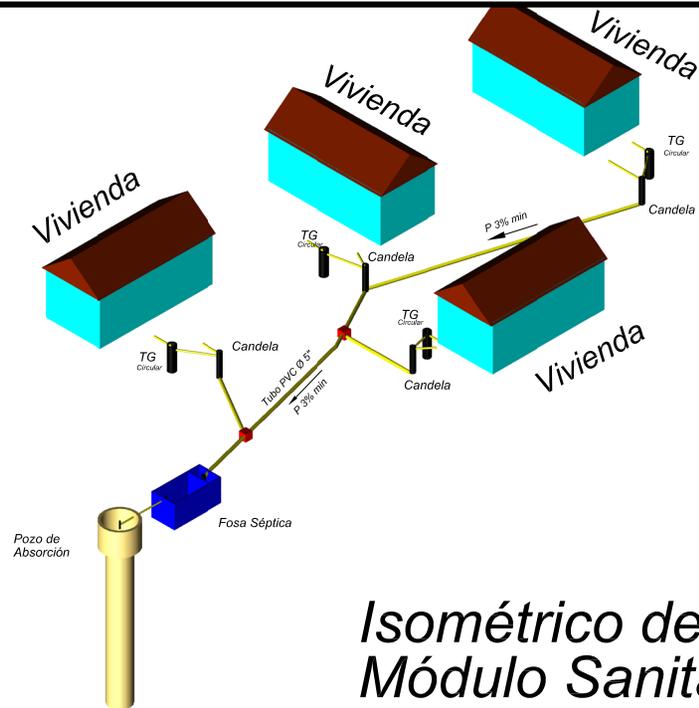
Anexo No. 6 Trampa de Grasa

ESC 1:4

Proyecto:		TRABAJO DE GRADUACION			
		<small>ALTERNATIVA PARA LA COORDINACION DE SERVICIOS POR MEDIO DE MONEDA LABORAL</small>			
Contenido:		Anexo. No. 6, Trampa de Grasa			
Firma y sello asesor					
Diseño:	AC			Calculo:	AC
Dibujo:	1			1	1
Escala:	SIN ESC			Fecha:	AGOSTO 2006



Planta de Módulo Sanitario



Isométrico de Módulo Sanitario

Nomenclatura	
TG	Trampa de Grasa
P%	Porcentaje de pendiente
Diam.	Diámetro
min.	Mínimo

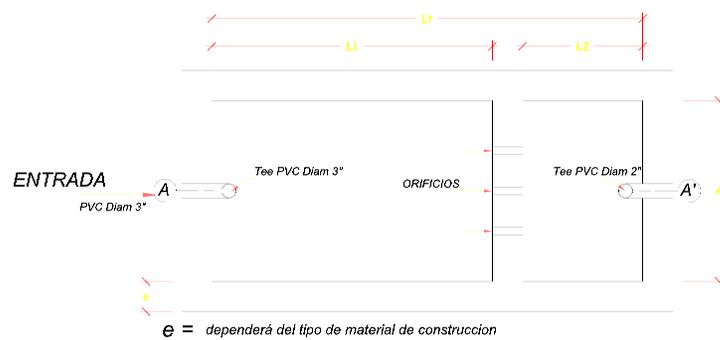
NOTAS:

- * Ver detalles de Candela en Anexo No.1
- * Ver detalles de Trampa de Grasa en Anexo No.4

