Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

MMAyA
Ministerio de Medio Ambiente y Agua

GUÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CÁMARAS SÉPTICAS Y SISTEMAS DE INFILTRACIÓN A NIVEL DOMICILIARIO

Mejora el saneamiento
Mejora la vida

Guía para la Construcción de Cámaras Sépticas y Sistemas de Infiltración a Nivel Domiciliario

Autor: Humberto Cáceres Magnus

Diseño Gráfico: Diego Espinatto

Ilustraciones: Shady Khouri

Producido para la Iniciativa Piloto para la Gestión de Lodos Fecales Domiciliarios en el Área Periurbana de la Ciudad de Santa Cruz. La elaboración y reproducción de la Guía fue posible bajo el auspicio y financiamiento del Banco Mundial en Bolivia.

Todas las ilustraciones y cuadros de la Guía son de elaboración propia del autor y el equipo de diseño gráfico.

Es posible su reproducción parcial para fines de capacitación o investigación haciendo referencia a la fuente. No está permitida su reproducción parcial ni total para fines comerciales.

Impreso en Bolivia

La Paz, agosto 2018

PRESENTACIÓN

La Guía de Construcción de Cámaras Sépticas y Sistemas de Infiltración a nivel domiciliario es respuesta a las investigaciones sobre las soluciones sanitarias *in situ* de la Iniciativa Piloto para la Gestión de los Lodos Fecales Domiciliarios del Área Periurbana de la Ciudad de Santa Cruz, proyecto que se ha desarrollado con el liderazgo del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, la Autoridad de Fiscalización y Control Social del Agua y Saneamiento Básico, el Gobierno Departamental de Santa Cruz, el Gobierno Municipal de Santa Cruz, SAGUAPAC, COOPAGUAS, ADELTAR y, la asistencia técnica y financiera de la Cooperación Alemana al Desarrollo y el Banco Mundial.

En Bolivia las redes de alcantarillado sanitario no se construyen en la misma proporción que el crecimiento de los asentamientos humanos urbanos, es por ello que serán necesarios aún varios años para que las metas de cobertura alcancen proporciones importantes, mientras tanto, es necesario considerar alguna solución *in situ* que permita el saneamiento de las viviendas de forma ambientalmente sostenible.

De las soluciones de saneamiento *in situ* existentes en Santa Cruz, se ha identificado que existen cuatro tipos de soluciones de saneamiento *in situ* más comunes: letrinas, pozos ciegos, cámaras de infiltración y el sistema cámara séptica y pozo de absorción. Éste último, es el único que permite un tratamiento primario de las aguas residuales antes de su descarga al subsuelo. Sin embargo, deben hacerse esfuerzos importantes para que los usuarios realicen un mantenimiento correcto y oportuno.

La presente Guía se ha desarrollado pensando en los constructores, ya sean albañiles, técnicos o profesionales inmersos en la construcción de viviendas, que requieren orientación de las características técnicas que deben cumplir las cámaras sépticas y sistemas de infiltración a nivel domiciliario unifamiliar, previniéndose que los sistemas de saneamiento para urbanizaciones multifamiliares, industrias, establecimientos educativos, de salud y comerciales; deben ser diseñados por ingenieros sanitarios autorizados..

La Guía es un esfuerzo de normar técnicamente la construcción de este tipo de sistemas a nivel domiciliario de parte de las autoridades ambientales y municipales, para lograr mejorar la calidad de vida de los habitantes, pero también, para la protección de los recursos hídricos subterráneos los cuales son explotados para el suministro de agua a la ciudad de Santa Cruz y ciudades de condiciones similares.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS 6

1 LA PROBLEMÁTICA DEL SANEAMIENTO 8

2 ¿CÓMO EVITAR QUE LAS EXCRETAS CONTAMINEN EL MEDIO AMBIENTE? 10

3 LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA 14

3.1 La cámara séptica 14

3.1.1 Partes de una cámara séptica 14

3.1.2 Cómo funciona la cámara séptica 16

3.2 El filtro biológico anaeróbico 18

3.2.1 Partes del filtro biológico anaeróbico 18

3.2.2 ¿Cómo trabaja el filtro biológico anaeróbico? 19

3.3 El pozo de absorción 20

3.3.1 Partes del pozo de absorción 20

3.2.2 ¿Cómo funciona el pozo de absorción? 21

3.4 Las zanjas de infiltración 22

3.3.1 Partes de las zanjas de infiltración 22

3.2.2 ¿Cómo funcionan las zanjas de infiltración? 23

3.5 Incorporación de una cámara de inspección 24

4 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA SÉPTICA Y LOS SISTEMAS DE INFILTRACIÓN 25

4.1 Dimensionamiento de la cámara séptica 25

4.2 Dimensionamiento del pozo de absorción 26

4.3 Dimensionamiento de las zanjas de infiltración 28

4.4 Dimensionamiento de la cámara de inspección y filtro biológico anaeróbico 29

4.5 Dimensionamiento de la cámara-filtro de distribución 29

5 LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE LA CÁMARA SÉPTICA Y LOS SISTEMAS DE INFILTRACIÓN 30

6	CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA SÉPTICA		33
	6.1	Excavación y Nivelación	33
	6.2	Vaciado de la losa de fondo sobre ladrillo adobito	34
	6.3	Construcción de paredes y pantalla	36
	6.4	Vaciado de la losa superior	40
	6.5	Instalación de tuberías y accesorios de limpieza e inspección	46
7	CONSTRUCCIÓN DEL POZO DE ABSORCIÓN		47
	7.1	Excavación del pozo de absorción	47
	7.2	Construcción de paredes de ladrillo adobito (alternativa 1)	48
	7.3	Construcción con anillas de concreto (alternativa 2)	49
	7.4	Vaciado de la losa superior	50
8	CONSTRUCCIÓN DE LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN		53
	8.1	Excavación para las zanjas de infiltración	53
	8.2	Colocado de piedra	53
	8.3	Instalación de la geomembrana y reposición del terreno	54
9	CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE INSPECCIÓN		55
	9.1	Excavación para la cámara de inspección	55
	9.2	Construcción de paredes y fondo de la cámara (Alternativa 1)	56
	9.3	Instalación de cámara prefabricada (Alternativa 2)	56
	9.4	Instalación de tuberías, construcción de canales y revoque interior	57
	9.5	Fabricación de la tapa	58
10	CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO BIOLÓGICO HORIZONTAL		59
11	CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA-FILTRO DE DISTRIBUCIÓN		59
ANEXO			60

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de las cámaras sépticas por número de habitantes 25
Tabla 2. Dimensionamiento de los Pozos de Absorción por número de habitantes 27
Tabla 3. Dimensiones de la zanjas de infiltración por el número de habitantes para las características generales del suelo en Santa Cruz 28
Tabla 4. Dimensiones de las platabandas en función al tipo de Cámara Séptica 41
Cámara séptica tipo 1, tipo 2, tipo 3 43
Cámara séptica tipo 4, tipo 5, tipo 6 44
Tabla 5. Planilla de fierros para la armadura de la losa tapa del pozo de absorción 52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Personas del área urbana en Bolivia sin acceso al alcantarillado sanitario 9
Figura 2. Soluciones de Saneamiento *In Situ* más empleadas en la Ciudad de Santa Cruz 10
Figura 3. Sistema cámara séptica, filtro biológico anaeróbico y pozo de absorción 12
Figura 4. Sistema cámara séptica, cámara - filtro de distribución y zanjas de infiltración 13
Figura 5. Partes de la Cámara Séptica 14
Figura 6. Dimensiones típicas para los accesorios y elementos menores de la cámara séptica 15
Figura 7. Proceso físico de sedimentación de las partículas en suspensión. Los elementos más pesados forman los lodos. 16
Figura 8. Representación de las bacterias que descomponen la materia orgánica. 17
Figura 9: Proceso físico de flotación de grasas, aceites y partículas livianas. Los elementos más livianos forman las natas y espumas. 17
Figura 10: Filtro biológico anaeróbico 18
Figura 11: Partes de un pozo de absorción con paredes de ladrillo adobito típico en el oriente boliviano. 20
Figura 12: Representación gráfica de los fenómenos de absorción e infiltración del suelo. 21
Figura 13: Vista en planta, partes de las Zanjas de Infiltración 22
Figura 14: Cámara de distribución para 2, 3 o 4 zanjas de infiltración 23
Figura 15: Detalle del fenómeno de infiltración 24
Figura 16: Nomenclatura de dimensiones para las cámaras sépticas 26
Figura 17: Nomenclatura de las dimensiones para los pozos de absorción 27
Figura 18: Nomenclatura de las dimensiones de las zanjas de infiltración 28
Figura 19: Dimensiones de la Cámara de Inspección 29
Figura 20: Dimensiones sugeridas para la Cámara-Filtro de Distribución.
Figura 21: Vista en planta de la disposición de la cámara séptica, el filtro biológico anaeróbico, el pozo de absorción, la cámara de inspección y trampa de grasas (ejemplo). 30
Figura 22: Replanteo de la cámara séptica, filtro biológico anaeróbico y el pozo de absorción 31

Figura 23: Replanteo del pozo de absorción trazando un círculo en el suelo 32
Figura 24: Proceso de excavación, tomando una línea de referencia sobre una pared o estructura fija para el control de profundidad y nivelación 33
Figura 25: Vaciado del piso empleando maestras de nivelación 34
Figura 26: Preparación del emparrillado con fierro de construcción para la base del tanque séptico 35
Figura 27: Vaciado del piso sobre el emparrillado. La pendiente debe estar orientada al centro del Compartimiento 1. 36
Figura 28: Disposición de los ladrillos para formar una pared de "soguillo" 37
Figura 29: Las paredes de ladrillo adobito deben entrecruzarse en las esquinas para mejorar su resistencia. 38
Figura 30: Detalles de la construcción de la pantalla de la cámara séptica. 38
Figura 31: Impermeabilización del interior de la cámara con un revoque con hidrófugo. 39
Figura 32: Nomenclatura de las dimensiones de una platabanda 40
Figura 33: Detalle de la disposición de los fierros de construcción 42
Figura 34: Detalle de los accesos de limpieza en las platabandas 45
Figura 35: Detalle de la tubería de ventilación desde la cámara séptica. 46
Figura 36: Detalle de la construcción del pozo de absorción 47
Figura 37: Detalle constructivo de las paredes del pozo de absorción 48
Figura 38: Detalle de la construcción del pozo de absorción con anillas de concreto 50
Figura 39: Detalle de las armaduras de fierro de construcción para la losa tapa del pozo de absorción 51
Figura 40: Detalles constructivos y dimensiones típicas de las zanjas de infiltración. 53
Figura 41: Detalle de la tubería de drenaje ranurada 54
Figura 42: Instalación de la cámara de inspección prefabricada 57
Figura 43: Detalles de los canales de la cámara de inspección 58
Figura 44. Detalle de la tapa para la cámara de inspección 58
Figura 45. Detalles constructivos de la cámara-filtro de distribución 59

ACRÓNIMOS

AAPS	Autoridad en Fiscalización y Control Social del Agua Potable y Saneamiento Básico
ETRL	Empresa de Transporte y Recolección de Lodos Fecales
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PVC	Policloruro de Vinilo
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia)

1 LA PROBLEMÁTICA DEL SANEAMIENTO

Los seres humanos somos individuos que nos caracterizamos por ser racionales, sociales y con pleno discernimiento de nuestras capacidades, pensamientos y actitudes. La historia muestra que a lo largo de la evolución de las diferentes culturas en el mundo, prácticamente todos buscábamos compartir nuestras actividades y espacios de forma común por afinidad, protección y desarrollo. Esta relación fue constituyendo comunidades y, más adelante, ciudades como las conocemos hoy.

Dentro de las pocas características comunes que tienen todas las comunidades a lo largo del mundo y de las épocas, son sus necesidades fisiológicas. Los seres humanos necesitamos ingerir agua y otros alimentos para nuestra supervivencia y desarrollo; pero también producto de esta ingestión, producimos excretas – las heces fecales y orina – que evacuamos de nuestros cuerpos de forma diaria.

Estas necesidades han llevado a los diseñadores y constructores de ciudades a pensar soluciones para la dotación de agua para consumo humano y analizar tecnologías para la disposición de las excretas. Aspectos que aún hoy en día se siguen estudiando y creando.

Mientras los seres humanos vivíamos de forma dispersa y en hábitats naturales, el agua era obtenida de fuentes naturales y la disposición de excretas era realizada a campo abierto, pero con el crecer de las comunidades fue necesario la construcción de límites que conformen espacios cerrados para la disposición de excretas, por aspectos relativos al pudor, la seguridad y la privacidad.

Para la mayoría de los ciudadanos de tan sólo un siglo atrás, era común la disposición de excretas en terrenos cercados o letrinas rústicas que poseían un hoyo en la parte inferior, la que conocemos hoy como letrina seca.

Curiosamente, la historia muestra que, en diferentes culturas, los ciudadanos buscaron solucionar la eliminación de las excretas empleando el agua como medio de transporte. Este hecho estaba asociado a los nuevos hábitos de lavado corporal, que no sólo consistían en un lavado superficial, sino en "bañarse" completamente el cuerpo, aspecto que producía un volumen mayor de aguas servidas. Justamente de esta práctica conocemos hoy como "baño" al espacio destinado para nuestro aseo y necesidades fisiológicas.

El empleo de agua en el aseo personal, motivó la construcción de canales que luego se transformaron en tuberías dando lugar a lo que actualmente conocemos como alcantarillas o redes de alcantarillado. El empleo del alcantarillado sanitario convencional que hoy se aprecian en las ciudades grandes empezó a finales del Siglo XIX y ha ido evolucionando y creciendo alrededor del mundo, pero aún falta mucho por hacer. El Programa Conjunto de Monitoreo de UNICEF y la Organización Mundial de la Salud, estiman que 2.300 millones de personas alrededor del mundo no tienen acceso a servicios básicos de saneamiento, es decir, un 30% de la población mundial carece de baños apropiados o una letrina mejorada[1]. De esa población se estima que 892 millones de personas defecan al aire libre.

Para el año 2017, se estimó que en Bolivia 3 de cada 10 personas del área urbana NO tenían alcantarillado, como se ilustra en la Figura 1. Es probable que aún no lo vayan a tener en varios años más pues, las inversiones que se requieren son altas y no van de acuerdo al crecimiento poblacional. Como se muestra en la Figura 1.

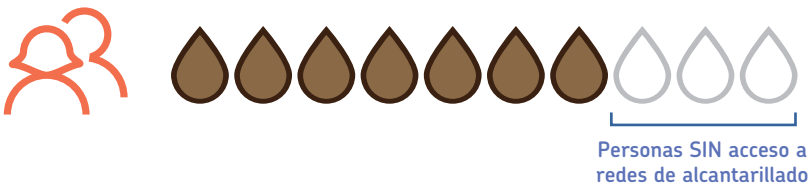


Figura 1. Personas del área urbana en Bolivia sin acceso al alcantarillado sanitario.

Mientras no se construya el alcantarillado, una de las alternativas es mejorar las soluciones de saneamiento *in situ* que existen en las áreas periurbanas de nuestras ciudades, de esta forma se lograría mejorar las condiciones sanitarias de las familias y proteger el medio ambiente.

1. UNICEF – Organización Mundial de la Salud (2017). "Progresos en Materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y evaluación de los ODS".

2 ¿CÓMO EVITAR QUE LAS EXCRETAS CONTAMINEN EL MEDIO AMBIENTE?

Los estudios realizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua con el apoyo del Banco Mundial y la Agencia Alemana de Cooperación al Desarrollo (GIZ) durante el periodo 2012 – 2018, encontraron que en las áreas donde no existe alcantarillado sanitario en la Ciudad de Santa Cruz, existen 4 tipos de soluciones de saneamiento *in situ* más comunes, estas se presentan en la Figura 2.

Solución de saneamiento *in situ* es un término que engloba a todos los tipos de infraestructura sanitaria destinados a la disposición de las excretas humanas, heces y orina, que no están conectados a una red pública de alcantarillado. Son construcciones que permiten el almacenamiento y/o la disposición final de las excretas en el mismo lugar de su generación.

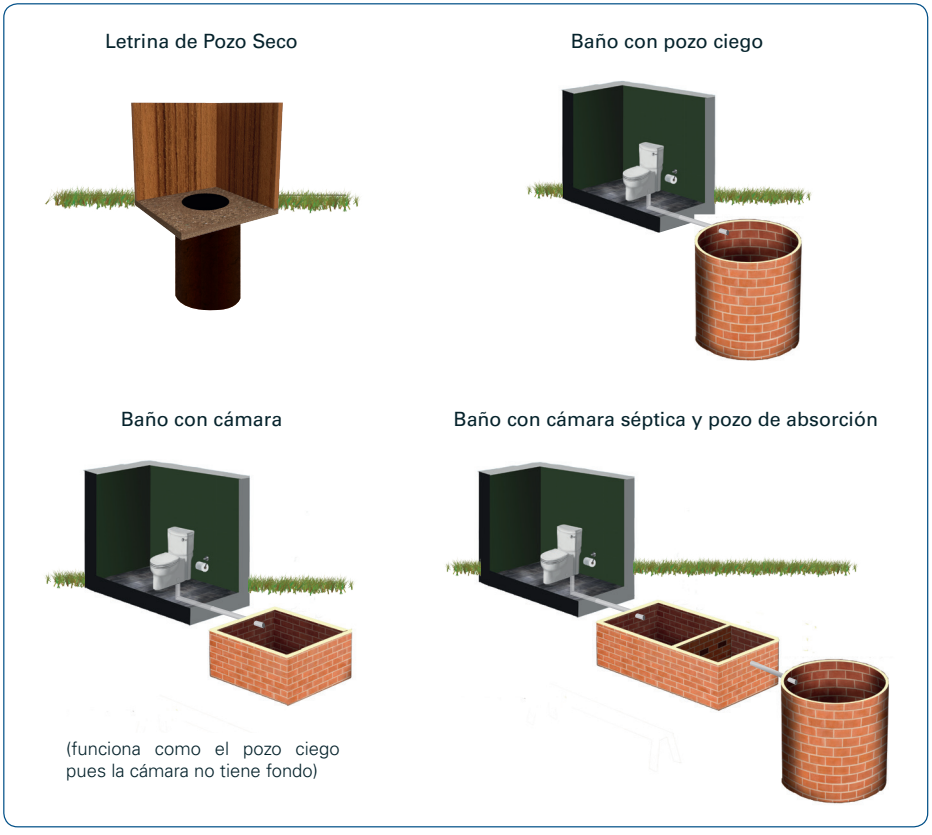


Figura 2. Las soluciones de Saneamiento In Situ más empleadas en la Ciudad de Santa Cruz.

Todas estas alternativas conducen a que las heces fecales, orina y/o aguas de la cocina se infiltren en el subsuelo contaminando el agua subterránea. Los estudios desarrollados por el British Geological Survey[2] y el Banco Mundial[3] sobre contaminación de los acuíferos en el municipio de Santa Cruz de la Sierra, mostraron que el agua subterránea está contaminada hasta los 45 metros de profundidad con nitratos y cloruros provenientes de las diversas soluciones de saneamiento *in situ*. Por eso, las empresas proveedoras del servicio de agua potable en Santa Cruz extraen agua de pozos con profundidades mayores a los 100 metros donde existe otro acuífero no contaminado. Sin embargo, hasta que toda la población disponga de alcantarillado sanitario, es necesario adoptar una tecnología de saneamiento que reduzca las infiltraciones de contaminantes en el subsuelo y; concientizar a los habitantes de la ciudad, para que adopten estas nuevas tecnologías y realicen un mantenimiento preventivo periódico para evitar la contaminación del agua subterránea.

El análisis de los tipos de saneamiento *in situ* que se emplean en Santa Cruz y están presentados en la Figura 2, muestra que si bien la letrina no emplea agua y probablemente sea la que menos contamina el subsuelo, pero es la menos empleada por la población porque es necesario cambiar de lugar la estructura cuando se llena el pozo y es la menos confortable de las opciones. Las opciones con pozo ciego y cámara simple, descargan las excretas y aguas servidas directamente al subsuelo contaminando el agua subterránea. La cuarta opción: baño con cámara séptica y pozo de absorción, contamina menos que las opciones 2 y 3, porque en la cámara séptica se produce un tratamiento "primario", que consiste en que las heces y otros elementos orgánicos se sedimentan, biodegradan y se almacenan como lodo fecal.

Para reducir substancialmente la contaminación de los acuíferos, esta Guía se ha enfocado en la optimización de un sistema basado en el empleo de la cámara séptica y dos opciones de infiltración del agua residual tratada, estas son:

Opción 1: Sistema compuesto por: cámara séptica, filtro biológico anaeróbico de flujo horizontal y pozo de absorción

Opción 2: Sistema compuesto por: cámara séptica, cámara-filtro de distribución y zanjas de infiltración.

La Opción 1 se ilustra en la Figura 3, y la opción 2 en la Figura 4.

2 Gooddy D.C. et.al. (1997). Assessment of Pollution Risk to Deep Aquifers from Urban Wastewaters: Santa Cruz Data Report. United Kingdom Department for International Development.

3 Foster S. et.al. (1998). Las aguas subterráneas en el desarrollo urbano. Evaluación de las necesidades de gestión y formulación de estrategias. Banco Mundial.

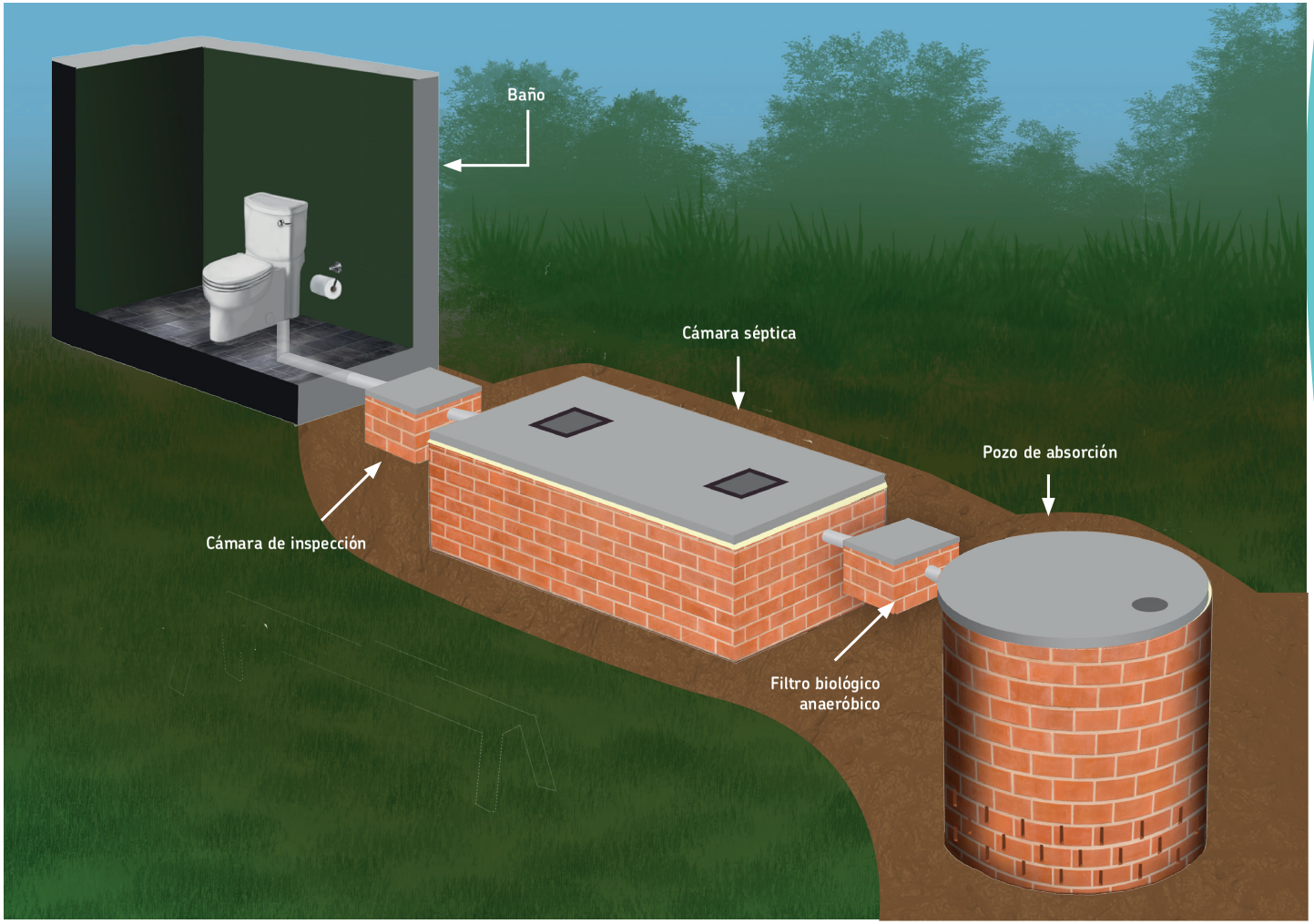


Figura 3. Sistema cámara séptica, filtro biológico y pozo de absorción.

Este sistema, si se construye con normas técnicas adecuadas y, su mantenimiento es periódico, permitirá alcanzar un tratamiento primario del agua residual y disminuirá substancialmente la contaminación del agua subterránea.

El sistema de saneamiento con pozo de absorción puede trabajar bien cuando el nivel freático es igual o mayor a 4 metros y, para la disposición de agua de los inodoros y cocina, sin embargo, se aconseja que el agua de la ducha y lavandería sea evacuada directamente al jardín o hacia la calle para lograr un buen rendimiento del sistema en su conjunto.

Cuando el nivel del agua subterránea está muy próximo a la superficie – menor a 4 metros – no se aconseja el uso de pozos de absorción, sino el empleo de zanjas de infiltración. Esta solución es la más aconsejable para las condiciones hidrogeológicas de la mancha urbana de Santa Cruz, aunque requiere un terreno de mayor superficie que el pozo de absorción. En la Figura 4 se muestra el sistema cámara séptica y zanjas de infiltración.

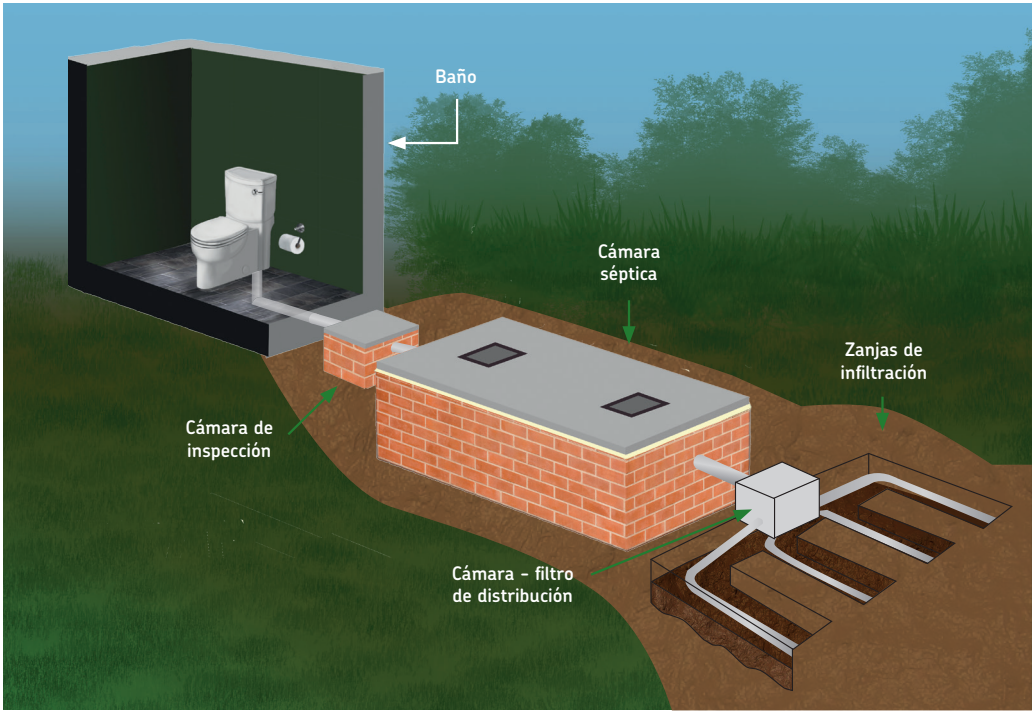


Figura 4. Sistema cámara séptica, cámara filtro de distribución y zanjas de infiltración CRECER.