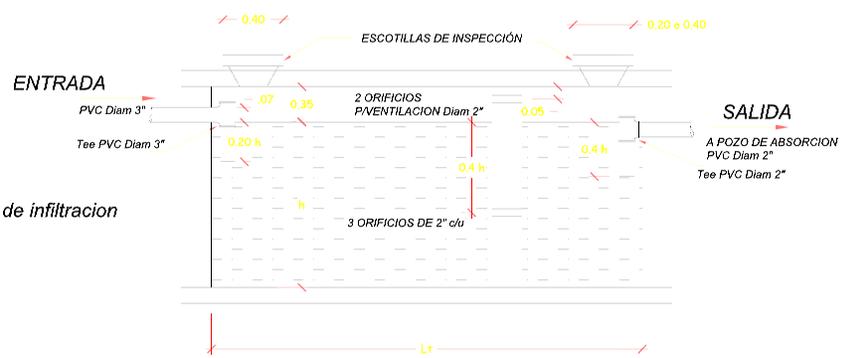
Anexo No. 7, Conectores

SIN ESC

Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION <small>ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE UNIDADES POR VIVIENDAS SANITARIAS</small>			
Contenido: Anexo No. 7, Conectores			
Firma y sello asesor			
Diseño: AC	Calculo: AC	Dibujo: 1/1	
Escala: SIN ESC	Fecha: AGOSTO 2006		



Planta



Sección longitudinal A-A'

FOSAS SEPTICAS TIPICAS DE 2 CAMARAS

Tipo de Fosa Séptica	No de Viv. Por Fosa	Volumen Util (m3)	Cámara 1(L1)	Cámara 2 (L2)	Total (Lt)	Ancho Util A (mts)	Altura Util (h)	0.2 h ms	0.4 h ms
A	1	0.32	0.53	0.23	0.75	0.60	0.70	0.14	0.28
B	2	0.45	0.77	0.33	1.10	0.60	0.70	0.14	0.28
C	3	0.90	0.95	0.41	1.36	0.75	0.90	0.18	0.36
D	4	1.20	1.26	0.54	1.80	0.75	0.90	0.18	0.36
E	5	1.53	1.19	0.51	1.70	0.90	1.00	0.20	0.40
F	6	1.80	1.40	0.60	2.00	0.90	1.00	0.20	0.40
G	8	2.50	1.47	0.63	2.10	1.00	1.20	0.24	0.48
H	10	3.18	1.86	0.80	2.66	1.00	1.20	0.24	0.48
I	12	3.50	1.72	0.74	2.46	1.20	1.20	0.24	0.48
J	15	4.45	2.17	0.93	3.10	1.20	1.20	0.24	0.48

NOTA:
Este tipo de fosa séptica ha sido diseñada exclusivamente para áreas urbanas.

ANEXO No. 8, TABLA DE TAMAÑOS DE FOSA SEPTICAS POR CANTIDAD DE CASAS

SIN ESC

Proyecto:		TRABAJO DE GRADUACION			
Contenido:		Anexo No. 8, Tabla de tamaños de fosa sépticas por cantidad de casas			
Firma y sello asesor					
Diseño:	AC			Calculo:	AC
Escala:	SIN ESC			Fecha:	AGOSTO 2006
		1 / 1			

**ANEXO No. 9, REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE AGUA POTABLE, PARA UN PROYECTO
COMUNITARIO.**

REGLAMENTO PARA EL SERVICION DE AGUA POTABLE

1. DEL SERVICION EN GENERAL
2. DE LAS AGUAS SERVIDAS
3. DE LOS COMITES DE AGUA POTABLE
4. TARIFAS Y COSTOS
5. DISPOSICIONES VARIAS

DEL SERVICIO EN GENERAL

ARTICULO 1o. Las comunidades de _____, son propietarias del sistema integro de abastecimiento de agua potable y de todas las instalaciones.

ARTICULO 2o. Las comunidades a través de su comité respectivo se encargaran de la administración, operación y mantenimiento del servicio de agua potable aplicando el presente reglamento que los usuarios y los miembros del comité quedan encargados y obligados a observar y cumplir correctamente. El comité queda encargado de velar porque el servicio se preste con eficiencia debida y asimismo queda encargado de aplicar al presente reglamento, sin distingos de ninguna naturaleza.

ARTICULO 3o. El comité nombrara el personal adecuado y capaz que tenga bajo su responsabilidad la adecuada operación y mantenimiento del sistema de agua potable y velara porque la recaudación de las tasas derivadas de dicho servicio se haga con la puntualidad debida.