3 LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

3.1 LA CÁMARA SÉPTICA

La cámara séptica es una estructura que permite el tratamiento básico de las aguas residuales de las viviendas. Está destinado a remover los sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales y acumularlos para su biodigestión.

3.1.1 Partes de una cámara séptica

La forma de las cámaras sépticas ha cambiado con el tiempo, sin embargo, la estructura física que ha dado buen resultado para lograr una alta tasa de sedimentación y una buena biodigestión, es aquella que cuenta con dos compartimientos separados por una pantalla; además de accesorios en forma de "T" a la entrada y salida del agua como se muestra en la Figura 5.

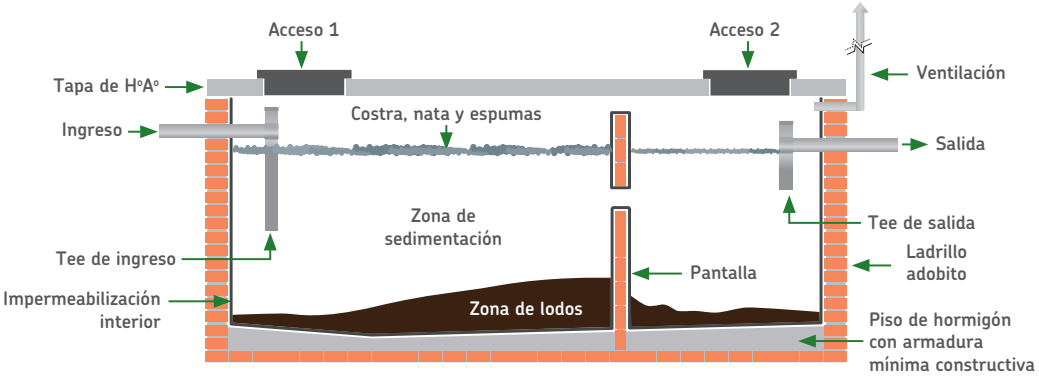


Figura 5. Partes de la Cámara Séptica.

Las cámaras sépticas de doble compartimiento han demostrado ser más eficientes que la de un solo compartimiento[4]. En ambos compartimientos suceden procesos de sedimentación, digestión anaeróbica y flotación. En la parte central existe la zona de sedimentación, lugar donde las partículas caen por su propio peso. En la parte inferior se forman los lodos de materia orgánica

4 "Manual de Fosas Sépticas". U.S. Department of Health, Education and Welfare. Public Health Service. Editado en español para: Centro Regional de Ayuda Técnica – Agencia para el Desarrollo Internacional. 1975. México/Buenos Aires.

que son consumidos por las bacterias anaeróbicas y en la parte superior se forman espumas o natas compuestas por grasas y aceites más livianos que el agua.

La Pantalla cumple tres funciones:

i. bloquea el paso de los lodos formados por materia sedimentada proveniente del primer compartimento;
ii. optimiza el rendimiento de la cámara, pues permite la sedimentación de la materia orgánica y sólidos suspendidos sedimentables en el segundo compartimiento; y,
iii. retiene las natas del primer compartimento que se caracterizan por ser más pesadas y densas que las del segundo compartimento.

La capacidad de cada cámara séptica depende del número de personas para las cuales servirá, sin embargo algunas dimensiones y partes de los accesorios son comunes para todas las cámaras de uso domiciliario. En la Figura 6 se presentan algunas dimensiones típicas.

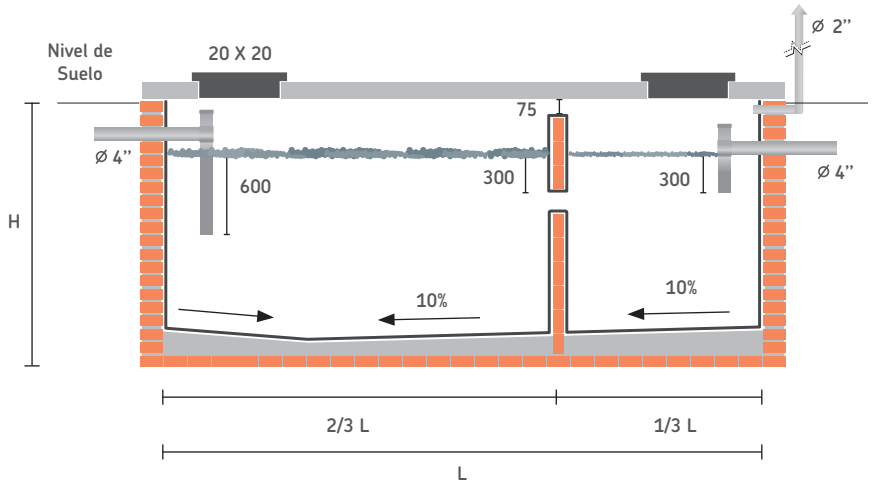


Figura 6. Dimensiones típicas para los accesorios y elementos menores de la cámara séptica.

La tubería de ingreso dispone de una "T" de PVC para direccionar el agua hacia abajo y, la tubería de salida, está localizada 7,5 a 10 cm más abajo del nivel de ingreso para permitir la evacuación del agua. También dispone de una "T" de PVC para evitar que las natas salgan de la cámara. Ambas "T" permiten

además la limpieza de las tuberías de ingreso y salida mediante un proceso de "chuseado" desde las tapas de acceso a las cámaras.

Asimismo y por encima de la "T" del segundo compartimento, debe disponerse una tubería de 2" que sirve de ventilación de los gases que se forman en la cámara de sedimentación. Se recomienda que esta tubería se extienda por encima del nivel de tránsito de las personas para evitar la generación de olores nocivos en el área circundante.

Las cámaras de doble compartimiento deben estar provistas de dos accesos con tapa sellada, como se observa en la figura, que solamente se abrirán para fines de limpieza. Estos accesos deben permitir el ingreso de una manguera de 4" de diámetro.

Las cámaras sépticas se construyen de diferentes materiales; las paredes pueden ser de: mampostería de piedra, mampostería de ladrillo, hormigón armado, hormigón ciclópeo y materiales prefabricados (hormigón, fibra de cemento y PVC). En casi todos los casos la losa-tapa se construye con hormigón armado.

3.1.2 Cómo funciona una cámara séptica

Dentro de una cámara séptica se producen tres fenómenos importantes: sedimentación, digestión anaeróbica y flotación de grasas.

La Sedimentación consiste en un fenómeno físico por el cual las partículas que tienen un peso mayor al agua se sedimentarán al fondo de la cámara. En la figura se puede observar que las partículas (heces, residuos de comida, otros) "caerán" más rápidamente si son más pesadas y se depositarán en el fondo de la cámara formando un lodo, como se observa en la Figura 7.

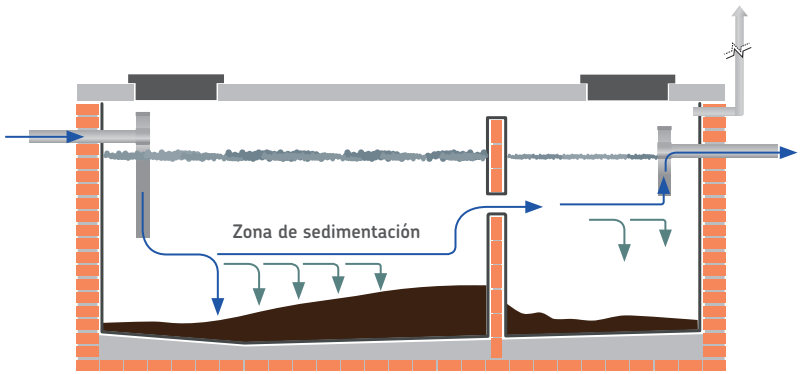


Figura 7. Proceso físico de sedimentación de las partículas en suspensión. Los elementos más pesados forman los lodos.

La **Digestión Anaeróbica** (o biodigestión anaeróbica) es un proceso biológico mediante el cual las bacterias anaeróbicas consumen la materia orgánica contenida en el agua residual. Se denomina anaeróbico cuando no existe presencia de oxígeno y, se llama materia orgánica, a todas las substancias de procedencia biológica como las heces fecales, la orina, la sangre, los vegetales, las carnes animales, etc.

En otras palabras las bacterias "comen" las substancias orgánicas que están en el agua y la descomponen en minerales, agua y gases (metano y dióxido de carbono). En la Figura 8 se ilustra simbólicamente este proceso.

La **Flotación** es un proceso físico a través del cual las grasas y aceites del aseo personal y de la preparación de alimentos, se mueven a la parte superior de la cámara formando una "nata" o "costra" que flota sobre el agua residual, como se observa en la Figura 9.

Figura 8. Representación de las bacterias que descomponen la materia orgánica.

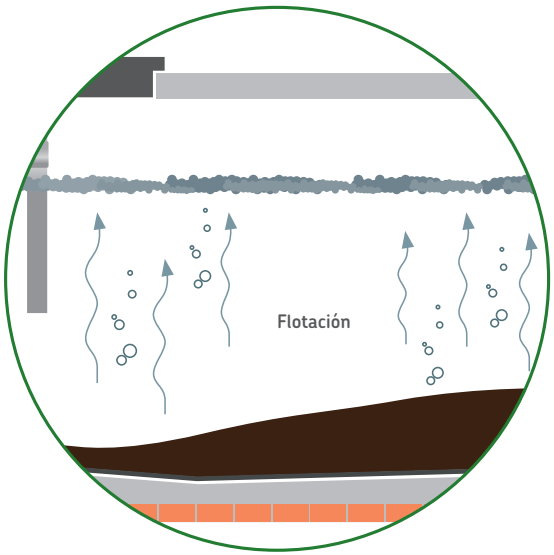


Figura 9: Proceso físico de flotación de grasas, aceites y partículas livianas. Los elementos más livianos forman las natas y espumas.

3.2 EL FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBICO

Una de las medidas complementarias para mejorar la eficiencia de las cámaras sépticas es la incorporación de un filtro biológico anaeróbico de flujo horizontal. Este filtro cumple dos tareas: filtra partículas y natas grandes que podrían ser arrastradas de la cámara séptica y, también mejora la depuración del agua residual porque se produce digestión anaeróbica complementaria.

3.2.1 Partes del filtro biológico anaeróbico

El filtro biológico anaeróbico de flujo horizontal se sitúa a la salida de la cámara séptica y consiste en una cámara cuyas dimensiones interiores mínimas son 60 cm x 60 cm x 80 cm (ancho, largo, profundidad). Se construye con ladrillo adobito o es prefabricada en hormigón armado. En su interior se colocan grava de 1" a 2" para que se produzca una filtración lenta pero continua. En la Figura 10 se muestra las partes de un filtro biológico anaeróbico simple.

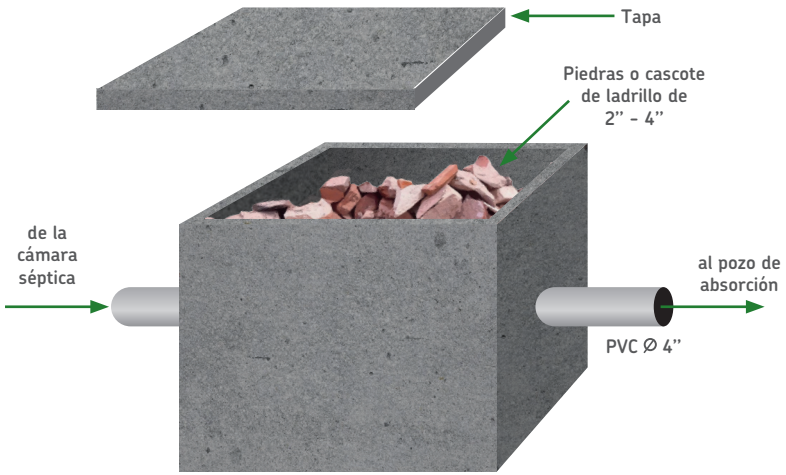


Figura 10: Filtro biológico anaeróbico.

3.2.2 ¿Cómo trabaja el filtro biológico anaeróbico?

El Filtro biológico anaeróbico de flujo horizontal tiene dos funciones principales:

Depuración del agua residual. Se forma una biopelícula de bacterias anaeróbicas que permite mejorar la depuración del agua residual antes de pasar al pozo de absorción. Esta biopelícula consume una parte adicional de la materia orgánica disuelta que se encuentra en el agua residual que sale del tanque séptico.

Filtración. El filtro biológico también cumple con una acción preventiva pues filtra todas las partículas grandes y natas que pueden ser arrastradas de la cámara séptica e impide su paso al pozo de absorción. En alguna ocasión, será necesario limpiar el filtro porque las partículas lo obstruyen. Para la limpieza, se retira la grava con ayuda de una pala y se lava con un chorro de agua a presión. Luego se repone la misma grava en la cámara del filtro.

3.3 EL POZO DE ABSORCIÓN

Es una estructura excavada en el suelo que permite la absorción del agua residual tratada hacia el subsuelo y debe ser construida a continuación del filtro biológico. El pozo de absorción es adecuado para localizaciones donde el nivel freático está a mayor profundidad de los 4 metros y existe alguna capa de suelo semi-impermeable que evite que el agua residual contamine el acuífero.

3.3.1 PARTES DEL POZO DE ABSORCIÓN

Los pozos de absorción, en su generalidad son de forma circular y pueden o no llevar revestimiento, dependiendo de la calidad del terreno. Cuando el terreno no es muy sólido conviene revestir las paredes del pozo, para lo cual se emplea: mampostería de ladrillo, mampostería de piedra, anillas de concreto, ferrocemento o turriles metálicos. En la Figura 11 se expone un pozo de absorción con paredes de ladrillo adobito, característicos de la zona oriental en Bolivia.

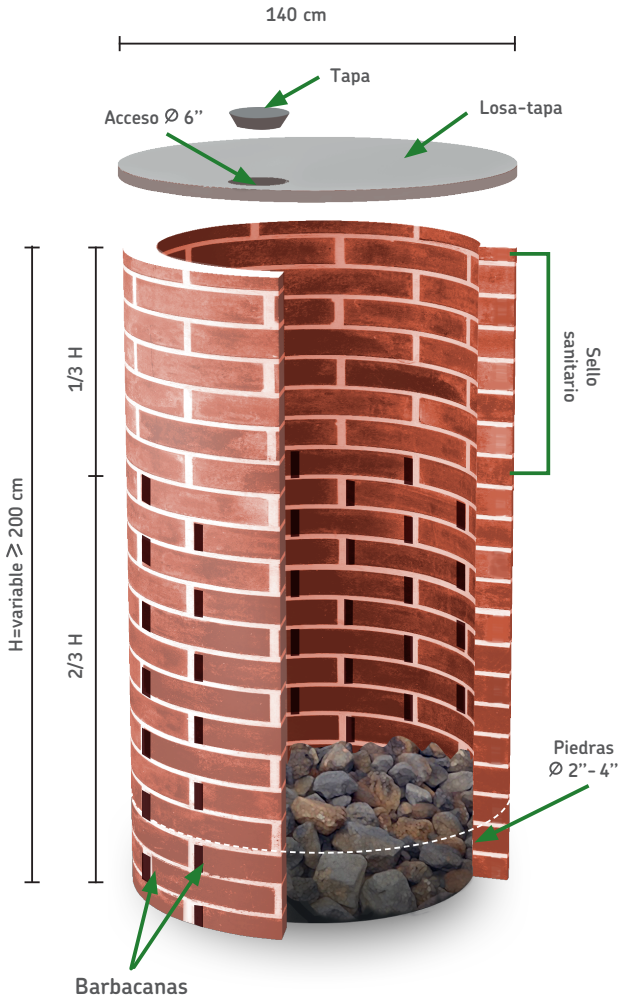


Figura 11: Partes de un pozo de absorción con paredes de ladrillo adobito típico en el oriente boliviano.

El pozo de absorción está compuesto por:

- Un hueco excavado en el suelo de aproximadamente 1,40 m de diámetro y entre 2 y 4 metros de profundidad, dependiendo de la calidad del terreno y el nivel freático del agua subterránea.
- Una losa-tapa de hormigón armado de una sola pieza, posee un acceso para la limpieza en caso de colmatación excesiva.
- Paredes de mampostería que, en la parte superior, se denomina sello sanitario pues son paredes impermeables para evitar el ingreso del agua superficial; mientras que, en los dos tercios inferiores cuentan con aberturas, llamadas barbacanas, para permitir la infiltración del agua.
- La parte inferior del pozo no lleva revestimiento. Conviene colocar dos camadas de piedra de 2 a 4 pulgadas de diámetro. Estas piedras tienen dos funciones: i) alrededor de ellas se forma una biopelícula anaeróbica que ayuda a mejorar un poco la depuración del agua, pero también, ii) evita que se succione la tierra o arena del suelo natural, cuando se produce la limpieza del pozo.

3.3.2 ¿CÓMO FUNCIONA EL POZO DE ABSORCIÓN?

El pozo de absorción cumple dos funciones: absorción (en algunos casos le denominan infiltración) y almacenamiento.

La **Absorción** es un fenómeno físico por la cual un cuerpo permite la infiltración de alguna substancia que incorpora a su propia estructura. Por ejemplo, una esponja que se aproxima al agua, absorberá agua que se mantendrá retenida en su interior. Esta agua podrá ser liberada cuando se alcance una saturación completa.

En el caso del pozo de absorción, el suelo "absorberá" el agua residual tratada y la conducirá hacia abajo por efecto de la gravedad hasta alcanzar el nivel del agua subterránea, como se ilustra en la Figura 12.

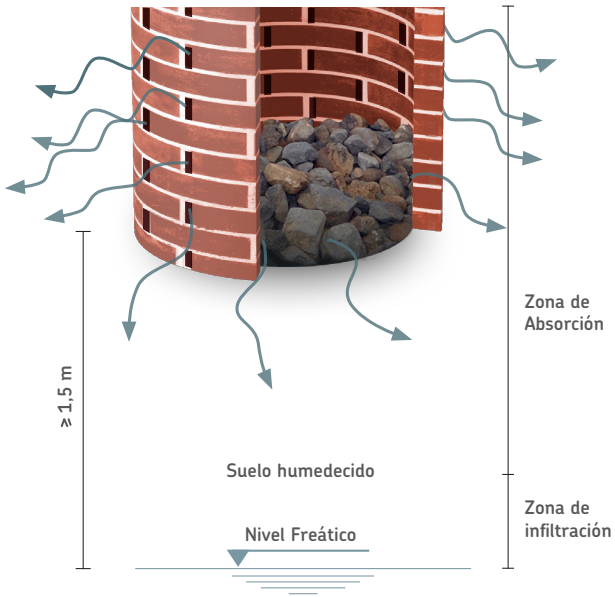


Figura 12: Representación gráfica de los fenómenos de absorción e infiltración del suelo.

El **almacenamiento**, es una característica menor de un pozo de absorción, pero, gracias a que el interior es hueco, permite que el agua residual tratada se almacene para ir infiltrando lentamente en el subsuelo.

3.4 LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Una de las alternativas al pozo de absorción lo constituyen las zanjas de infiltración. Estas pueden ser empleadas cuando el nivel del agua subterránea está muy próximo a la superficie, porque no son tan profundas como los pozos de absorción. La limitación constructiva más importante es la disponibilidad de espacio.

3.4.1 PARTES DE LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Las zanjas de infiltración, constituyen una sola obra cuyos elementos principales se presentan en la Figura 13. La distancia entre los ejes de las zanjas de infiltración debe ser de 1,5 a 2,0 m.

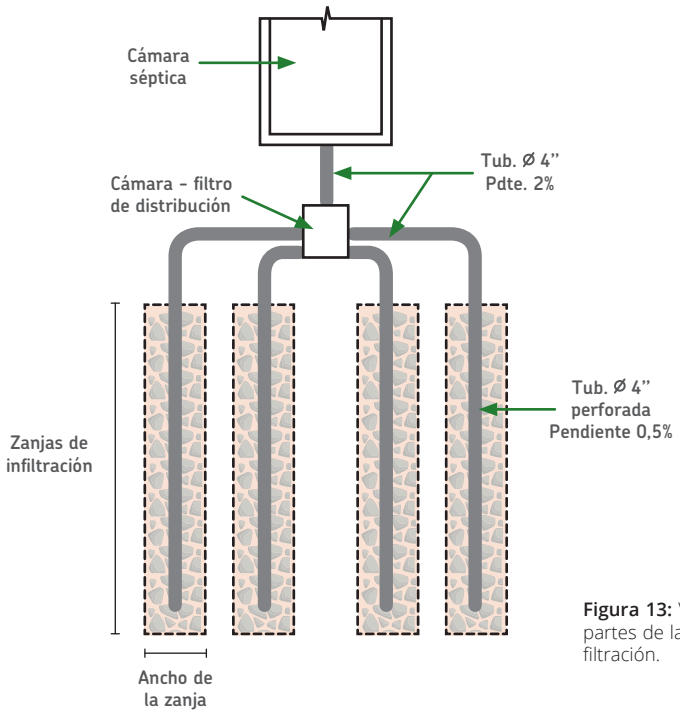


Figura 13: Vista en planta, partes de las Zanjas de Infiltración.

3.4.2 ¿CÓMO FUNCIONAN LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN?

En la zanja de infiltración suceden tres procesos para el agua residual tratada que sale de la cámara séptica.

El primer proceso, es la distribución del agua residual en todo el campo de infiltración. Las zanjas se diseñan en dos o más ramales pues se optimiza el espacio y es menos probable que se obstruyan los drenajes de esa forma. La distribución se realiza a través de una cámara - filtro de distribución, como se ilustra en la Figura 14.

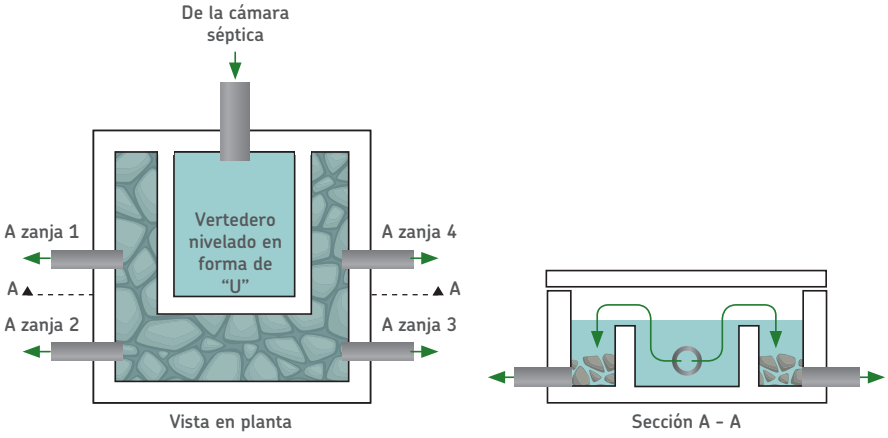


Figura 14: Cámara - filtro de distribución para 2, 3 o 4 zanjas de infiltración.

El segundo proceso que se produce en las zanjas de infiltración es una depuración secundaria del agua residual tratada. Se forma una biopelícula alrededor del ripio o piedra que se dispone en la zanja. Esta película tiene bacterias que consumen parte de la materia orgánica que aún existe en el agua residual.

El tercer proceso es el más importante, es la infiltración del agua residual tratada hacia el subsuelo como se muestra en la Figura 15.

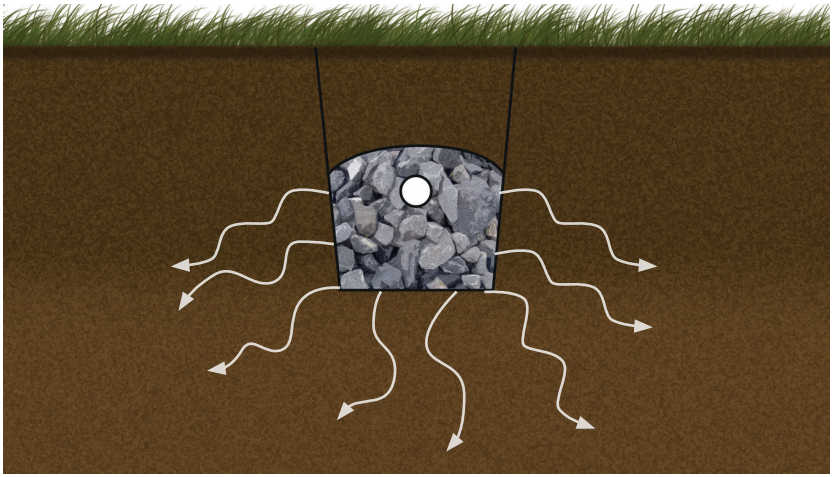


Figura 15: Detalle del fenómeno de infiltración.

3.5 INCORPORACIÓN DE UNA CÁMARA DE INSPECCIÓN

Es conveniente, aunque no obligatorio, la colocación de una cámara de inspección entre la salida del agua residual del baño y la cámara séptica. Esta cámara cumple tres funciones:

1. Permite la incorporación de aguas residuales del baño principal, de otros baños y de la cocina. No se debe conectar aguas de lluvia.
2. Permite la limpieza de las tuberías de alcantarillado que salen del baño y de otras conexiones.
3. En el futuro, permite la conexión del sistema de saneamiento a la red de alcantarillado.

4 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA SÉPTICA Y LOS SISTEMAS DE INFILTRACIÓN

4.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA SÉPTICA

Las cámaras sépticas se dimensionan para la cantidad de habitantes máxima de la vivienda. "Un tanque séptico debe tener suficiente volumen para garantizar el tiempo de retención necesario para la sedimentación de la mayor parte de los sólidos suspendidos/sedimentables así como reservar el volumen necesario para el almacenamiento y digestión de lodos. El factor crítico para la determinación del volumen de almacenamiento de lodos está definido por el número máximo de personas que pueden habitar en una vivienda, y de la frecuencia de limpieza o retiro de los lodos. El volumen mínimo no deberá ser inferior a 500 litros"[5].

En la Tabla 1 se presentan las dimensiones calculadas de las cámaras sépticas para Santa Cruz, en función al número de habitantes y para paredes de ladrillo adobito de 10 cm de espesor.

Tabla 1. Dimensiones de las cámaras sépticas por número de habitantes

Tipo de Cámara Séptica	Nº habitantes P (hab)	Volumen total requerido Vt (litros)	Profundidad total desde el ras de suelo H (m)	Ancho total A (m)	Largo total L (m)	Altura interior h (m)	Ancho interior a (m)	Largo interior l (m)
T - 1	1 - 5	1.600	1,65	1,10	2,00	1,50	0,90	1,80
T - 2	6 - 10	3.200	1,65	1,40	2,60	1,50	1,20	2,40
T - 3	11 - 15	4.800	1,65	1,70	3,20	1,50	1,50	3,00
T - 4	16 - 20	6.400	1,65	1,90	3,60	1,50	1,70	3,40
T - 5	21 - 25	8.000	1,65	2,10	4,00	1,50	1,90	3,80
T - 6	26 - 30	9.600	1,65	2,30	4,40	1,50	2,10	4,20

Fuente: Elaboración propia con cálculos en base a la Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.