ARTICULO 4o. No se concederán derechos ni servicios a titulo gratuito, a menos que las comunidades en Asamblea General decidan concederlas.

ARTICULO 5o. Cada Servicio de agua beneficiara a una sola familia, por lo que no se aceptara que dos o mas familias utilicen un mismo servicio.

ARTICULO 6o. El servicio de agua solo se destinara para el uso domestico exclusivamente, es decir: para lavar, cocinar, bañarse, etc. por lo que no podrá utilizarse para riego, ni para actividades industriales ni para la venta en cantidad del vital liquido.

ARTICULO 7o. El poseedor de un servicio de agua no podrá venderlo ni negociarlo sin autorización escrita de los comités, previa solicitud por escrito.

ARTICULO 8o. Cualquier servicio de agua que haya cambiado de propietario implica que este ultimo se sujete a lo establecido en el presente reglamento.

ARTICULO 9o. El servicio de agua potable se registrará por un presupuesto elaborado por el comité y aprobado por las comunidades en asambleas generales, el cual podrá ser modificado de acuerdo a las variaciones en los costos de operación.

ARTICULO 10o. El comité únicamente podrá autorizar aquellos servicios de agua aprobados por las comunidades en asambleas generales, tomando en consideración el numero de conexiones asignadas a las comunidades, aspectos técnicos especiales y asignados por cada ramal. Todo servicio que se autorice con las formalidades establecidas, será conectado después del servicio respectivo.

ARTICULO 11o. Se concederán servicios de agua potable, solo a los hijos de quienes hayan trabajado en el Proyecto, hasta después de cinco años de inaugurado el proyecto, bajo las condiciones siguientes:

- a) Que la solicitud presentada sea aprobada por las comunidades de acuerdo al Artículo 10o. del presente reglamento.
- b) Que exista red de distribución de agua frente a la casa donde se desea hacer la instalación del servicio.
- c) que el solicitante manifieste su deseo de suscripción en forma escrita al comité.
- d) El comité pondrá todo lo necesario para la conexión: accesorios, llaves y hasta dos tubos de PVC de media pulgada, si se necesitan mas tubos, el interesado podrá a su costa los restantes.
- e) La forma de pago del derecho de suscripción podrá ser al contado o por amortizaciones, según se especifica en el artículo 29o. del presente reglamento.
- f) Cuando se suscriba el servicio para pagarlo por abonos, deberá firmar un documento donde conste la obligación.
- g) Previamente a que se conecte el servicio, deberá presentar el recibo correspondiente al pago de la primera amortización y de la cantidad de Q._____ por orden de conexión y reconexión.

- h) El formulario debe contener: nombre y apellidos del solicitante, número de cedula de vecindad, estado civil, profesión y oficio, ubicación del inmueble donde se hará la instalación, forma de pago que desea, monto de la suscripción de acuerdo con el plazo escogido, si es propietario o usufructuario del inmueble, lugar y firma del solicitante. Este formulario se hará en duplicado, quedando el original después de resuelto, en la Tesorería del Comité y el duplicado se entregara al suscriptor.
- i) El presidente del Comité solicitara al Tesorero, informe si puede o no concederse el servicio de acuerdo al inciso a) del presente artículo.
- j) Con el informe anterior y al haberse cumplido los incisos f), g) y h), el Presidente del Comité autorizara que se conceda el servicio, en el documento correspondiente cuyo original lo entregara al Tesorero para abrir la cuanta respectiva y el duplicado al suscriptor del servicio.
- k) Al adquirir el derecho a disfrutar del servicio, el suscriptor quedara como responsable de la instalación domiciliaria que comprende lo siguiente: contador con su caja, y caja de llave de paso hasta el chorro. De acuerdo a las indicaciones de los comités, será responsable del buen funcionamiento del servicio y, pagara el valor de las reparaciones o la reposición de materiales y accesorios cuando exista desperfecto de su conexión, ya sea por desgaste o por destrucción causada voluntaria o involuntariamente. El contador tendrá que ser facturado y calibrado por la empresa en donde se ha comprado los demás.
- l) El agua se utilizara a razón de conciencia según se expresa en el artículo 6o. Contra aquellas personas que están utilizando mal el agua o manipulando válvulas se precederá de la siguiente forma: la primera vez se le llamara la atención verbalmente por parte del comité, la segunda vez se le enviara una amonestación escrita y la tercera vez se le cortara el servicio definitivamente, sin posibilidad alguna de conexión y perdiendo el suscriptor todo el derecho de reintegro de las amortizaciones que haya pagado, así como el enganche y jornales invertidos en la ejecución del proyecto.
- m) Al cancelar totalmente la suscripción, recibirá el suscriptor, por parte del tesorero, el título que ampara su derecho al servicio.