5 Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010). Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas. Autor principal: Camacho, Álvaro.

En la Figura 16 se muestra la nomenclatura de las dimensiones que corresponden a la tabla precedente.

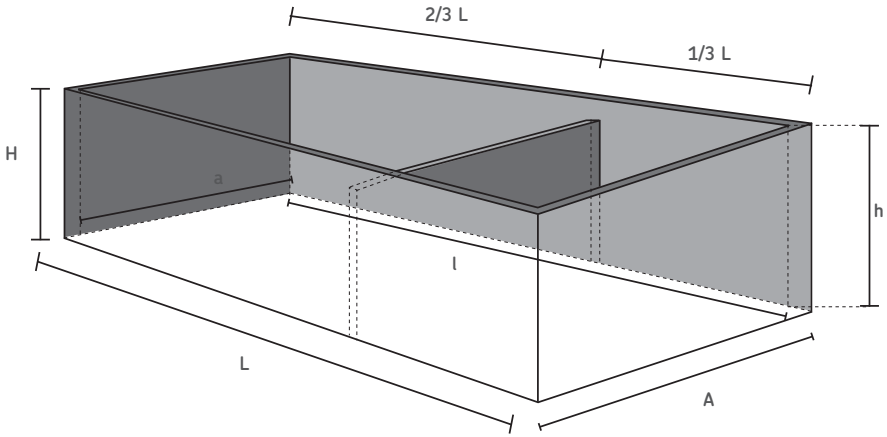


Figura 16: Nomenclatura de dimensiones para las cámaras sépticas.

4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL POZO DE ABSORCIÓN

Los pozos de absorción se calculan para la capacidad de absorción e infiltración del terreno. Las características del suelo en la Ciudad de Santa Cruz predominantemente son Arcillo – Arenoso[6].

Casi en su generalidad los pozos de absorción se dimensionan de 1,40 a 1,80 metros de diámetro para la excavación del pozo. La profundidad del pozo dependerá de la capacidad de absorción del suelo, del caudal descargado y de la profundidad del nivel freático. No es conveniente introducir en el pozo de absorción las aguas de la ducha y lavado de ropa pues podría colmatarla muy rápido. En la Tabla 2 se presenta el dimensionamiento de los pozos de absorción.

6 Pérez, Efraín (2007). "Estudio de Sistematización de Datos Geotécnicos de la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra".

Tabla 2. Dimensionamiento de los Pozos de Absorción por número de habitantes

Nº habitantes máximo (hab)	Contribución de aguas residuales (l/h/día)*	Tasa de infiltración (l/m²día)**	Diámetro de excavación (D) (m)	Diámetro interior (d) (m)	Profundidad de cada pozo (H) (m)	Altura de la zona de absorción (2/3H) (m)	Número de Pozos
1 - 5	60	30	1,4	1,2	1,9	1,3	1
6 - 10	60	30	1,6	1,4	4,1	2,7	1
11 - 15	60	30	1,6	1,4	3,6	2,4	2
16 - 20	60	30	1,8	1,6	4,3	2,9	2

***** Corresponde al 40% de 150 l/h.día para el área oriental en Bolivia. Únicamente de los inodoros y cocina.

*** *** Corresponde a un suelo Areno Arcilloso (The design of Pour Latrines INT/81/047 World Bank, citando en Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Saneamiento para Poblaciones menores a 10.000 habitantes Tabla 3.1)

En la Figura 17 se muestra la nomenclatura de las dimensiones que corresponden a los pozos de absorción.

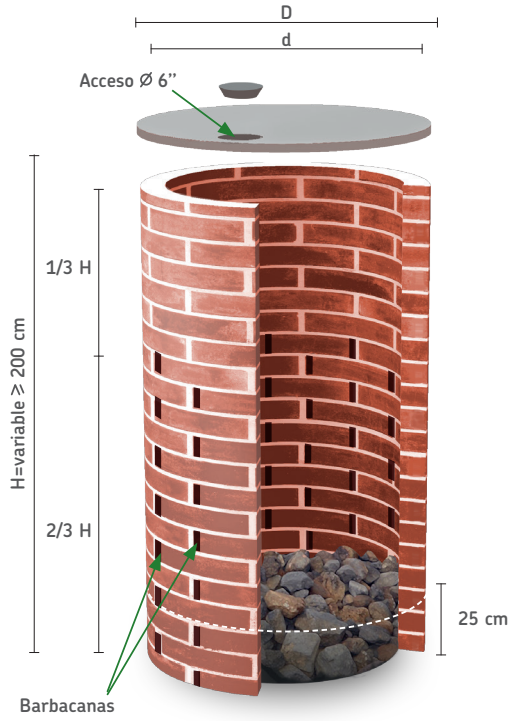


Figura 17: Nomenclatura de las dimensiones para los pozos de absorción.

4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Las zanjas de infiltración se calculan para el número de pobladores que van a hacer uso de las mismas. En la Tabla 3 se presentan las longitudes recomendadas para un tipo de suelo Areno – Arcilloso, predominante de la mancha urbana de Santa Cruz[7]. En la Figura 18 se presentan la nomenclatura y disposición de las zanjas de infiltración.

Tabla 3. Dimensiones de la zanjas de infiltración por el número de habitantes para las características generales del suelo en Santa Cruz

Nº habitante P (hab)	Contribución de aguas residuales C (l/h/día)*	Tasa de infiltración (l/m²día)**	Base de la zanja (b) (m)	Caudal (l/día)	Longitud total (m)	Número de ramales	Longitud de ramal (L) (m)	Distancia entre ramales (m)
5	60	30	0,6	300	16,7	2	8,30	1,5 a 2,0
10	60	30	0,6	600	33,3	4	8,30	1,5 a 2,0
15	60	30	0,6	900	50,0	4	12,50	1,5 a 2,0
20	60	30	0,6	1200	66,7	4	16,70	1,5 a 2,0

* Corresponde al 40% de 150 l/h.día para el área oriental en Bolivia. Se considera el agua de inodoros y cocina solamente. El agua de ducha, lavamanos y lavandería se evacuan directamente al jardín o hacia la calle.

* * Corresponde a un suelo Areno Arcilloso (The sedign of Pour Latrines INT/81/047 World Bank, citando en Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Saneamiento para Poblaciones menores a 10.000 habitantes Tabla 3.1)

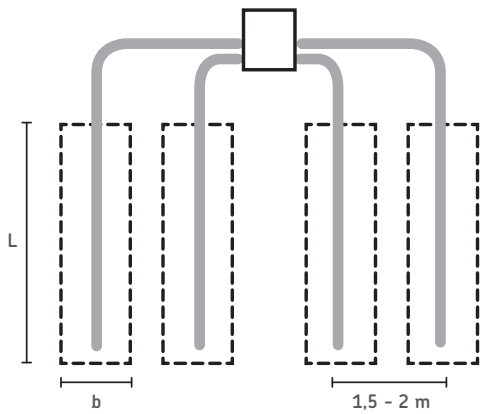


Figura 18: Nomenclatura de las dimensiones de las zanjas de infiltración.

7 ibidem.

4.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE INSPECCIÓN Y FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBICO

La cámara de inspección y el filtro biológico anaeróbico de flujo horizontal se construyen de forma similar con ladrillo adobito o pueden ser prefabricados de mortero de hormigón. Su interior debe ser impermeabilizado con mezcla fina y aditivo hidrófugo. Sus dimensiones interiores mínimas son 50 cm x 50 cm. La profundidad dependerá de la pendiente del terreno y de la línea de salida desde el baño al pozo de absorción, la profundidad mínima interior será de 30 cm para las cámaras de inspección y de 40 cm para el filtro biológico anaeróbico, como se muestra en la Figura 19.

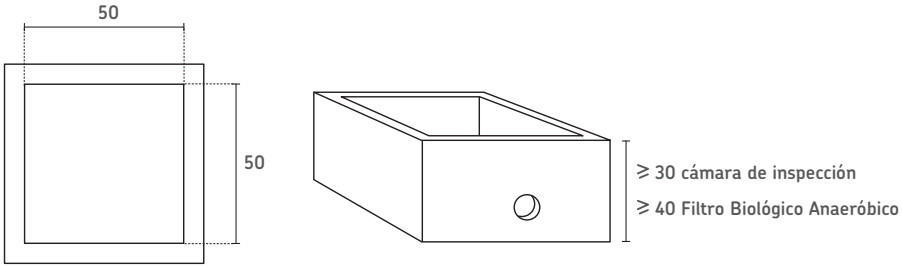


Figura 19: Dimensiones mínimas para la Cámara de Inspección y para el filtro biológico anaeróbico.

4.5 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA-FILTRO DE DISTRIBUCIÓN

La cámara-filtro de distribución es de dimensiones variables, pues dependerá del número de zanjas de infiltración a las cuales esté conectada. En la Figura 20 se presentan las dimensiones sugeridas para una cámara que puede trabajar indistintamente con 2 a 6 zanjas de infiltración.

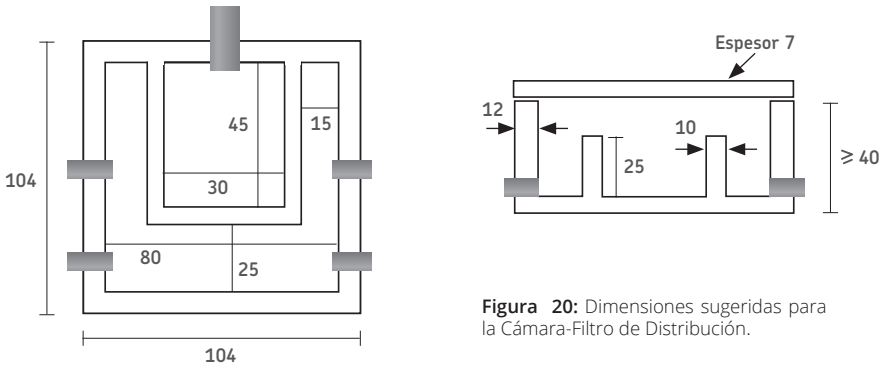


Figura 20: Dimensiones sugeridas para la Cámara-Filtro de Distribución.

5 LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE LA CÁMARA SÉPTICA Y LOS SISTEMAS DE INFILTRACIÓN

La cámara séptica y el pozo de absorción o las zanjas de infiltración, deben localizarse preferentemente en las áreas en las cuales no se construirá vivienda nunca y que se encuentren hacia el frente de lote; es decir, es conveniente localizarlas en el jardín delantero de la casa o el área de parqueo. Estas características permitirán un mejor acceso para la limpieza de las cámaras, pero también, mayor facilidad de conexión al alcantarillado sanitario cuando éste servicio llegue a la zona.

La disposición de la cámara séptica y el sistema de infiltración dependerán de las condiciones de espacio del predio. Además del baño deben incluirse otras probables conexiones, como el lavaplatos de la cocina, para dicha conexión es conveniente colocar una "trampa de grasas". En la Figura 21 se presenta este detalle en una vista en planta.

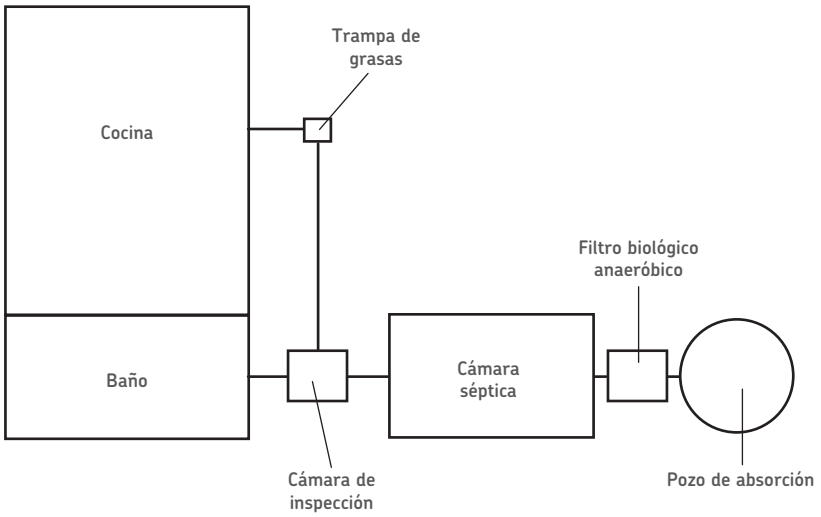


Figura 21: Vista en planta de la disposición de la cámara séptica, el filtro biológico anaeróbico, el pozo de absorción, la cámara de inspección y trampa de grasas (ejemplo).

El replanteo del sistema cámara séptica, filtro biológico anaeróbico y el pozo de absorción es el mostrado en la Figura 22, también debe preverse una cámara de inspección para fines de mantenimiento y conexiones futuras.

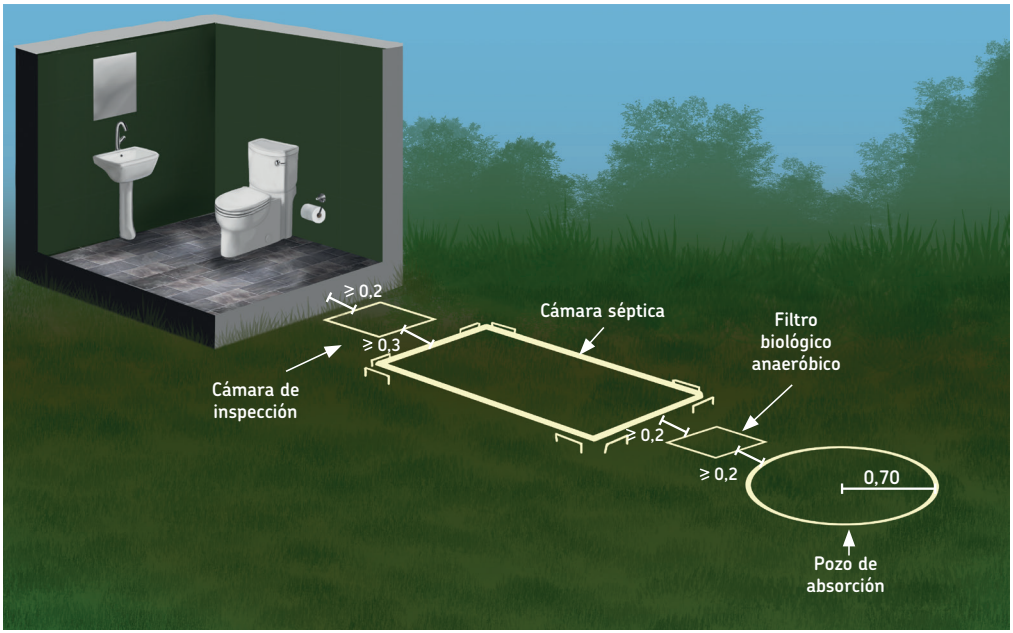


Figura 22: Replanteo de la cámara séptica, filtro biológico anaeróbico y el pozo de absorción.

Para las labores de replanteo, debe considerarse el empleo de estacas o caballetes que servirán para: alinear las obras, nivelar las obras, control de escuadra y control de la excavación.

- La alineación de las obras se realiza respecto a las paredes del terreno o de la vivienda.
- El nivel de terminado las obras deberá ser el mismo que el nivel del patio o jardín donde se construyan. Antes de empezar la construcción, debe fijarse un nivel de referencia sobre una pared u otro elemento fijo (poste, pilar) a una altura conocida sobre el nivel de terminado.
- El control de escuadra se realizará por el método del triángulo rectángulo 3-4-5; el método de diagonales o por algún método de intersección de arcos.

El replanteo del pozo de absorción se realizará al menos a 1,5 metros de la cámara séptica para evitar el debilitamiento de esta última obra.

El replanteo consiste en el trazado de un círculo de 0,7 a 0,9 metros de radio, es decir, 1,4 a 1,8 metros de diámetro, el cual dependerá del tamaño del pozo de absorción en función al número de personas. Véase la Figura 23.

Figura 23: Replanteo del pozo de absorción trazando un círculo en el suelo.

Para el trazado se clavará un cincel o estaca de fierro de construcción en el punto central, y con la ayuda del hilo de construcción y otro cincel se marcará el círculo. Es conveniente marcar el círculo con estuco o algo de ocre para realizar una excavación precisa.

Cuando se precise dos pozos de absorción, estos se construirán en serie, es decir, uno a continuación del otro.

Para el replanteo de las zanjas de infiltración, se seguirán los criterios de dimensionamiento sugeridos en los párrafos precedentes.

6 CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA SÉPTICA

La construcción de la cámara séptica comprende cinco pasos:

- Excavación y nivelación
- Vaciado de la losa de fondo sobre ladrillo adobito
- Construcción de paredes y pantalla
- Vaciado de la losa superior
- Instalación de tuberías y accesorios de limpieza e inspección

6.1 EXCAVACIÓN Y NIVELACIÓN

La excavación se realizará manualmente con pico y pala cuidando de que las paredes tengan plomada vertical. La profundidad deberá será controlada por la marca de referencia colocada en un lugar fijo, como se muestra en la Figura 24.

Figura 24: Proceso de excavación, tomando una línea de referencia sobre una pared o estructura fija para el control de profundidad y nivelación.

La nivelación consiste en la tarea de nivelar el piso de la cámara cuando se ha alcanzado la profundidad deseada. Esto se hace con la ayuda de una regla de aluminio o similar y un nivel de construcción.

6.2 VACIADO DE LA LOSA DE FONDO SOBRE LADRILLO ADOBITO

Para la construcción de la losa de fondo, se precisan los siguientes materiales:

- Ladrillo adobito
- Cemento
- Arena común
- Agua
- Aditivo hidrófugo (Sika 1)
- Fierro de construcción Ø 6 mm
- Alambre de amarre
- Estacas de fierro de construcción de 25 cm de longitud

Para la construcción de la losa de fondo se realizan los siguientes pasos:

1. Control de escuadra a nivel del fondo de la excavación, se fijan clavos o estacas de fierro de construcción en las esquinas.
2. Se prepara concreto pobre (relación 1:7) y se realiza un vaciado de dos "maestras" de 2 a 3 cm de espesor que se construyen en los laterales de la excavación. Sobre estas maestras se coloca el ladrillo adobito, dejando espacios de 1,5 a 2 cm aproximadamente. Véase la Figura 25.

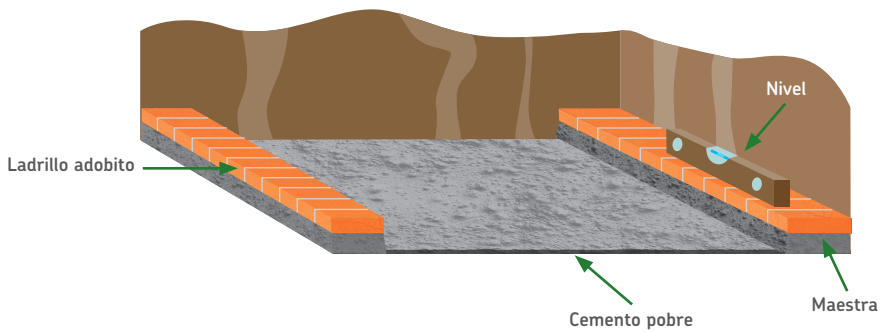


Figura 25: Vaciado del piso empleando maestras de nivelación.

3. Las maestras son vaciados de mortero con ladrillo adobito que deben ser perfectamente niveladas con nivel de construcción. Se deja fraguar por un periodo de dos a tres horas para que las "maestras" ganen rigidez.
4. Mientras fraguan las maestras, se prepara un emparrillado simple con fierro de construcción de 6 mm distanciados cada 25 cm. Este emparrillado se coloca por dos razones: deformaciones del terreno y subpresión del agua.

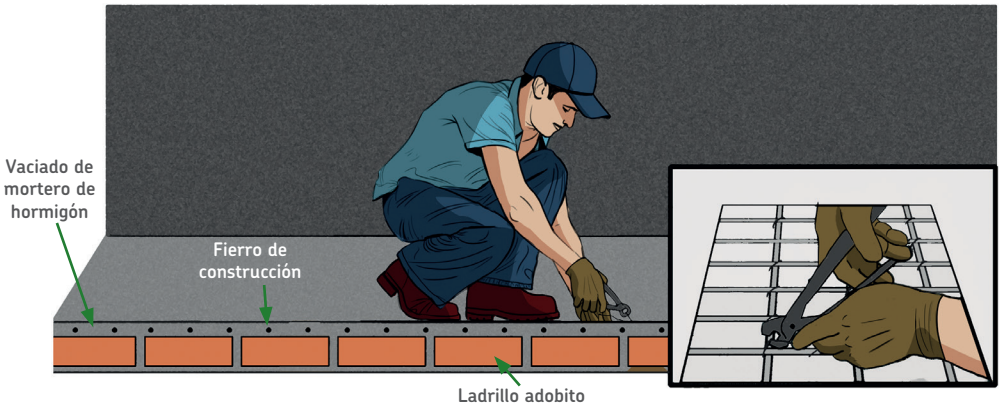


Figura 26: Preparación del emparrillado con fierro de construcción para la base del tanque séptico.

5. Luego se realiza el vaciado del concreto pobre al medio de las maestras y se "enladrilla" el resto de la superficie usando las maestras y una regla de construcción para mantener el nivel. Los ladrillos deben estar dispuestos dejando espacios entre sí de 1,5 a 2 cm.
6. Al término del "enladrillado" se coloca la parrilla de fierro de construcción.
7. Se prepara en la superficie próxima a la excavación, mezcla de hormigón con una dosificación 1:2:3 con un aditivo hidrófugo (p.e. Sika 1).
8. Se realiza el vaciado del hormigón sobre el emparrillado procurando que ingrese en todos los espacios entre los ladrillos. La losa de fondo deberá tener pendiente al centro del Compartimiento 1, como muestra la Figura 27. El espesor mínimo de la losa será de 4 cm; mientras que hacia los bordes el espesor será mayor para formar una pendiente de aproximadamente 10%.

Figura 27: Vaciado del piso sobre el emparrillado. La pendiente debe estar orientada al centro del Compartimiento 1.

6.3 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES Y PANTALLA

Para la construcción de las paredes y pantalla, se precisan los siguientes materiales:

- Ladrillo adobito
- Cemento
- Arena fina
- Agua
- Aditivo hidrófugo (Sika 1 o similar)
- Impermeabilizante de Paredes (Sikatop Seal 107, Monopol Piscinas o similares)

La construcción de las paredes se inicia sobre la losa de fondo y manteniendo la escuadra marcada de principio. El mortero se prepara con arena fina cernida, cemento y agua con aditivo. La relación de mezcla es 1:3 o 1:4.

El colocado de los ladrillos se realiza en su posición de carga formando un muro de soguillo (intercalado). La distancia común entre ladrillos es de 1,5 a 2,0 cm. Véase la Figura 28.

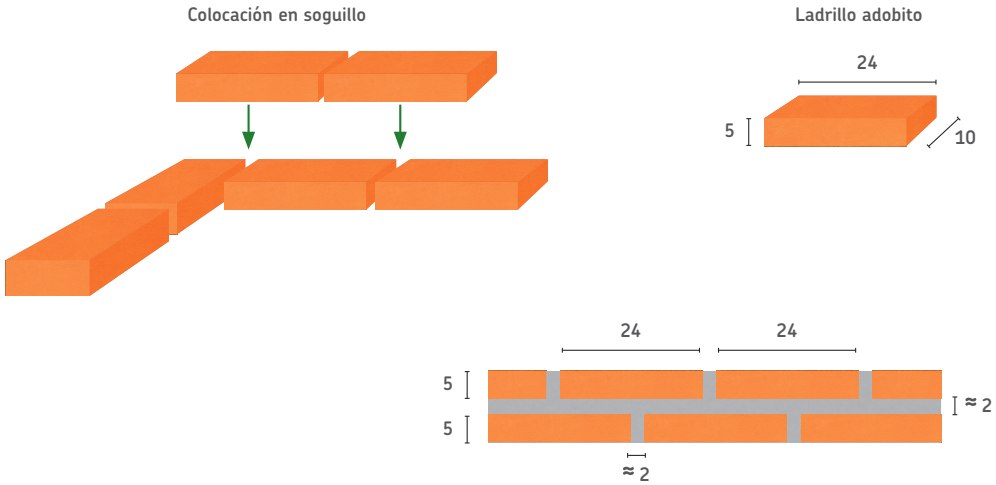


Figura 28: Disposición de los ladrillos para formar una pared de "soguillo".

En las esquinas los muros se traban entre sí para lograr su estabilidad, cuidando su alineación y plomada, los cuales se llevan en conformidad a las actividades comunes de albañilería. El nivel final de las paredes estará determinado por la rasante del patio o jardín donde se construya la cámara séptica. Debe completarse con una camada de concreto afinado y firme para que asiente la losa tapa.

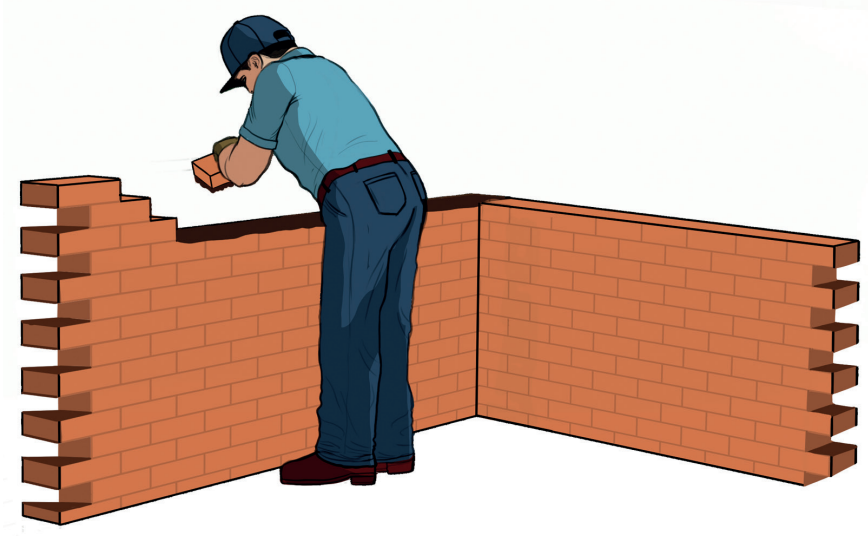


Figura 29: Las paredes de ladrillo adobito deben entrecruzarse en las esquinas para mejorar su resistencia.

Para la construcción de la pantalla o cortina, se localiza a 1/3 de la longitud sobre la tubería de salida. La pantalla se construye con muro en pandereta (de canto), como se ilustra en la Figura 30.

Para mantenerlo firme se debe calar las paredes externas de la cámara séptica empleando una amoladora, aproximadamente dos (2) cm de profundidad para lograr una buena traba. Puede también emplearse combo y cincel para picar la pared, cuidando de no debilitar o aflojar el ladrillo.

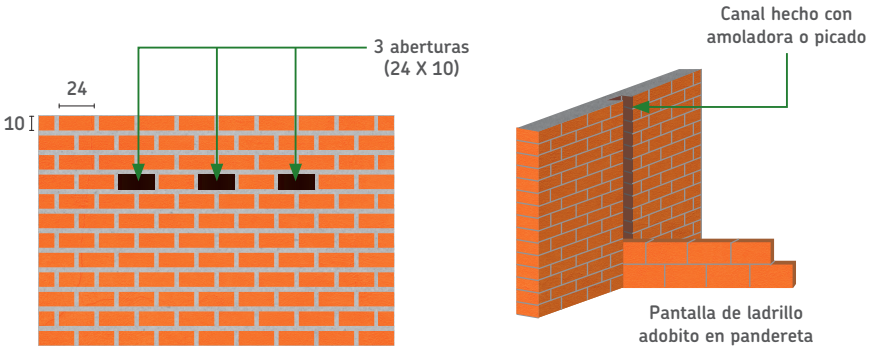


Figura 30: Detalles de la construcción de la pantalla de la cámara séptica.