ARTICULO 12o. Es obligación de todos los beneficiarios velar por el bienestar de fuentes de agua, como: ríos, quebradas, pozos, además carreteras, caminos vecinales, etc.

- a) Por lo que queda terminantemente prohibido hacer encaminar o tirar las aguas sucias o de desecho a estos lugares
- b) La persona que no acate esta norma quedara sometida a las disposiciones del comité.
- c) Todo usuario deberá acatar debidamente todos los consejos, orientaciones y decisiones que el comité disponga relacionado a la disposición de las aguas negras.

DE LAS FUNCIONES DEL COMITÉ DE AGUA POTABLE DE LAS COMUNIDADES

ARTICULO 13o. Es función específica del comité de Agua Potable cumplir y hacer cumplir el presente Reglamento contando con el apoyo comunal y el auxilio de las autoridades del lugar para hacer efectivas las sanciones adoptadas cuando sea necesario.

ARTICULO 14o. El comité de agua potable debe mantener el buen estado de conservación y funcionamiento de las instalaciones del sistema de agua potable, con el fin de garantizar un servicio adecuado y por otra parte velar porque el agua sea utilizada exclusivamente con fines domésticos según el artículo 6o.

ARTICULO 15o. El comité de agua potable estar sujeto en cuanto a su formación y funcionamiento y, obligación de rendir cuentas a lo que se refiere del Decreto Gubernativo 20-82. La autorización para recaudar fondos a que se refiere dicho decreto, será responsabilidad únicamente del Tesorero del Comité.

ARTICULO 16o. El comité deberá reunirse cada mes para sesiones ordinarias y en forma extraordinaria cuando el Presidente convoque a sesionar o bien cuando sea solicitado por lo menos por tres de sus miembros.

ARTICULO 17o. La administración, operación y mantenimiento del sistema, será responsabilidad del Comité de Agua Potable.

ARTICULO 18o. El comité de agua potable debe informar a las comunidades al final de cada año sobre el estado de cuentas respectivo y demás problemas y soluciones sociales con relación al proyecto. Si transcurridos tres años, el fondo privativo del Comité de agua potable suma una cantidad considerable previa aprobación de las comunidades, los fondos de dos años podrán invertirse en otras obras de beneficio para cada comunidad.

ARTICULO 19o. Son obligaciones de los Tesoreros de los Comités, las siguientes:

- a) Entregar los formularios de solicitud de suscripción de servicio de agua potable, a todas las personas que lo solicite y siempre que sea propietaria, usufructuaria o arrendataria de una casa o predio en el radio de las comunidades, ordenándolos correlativamente en el archivo para futuros tramites.
- b) Deben proporcionar al Presidente del Comité, el informe al que se refiere el inciso h), del artículo 12o.
- c) Tendrán bajo custodia los fondos que ingresan al comité, provenientes del sistema de agua potable, fondos que tienen carácter de privativos, por lo que no deben tomarlos para otro uso.
- d) Cuando cada suscriptor haya cancelado el total del derecho al servicio, le entregaran el titulo correspondiente, el cual previamente deberán registrar en un libro especial para registro de títulos y el control de amortizaciones del préstamo.
- e) Mensualmente informar a los comités sobre los deudores morosos especificando la cantidad que adeuda cada uno y el concepto de la deuda, así como el tiempo que tiene en mora, para que se ordene de inmediato la suspensión del servicio.
- f) Llevará un libro auxiliar de caja que registre los ingresos provenientes del sistema de agua potable y aplicar correctamente tarifas respectivas.
- g) Mantendrá bajo su responsabilidad todos los materiales para la operación y mantenimiento del proyecto. De todo esto llevará inventario detallando las entradas y salidas de materiales según lo disponga el avance del proyecto.
- h) Vaciar información verídica y periódica sobre los pagos mensuales, anuales de cada beneficiario, así como su análisis y precisiones convenientes, en el formulario de control de amortizaciones de control individual.
- i) Extenderá los recibos de pago en las tarjetas de consumo de agua en los talonarios suministrados por la Contraloría de Cuentas. Separadamente y en los mismos extenderá los recibos por reconexión.
- j) Podrá especial cuidado en reportar al Comité a los que tengan acumuladas dos amortizaciones normales del consumo para proceder al corte inmediato del servicio.
- k) Deberá llevar los registros contables completamente al día y en forma clara y ordenada.

DEL FONTANERO

ARTICULO 20o. El fontanero será el responsable del correcto funcionamiento del proyecto de Agua potable, por lo tanto es la única persona que previa autorización del comité, podrá manipular las válvulas, llaves del mismo, así como hacer reparaciones, nuevas conexiones, cortes de servicio y leer los contadores.

ARTICULO 21o. Para optar a este cargo deberán llenar los siguientes requisitos:

- a) Saber leer y escribir
- b) Ser de buenos antecedentes, estar en el goce de sus derechos civiles y contar por lo menos con tres recomendaciones de vecinos honorables.
- c) Tener suficiente conocimiento de plomería y de las partes del sistema y de su funcionamiento.

ARTICULO 22o. Son Obligaciones del Fontanero:

- a) Efectuar las conexiones, cortes y actividades de operación y mantenimiento que ser ordene por escrito el comité, y con la firma del Presidente y del Tesorero, con el sello respectivo.
- b) Reportar por escrito al comité. toda instalación, manejo de válvulas, mal uso del agua o algún desperfecto observado en el sistema para proceder de acuerdo al presente reglamento.
- c) Vigilar todas las instalaciones desde la fuente de captación hasta las instalaciones domiciliarias para comprobar su correcto funcionamiento informando por escrito al comité de cualquier anomalía observada, procediendo a su inmediata reparación y sanción.
- d) Solicitar al Tesorero del Comité herramientas necesarias para cumplir con su función quedando bajo su responsabilidad el cuidado de las mismas.

ARTICULO 23o. El fontanero tendrá derecho a recibir el sueldo que se le asigne en el presupuesto para el servicio de agua potable, aprobado por las comunidades.

TARIFAS Y COSTOS

ARTICULO 24o. De acuerdo con el contrato suscrito por las comunidades, se establecerán tasas según presupuesto para el servicio de agua potable.

- a) Tasa de servicios que corresponde al pago que se hace por el consumo de agua, y que servirá para financiar los diferentes gastos de la operación y el mantenimiento. Dicha tasa podrá ser modificada al aprobarla las comunidades, debido al aumento en los costos de operación.
- b) El costo será cancelado por los usuarios al Tesorero del Comité contra recibo en el lugar que se designe en los primeros cinco días calendario de cada mes.
- c) Por el servicio de reconexión se establecerá una tarifa contra recibo.