La pantalla deberá tener 2 o 3 agujeros como se muestra en la figura para dejar el paso suave del agua del primer compartimiento al segundo. Estos agujeros pueden ser espacios sin ladrillo o también se pueden colocar secciones de tuberías de PVC.

Los agujeros se localizan a 30 cm por debajo del nivel de salida del agua. La pantalla debe salir al menos 25 cm sobre el nivel del agua.

Las tuberías de entrada, salida y ventilación deben colocarse durante la construcción de las paredes, caso contrario debe picarse estas para el paso de estas tuberías. Se fijarán con mortero 1:1 y aditivo hidrófugo para que estén firmemente selladas.

Finalmente, todo el interior de la cámara debe ser impermeabilizado con un revoque de cemento 1:1 y aditivo hidrófugo. El revoque debe ser hasta la parte superior de las paredes, no se debe dejar ladrillo expuesto en ningún punto interior de la cámara. Veáse la figura 31.

Figura 31: Impermeabilización del interior de la cámara con un revoque con hidrófugo.

Posteriormente, es conveniente, el revestido de toda la cámara séptica con una masa o pintura epóxica que recubra el hormigón pues, los gases que se forman en la cámara séptica reaccionan químicamente con el mortero de cemento y corroen las armaduras de fierro de construcción.

6.4 VACIADO DE LA LOSA SUPERIOR

Para la construcción de la losa superior, se precisan los siguientes materiales:

- Arena común
- Cemento
- Fierro de construcción (según especificación de cada cámara séptica)
- Alambre de amarre
- Agua
- Aditivo hidrófugo (Sika 1 o similar)

Para los tanques sépticos pequeños, la losa superior se construye aislada de la cámara séptica y luego se la traslada a su posición final. La losa es de hormigón armado y, para fines de traslado, conviene que se divida en secciones cuyo anchos sean de alrededor de 40 cm (el ancho variará dependiendo del largo de la cámara séptica), a estas denominaremos "platabandas", como se ilustra en la Figura 32.

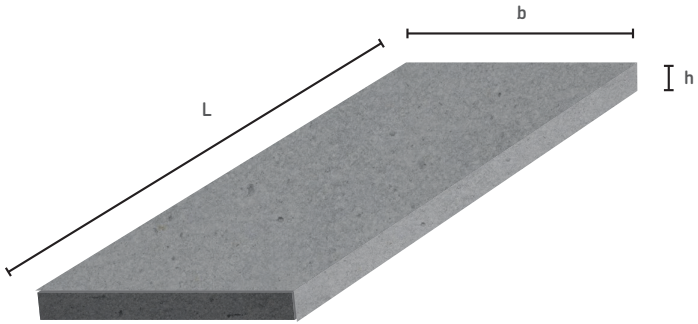


Figura 32: Nomenclatura de las dimensiones de una platabanda.

Para el vaciado de las platabandas, debe considerarse las dimensiones sugeridas en la Tabla 4. El alto o espesor de las "platabandas", será de 6 a 12 cm para soportar hasta un vehículo liviano; sin embargo, cuando se instala en garajes con vehículos de mayor tonelaje debe ser recalculada.

Tabla 4. Dimensiones de las platabandas en función al tipo de Cámara Séptica*

Tipo de Cámara Séptica	Número de platabandas para la cámara séptica	Datos geométricos de platabanda		
		Ancho "b" (m)	Largo "L" (m)	Espesor "h" (m)
T - 1	4	0,50	1,10	0,06
T - 2	6	0,43	1,40	0,07
T - 3	8	0,40	1,70	0,09
T - 4	9	0,40	1,90	0,10
T - 5	10	0,40	2,10	0,11
T - 6	11	0,40	2,30	0,12

* Refiérase a la Tabla 1 sobre las dimensiones de las cámaras sépticas.

Para la construcción de las platabandas, conviene hacerlo con perfiles de aluminio (o reglas) formando paralelogramos perfectos y de fácil desmontaje, de tal forma que tengan cantos de buen terminado y su junta sea casi hermética.

La armadura se realiza con fierro de construcción armando sobre la longitud más larga para que se apoye sobre los lados de las cámaras sépticas. La armadura principal, debe estar a lo largo de cada platabanda, mientras que la armadura secundaria se instala de forma transversal como se muestra en la Figura 33.

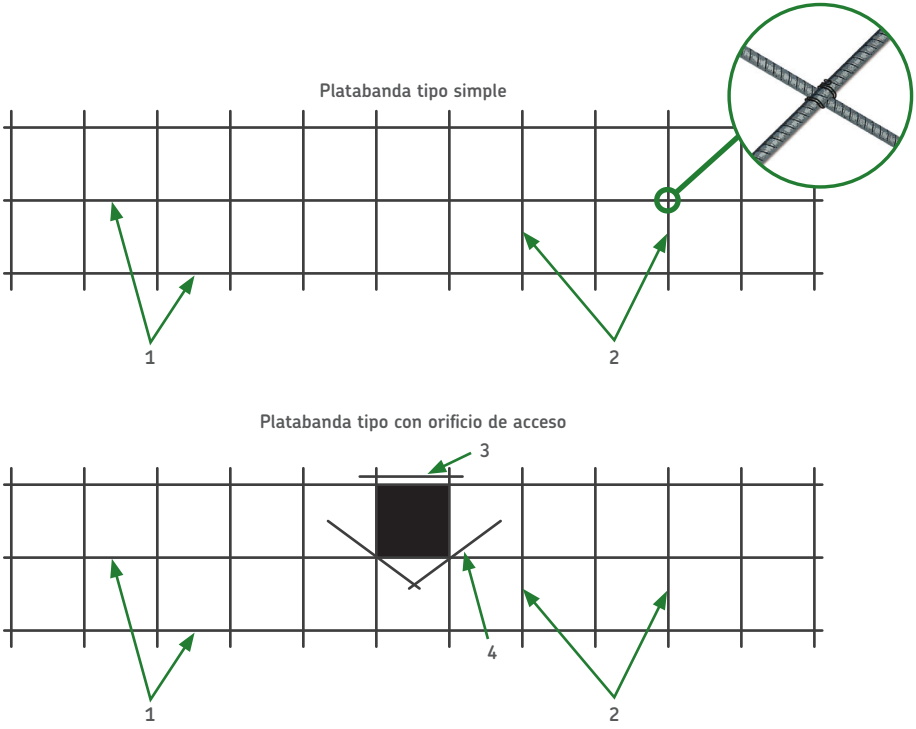


Figura 33: Detalle de la disposición de los fierros de construcción.

No se han previsto armaduras de sujeción para el traslado de las platabandas pues, podrían quedar expuestas y ser peligrosas para los habitantes de la casa.

En las siguientes tablas se encuentran la forma, dimensiones, diámetros y cantidad de armadura para las platabandas por Tipo de Cámara Séptica.

Cámara séptica tipo 1

Posición	Esquema	Longitud "a" (m)	Distancia (m)	ø (mm)	Cantidad p. platabanda	Cantidad de platabandas	Longitud total Fe. (m)
1	___a___	1,06	0,15	6	4	4	16,96
2	___a___	0,46	0,18	6	7	4	12,88
3	___a___	0,2		8	2	2	0,80
4	___a___	0,3		8	1	2	0,80
					Longitud Fe ø 6mm		29,84
					Longitud Fe ø 8mm		1,40

Cámara séptica tipo 2

Posición	Esquema	Longitud "a" (m)	Distancia (m)	ø (mm)	Cantidad p. platabanda	Cantidad de platabandas	Longitud total Fe. (m)
1	___a___	1,36	0,20	8	3	6	24,48
2	___a___	0,39	0,18	6	9	6	21,24
3	___a___	0,2		8	2	2	0,80
4	___a___	0,3		8	1	2	0,60
					Longitud Fe ø 6mm		21,24
					Longitud Fe ø 8mm		25,88

Cámara séptica tipo 3

Posición	Esquema	Longitud "a" (m)	Distancia (m)	ø (mm)	Cantidad p. platabanda	Cantidad de platabandas	Longitud total Fe. (m)
1	___a___	1,66	0,18	8	3	8	39,84
2	___a___	0,36	0,18	6	10	8	28,80
3	___a___	0,2		8	2	2	0,80
4	___a___	0,3		8	1	2	0,60
					Longitud Fe ø 6mm		28,80
					Longitud Fe ø 8mm		41,24

Cámara séptica tipo 4

Posición	Esquema	Longitud "a" (m)	Distancia (m)	ø (mm)	Cantidad p. platabanda	Cantidad de platabandas	Longitud total Fe. (m)
1	___a___	1,86	0,18	10	3	9	50,22
2	___a___	0,36	0,18	6	12	9	38,88
3	___a___	0,2		10	2	2	0,80
4	___a___	0,3		10	1	2	0,60
					Longitud Fe ø 6 mm		38,88
					Longitud Fe ø 8 mm		0,00
					Longitud total Fe ø 10 mm		51,62

Cámara séptica tipo 5

Posición	Esquema	Longitud "a" (m)	Distancia (m)	ø (mm)	Cantidad p. platabanda	Cantidad de platabandas	Longitud total Fe. (m)
1	___a___	2,06	0,18	10	3	10	61,80
2	___a___	0,36	0,18	6	13	10	46,80
3	___a___	0,2		10	2	2	0,80
4	___a___	0,3		10	1	2	0,60
					Longitud Fe ø 6 mm		46,80
					Longitud Fe ø 8 mm		0,00
					Longitud total Fe ø 10 mm		63,20

Cámara séptica tipo 6

Posición	Esquema	Longitud "a" (m)	Distancia (m)	ø (mm)	Cantidad p. platabanda	Cantidad de platabandas	Longitud total Fe. (m)
1	___a___	2,26	0,18	10	3	11	74,58
2	___a___	0,36	0,18	6	14	11	55,44
3	___a___	0,2		10	2	2	0,80
4	___a___	0,3		10	1	2	0,60
					Longitud Fe ø 6 mm		55,44
					Longitud Fe ø 8 mm		0,00
					Longitud total Fe ø 10 mm		75,98

Debe dejarse accesos para limpieza en dos "platabandas" para la limpieza de los lodos. Estos accesos pueden ser orificios de 20 cm x20 cm o de forma cilíndrica de 6 pulgadas de diámetro. Los accesos deben disponer de tapa firme y hermética construida con hormigón armado de forma separada. Véase la Figura 34.

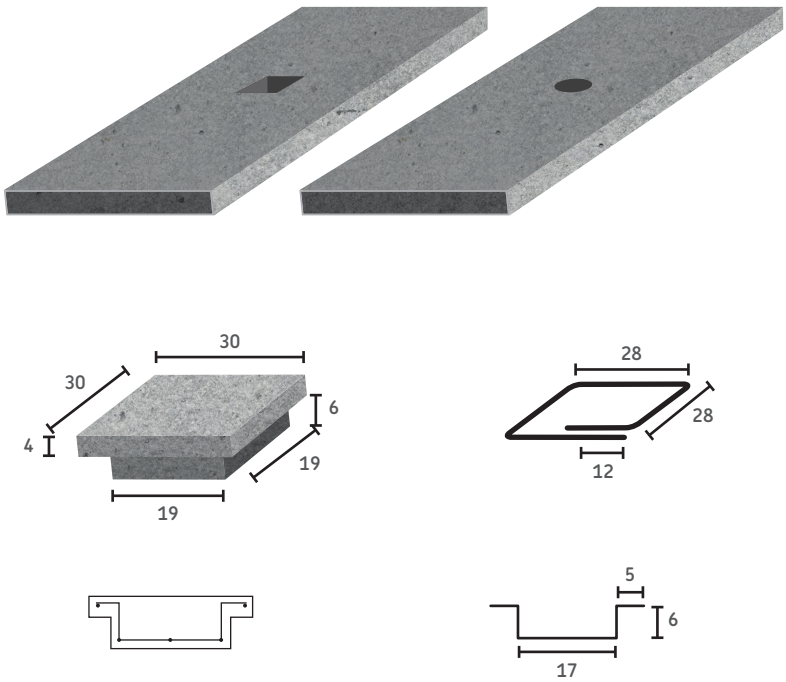


Figura 34: Detalle de los accesos de limpieza en las platabandas.

Es conveniente que las platabandas sean recubiertas con masilla o pintura epóxica como sellador e impermeabilizante, pues el ácido sulfídrico que se forma al interior de la cámara, deteriora el hormigón y corroe la armadura de fierro.

6.5 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN

Para la instalación de las tuberías y accesorios de limpieza e inspección, se precisan los siguientes materiales:

- Tuberías de PVC para alcantarillado Ø 4"
- Tubería de PVC de desagüe Ø 2"
- Tee de PVC para alcantarillado Ø 4"
- Codo PVC Ø 2"
- Sombrerete o tee de PVC Ø 2"
- Pegamento para PVC
- Arena fina
- Cemento
- Agua
- Aditivo hidrófugo (Sika 1)

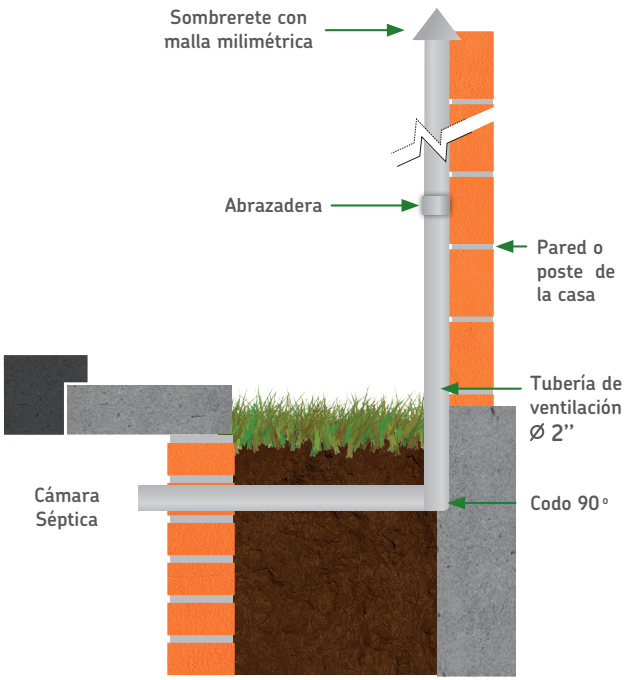


Figura 35: Detalle de la tubería de ventilación desde la cámara séptica.