ANEXO No. 9, REGLAMENTO DE AYUDA MUTUA, PARA UN PROYECTO COMUNITARIO

1. REGLAMENTO DE AYUDA MUTUA

El presente reglamento tiene la finalidad de normar la participación de los beneficiarios del proyecto de Introducción de Agua, para que el desarrollo del trabajo de ayuda mutua sea efectivo y se cumpla con responsabilidad

2. ORGANIZACIÓN DE LA POBLACION PARTICIPANTE

Para el mejor control, participación y sistematización del trabajo en ayuda mutua, la población participante estará organizada de la siguiente manera:

Asamblea General

Grupos de Trabajo

Coordinadores de Grupos

Comité Pro-introducción de agua potable

Bodeguero

Fontanero (s)

Maestro de Obra

Equipo administrativo, social y técnico de CyD de Guatemala

3. FUNCIONES DE LA POBLACIÓN PARTICIPANTE

Asamblea General. Esta integrada por todos las familias beneficiarias en el proyecto de agua potable.

Sus atribuciones:

- a) Asistir a todas las reuniones programadas por el equipo técnico y social de CyD de Guatemala

- b) Velar porque se cumpla los fines y objetivos plasmados en la ejecución del proyecto
- c) Discutir, analizar y resolver los problemas que se presenten durante la ejecución del proyecto.
- d) Velar porque se apliquen las sanciones contenidas en este reglamento.
- e) Resolver los problemas no previstos en el presente reglamento.

4. GRUPOS DE TRABAJO.

son los equipos de trabajo encargados de la ejecución del proyecto mediante la orientación del Maestro de Obra, el Equipo Social y Técnico de CyD de Guatemala.

Sus funciones son:

- a) Presentarse puntualmente en el lugar de trabajo, según la hora que decida cada comité de cada comunidad.
- b) Presentarse con la herramienta que se le asigne en la cita de trabajo.
- c) si llega después de la hora señalada, no se le recibirá en el trabajo.
- d) No llevar armas de fuego al trabajo.
- e) No ingerir licor ni presentarse en estado de ebriedad al trabajo.
- f) No hacer bromas que ofendan a cualquiera de los integrantes de los grupos.
- g) Responder con empeño a las tareas asignadas por el Maestro de Obra.
- h) Acatar las orientaciones del Maestro de Obra, del fontanero o fontaneros y del coordinador.
- i) Trabajar no individual, sino en equipo tal como lo amerita el trabajo en ayuda mutua.
- j) Reponer su turno de trabajo antes de la siguiente vuelta de trabajo.
- k) Al no reponer su turno en la vuelta asignada, tendrá que reponer 2 por 1.
- l) Si es necesario acampar y dormir en el trabajo, es obligación de los participantes llegar por la tarde para darle salida a los que están en turno.
- m) Después de las 9 de la noche, todos deberán estar descansando, si alguien interrumpe el sueño de lo demás haciendo ruidos o escándalos, se le llamara la atención y se anotara en su ficha de control personal.

- n) A toda persona que de problemas en el trabajo, se le llamara la atención, y se le anotara en su ficha de control.

El coordinador es uno de los miembros electos por cada grupo de trabajo y actuara como responsable del mismo.

Sus atribuciones son:

- a) Supervisar y distribuir las diversas actividades y tareas de su grupo
- b) Mantener una estrecha comunicación con el maestro de Obra.
- c) Velar porque todos los integrantes de su grupo participan de igual forma.
- d) Supervisar que si se usa herramientas de CyD, sea entregada limpia y en buen estado.
- e) Tomar asistencia de los integrantes de su grupo.
- f) Avisar al encargado de asistencia, las inasistencias a las jornadas de trabajo.
- g) Avisar dos (2) días antes a los integrantes de su grupo para que asistan a la jornada de trabajo.
- h) Avisar con anticipación a su grupo para las reuniones generales.
- i) Transmitir a su grupo de trabajo, todas las informaciones y orientaciones que se Irán dando durante la construcción de proyecto.

El comité de Introducción de Agua Potable.

Es el órgano legal, representativo de la comunidad, por lo tanto debe cumplir con las siguiente atribuciones:

- a) Es el responsable directo de velar por el cumplimiento del desarrollo del proyecto.
- b) Debe mantener una estrecha relación con CyD de Guatemala.
- c) Motivar a las familias beneficiarias para que participen activamente en la ejecución de proyecto.
- d) Convocar, invitar y participar a las Asambleas Generales.
- e) Asistir a las reuniones de los coordinadores, y a todos los eventos programados por CyD de Guatemala.

Bodeguero.

Es la persona electa por los integrantes del grupo para cumplir con las siguientes funciones:

- a) Es el encargado de entregar y recibir el material y herramienta a utilizar en la construcción del proyecto.
- b) Comunicar al Maestro de Obra la inexistencia de material.
- c) Llevar el control de ingreso y egreso de material de bodega.

Maestro de Obra.

Es la persona asignada por CyD de Guatemala para que oriente, distribuya y ejecute con la población beneficiaria las tareas de construcción.

Sus obligaciones son:

- a) Permanecer y vivir en la comunidad durante el periodo de ejecución del proyecto.
- b) trabajar 8 horas diarias, durante 22 días, estando obligado a prolongar su horario de trabajo cuando la comunidad lo exija.
- c) Dar a conocer los problemas de tipo social suscitados en el trabajo de Ayuda Mutua al Promotor social.
- d) Establecer y mantener buenas relaciones humanas con los grupos y con la población en general.

Equipo de CyD de Guatemala

Son los encargados de supervisar y orientar todas las actividades que conlleva el proyecto.

**ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE DRENAJES
POR MEDIO DE MODULOS SANITARIOS**

TIPO DE FOSA SEPTICA	No. DE VIVIENDAS POR FOSA SEPTICA	PRECIO POR FOSAS SEPTICAS CONSTRUIDAS IN-SITU	PRECIO POR FOSAS SEPTICAS DE FIBRA DE VIDRIO
		MO Y Materiales	sin instalacion
A	1	Q 428.72	Q 920.00
B	2	Q 570.84	Q 1,040.00
C	3	Q 779.22	Q 1,420.00
D	4	Q 839.60	Q 1,695.00
E	5	Q 942.12	Q 1,885.00
F	6	Q 1,009.83	Q 2,085.00
G	8	Q 1,233.02	Q 2,465.00
H	10	Q 1,450.88	Q 2,930.00
I	12	Q 1,535.13	Q 3,110.00
J	15	Q 1,789.62	Q 3,660.00

**ANEXO No. 10, COMPARACION DE COSTOS DE FOSAS
SEPTICAS DE FIBRA DE VIDRIO Y DE FOSAS SEPTICAS
CONSTRUIDAS IN-SITU**

**ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE DRENAJES
POR MEDIO DE MODULOS SANITARIOS**

TIPO DE FOSA SEPTICA	No. DE VIVIENDAS POR FOSA SEPTICA	PRECIO POR FOSAS SEPTICAS DE FIBRA DE VIDRIO
		sin instalacion y sin transporte
A	1	Q 920.00
B	2	Q 1,040.00
C	3	Q 1,420.00
D	4	Q 1,695.00
E	5	Q 1,885.00
F	6	Q 2,085.00
G	8	Q 2,465.00
H	10	Q 2,930.00
I	12	Q 3,110.00
J	15	Q 3,660.00

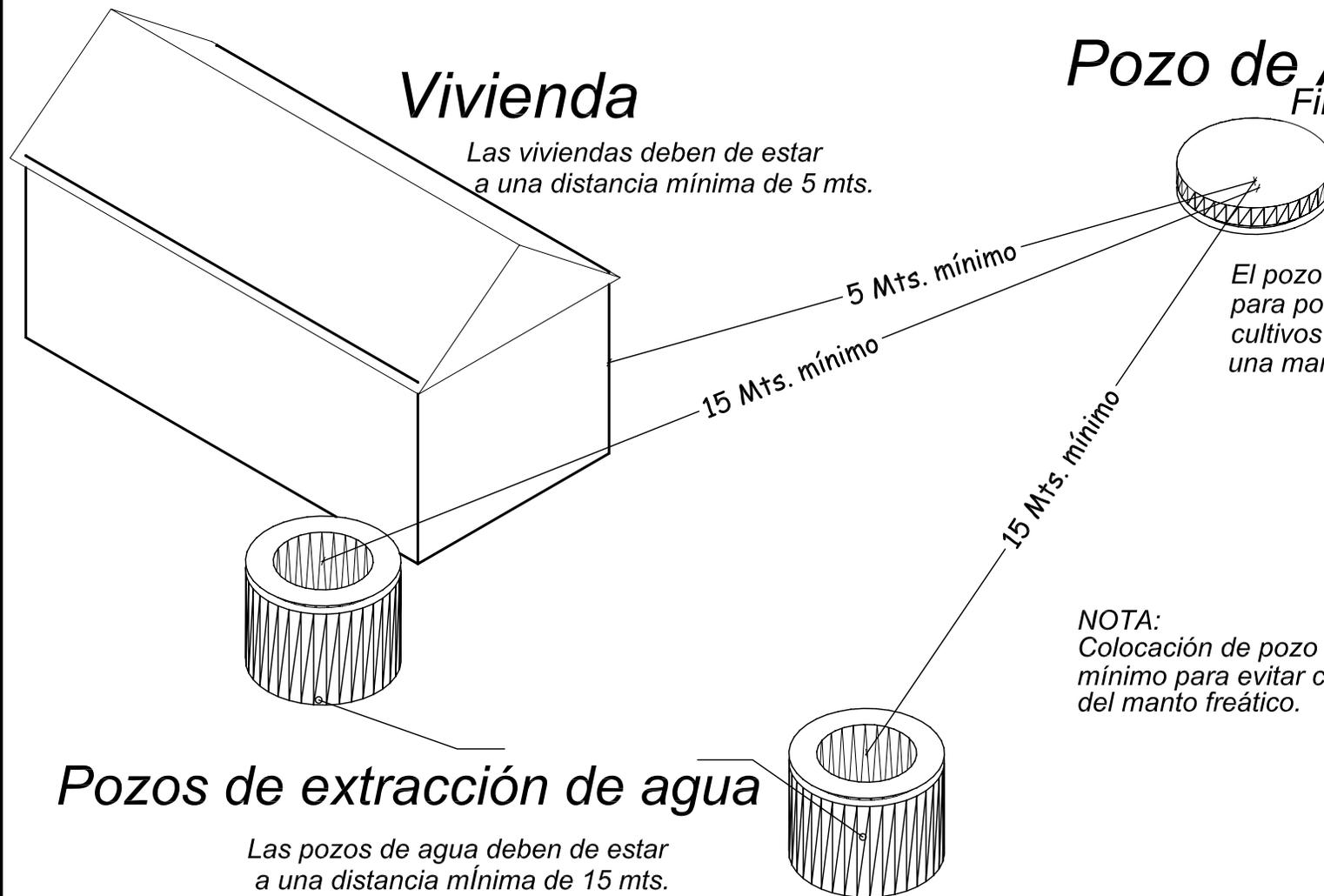
**ANEXO No. 11, TABLA DE PRECIOS DE FOSAS
SEPTICAS DE FIBRA DE VIDRIO**

Vivienda

Las viviendas deben de estar a una distancia mínima de 5 mts.

Pozo de Absorción

Final de Módulo Sanitario



El pozo de absorción puede ir cubierto para poder sembrar algunos cultivos livianos sobre él, dejando una marca para poder ubicarlo.

NOTA:
Colocación de pozo de absorción mínimo para evitar contaminaciones del manto freático.

Pozos de extracción de agua

Las pozos de agua deben de estar a una distancia mínima de 15 mts.

Anexo No. 12

Ubicación de Pozos de Absorción

Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION <small>ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE DISEÑOS POR MEDIO DE HOMOLOGACIONES</small>			
Contenido: Anexo. No. 12, Ubicación de Pozos de Absorción			
Firma y sello de Asesor			
Diseño: AC	Calculó: AC	Dibujó: 1/1	
Escala: SIN ESC	Fecha: AGOSTO 2006	1/1	

SIN ESC