Las tuberías de entrada y salida pueden ser colocadas a momento de la construcción de las paredes, sin embargo, en algunas ocasiones deberá dejarse el hueco para las tuberías o calar el lugar donde pasarán.

No debe olvidarse que el nivel de la tubería de salida se ubica entre 5 a 10 cm por debajo del nivel de la tubería de entrada.

El colocado de las "tees" a la entrada y salida deben hacerse con pegamento en las dimensiones recomendadas en la Figura 35. La tubería de ventilación sale por debajo de la losa hasta chocar algún paramento y luego se extiende para arriba al menos por 2 metros para permitir la ventilación de los gases que se producen por digestión anaeróbica.

7 CONSTRUCCIÓN DEL POZO DE ABSORCIÓN

La construcción del pozo de absorción comprende los siguientes pasos:

- Excavación del pozo de absorción
- Construcción de paredes con ladrillo adobito (alternativa 1)
- Construcción de paredes con anillas de concreto (alternativa 2)
- Vaciado de la losa superior

7.1 EXCAVACIÓN DEL POZO DE ABSORCIÓN

A partir del replanteo, se procede con la excavación, primeramente con pico y pala. Debe procurarse que el pozo tenga una circunferencia perfecta, así que debe cuidarse de no borrar la marca de estuco.

Cuando se haya pasado los 60 o 70 cm de profundidad, será muy complicado el uso del pico y debe proseguirse solamente con la pala. Para entonces debe prepararse un trípode con una roldana para descender un balde atado a una soga. El obrero al interior del pozo, trabaja casi parado y debe cargar el balde con la pala y dar señal para que otra persona al exterior jale el balde y retire la tierra. Figura 36.

La excavación se realizará hasta una profundidad de 3 a 3,5 metros, pero podrá reducirse la profundidad si el nivel freático está muy próximo a la superficie. Cuando el terreno no es firme la excavación se realizará empleando anillas de concreto como se explica en la siguiente sección. El fondo del pozo debe ser limpiado de cualquier material suelto.

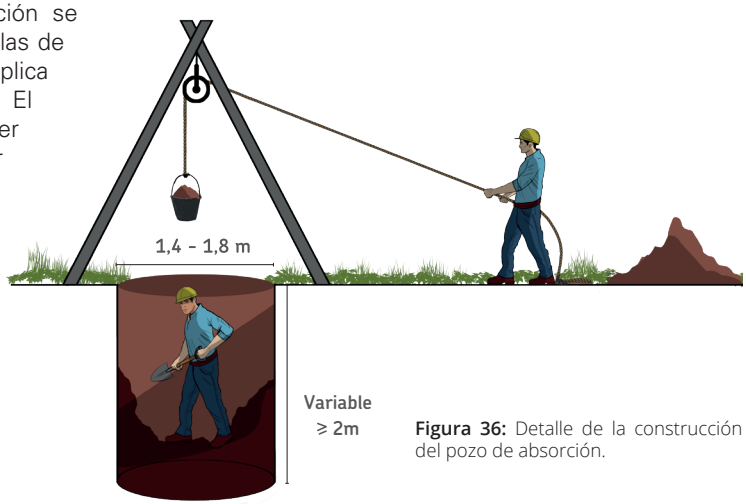


Figura 36: Detalle de la construcción del pozo de absorción.

7.2 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES CON LADRILLO ADOBITO (ALTERNATIVA 1)

Para la construcción de las paredes del pozo, se precisan los siguientes materiales:

- Ladrillo adobito
- Cemento
- Arena fina
- Agua
- Piedra de 4" a 5"

Cuando el terreno es firme y/o, la experiencia de otras familias demostró que es posible, se completará toda la excavación y se procederá a levantar las paredes con ladrillo adobito.

Se arrancará con una hilera de ladrillos dispuestos en posición de carga y el muro se levantará en "soguillo". Se controlará que la primera fila tenga el diámetro externo de 1,40 metros y esté completamente nivelada. También se controlará la disposición de los ladrillos para que exista una buena distribución y evitar el uso de retazos. Véase la Figura 37.

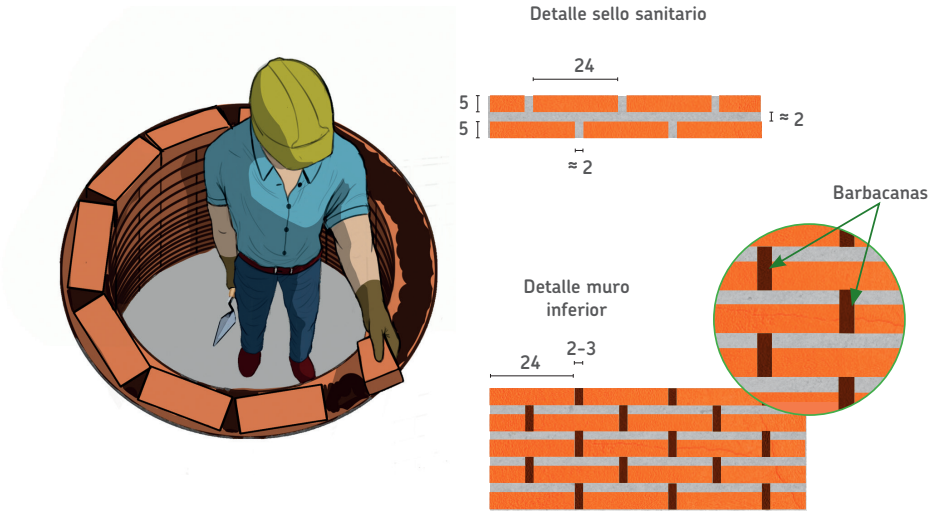


Figura 37: Detalle constructivo de las paredes del pozo de absorción.

Deberá preverse que los dos primeros tercios inferiores de los muros se dejen barbacanas (orificios) para la infiltración del agua residual. Estas barbacanas se construyen dejando espacios entre los ladrillos sin mortero de concreto, aproximadamente cada dos ladrillos y de forma traslapada.

Todos los restos de mezcla que caigan al fondo del pozo deben ser retirados para que exista una superficie completamente libre para permitir que el agua sea absorbida por el suelo.

Y, ¿dónde se emplea la piedra?. Se coloca una cama de piedras al fondo del pozo de 20 a 25 cm de altura que permiten un tratamiento final y evitan que se succione lodo cuando alguna vez es limpiado el pozo. Es conveniente colocar piedra pesada y no cascajo, pues es succionado por las bombas.

7.3 CONSTRUCCIÓN CON ANILLAS DE CONCRETO (ALTERNATIVA 2)

Para la construcción de las paredes de pozo, se precisan los siguientes materiales:

- Anillas de Concreto Ø 1,40 y altura 0,50 m
- Piedra de 4" a 5"

Las anillas se emplean en lugares donde el suelo no está consolidado y además donde se conoce que la presencia de agua puede estar muy próxima.

La construcción del pozo con anillas se inicia con una excavación corriente, pero aproximadamente al metro o metro y medio de profundidad será necesario descender la primera anilla con el empleo del trípode. Las siguientes anillas también se descenderán cuidando la plomada del conjunto. Figura 38.

La excavación deberá hacerse solamente con la pala y debe quitarse la tierra debajo de la anilla inferior poco a poco para que el conjunto descienda de forma uniforme. Cuando se haya alcanzado un nivel de suelo arcilloso a unos 3 o 3,5 metros, el trabajo habrá terminado.

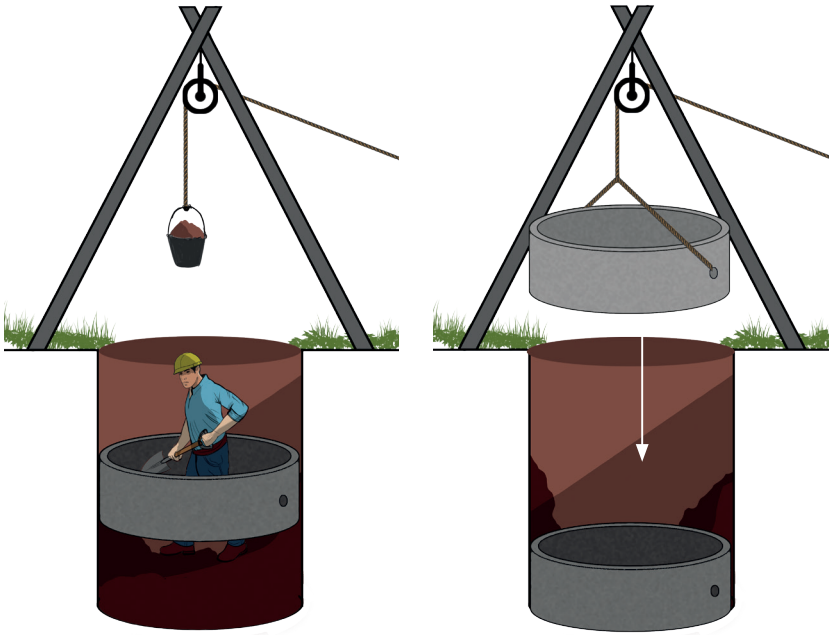


Figura 38: Detalle de la construcción del pozo de absorción con anillas de concreto.

Como en el caso anterior, conviene la colocación de piedra al fondo del pozo con una altura de 20 o 25 cm para evitar la remoción de arena del fondo.

7.4 VACIADO DE LA LOSA SUPERIOR

Para la construcción de la losa superior del pozo de absorción, se requieren los siguientes materiales:

- Arena común
- Cemento
- Fierro de construcción
- Alambre de amarre
- Agua
- Aditivo hidrófugo (Sika 1 o similar)

La losa superior se vacía sobre un suelo horizontal. Será de hormigón armado con un diámetro de 1,5 m y una altura de 6 a 8 cm. Puede ser vaciado en una sección o dos mitades, como se muestra en la Figura 39.

Debe construirse un orificio de acceso de Ø 6" o cuadrada de 15 cm x 15 cm para fines de limpieza, el cual dispondrá de tapa hermética. Si se realiza un buen mantenimiento de la cámara séptica, está tapa no requerirá ser abierta.

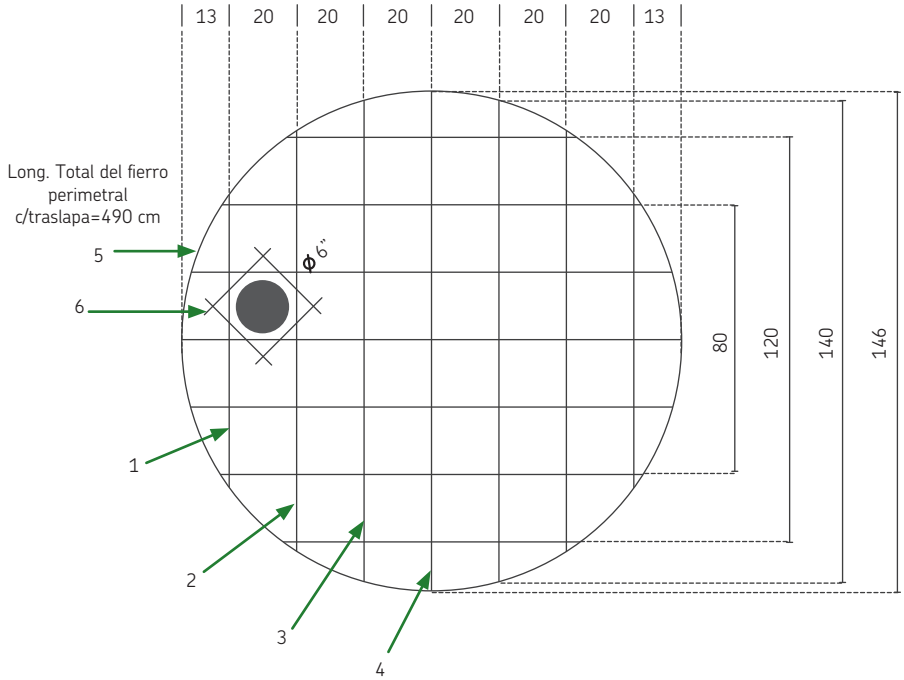
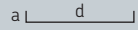
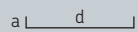
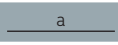


Figura 39: Detalle de las armaduras de fierro de construcción para la losa tapa del pozo de absorción.

Tabla 5. Planilla de fierros para la armadura de la losa tapa del pozo de absorción.

Posición	Esquema	Distancia (m)	(mm)	Cantidad	Longitudes (m)		Parcial (m)	Total (m)
					a	b		
1		0,20	8	4	0,05	0,80	0,90	3,60
2		0,20	8	4	0,05	1,20	1,30	5.20
3		0,20	8	4	0,05	1,40	1,50	6,00
4			8	2	0,05	1,46	1,56	3,12
5			8	1	4,90		4,90	4,90
6			8	4	0,20		0,20	0,80
					Longitud total 8 mm (m)			23,62

8 CONSTRUCCIÓN DE LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Las zanjas de infiltración son de construcción simple, se requieren los siguientes pasos:

- Excavación de las zanjas de infiltración
- Colocado de la piedra y tubería de drenaje
- Instalación de la geomembrana y reposición del terreno natural

8.1 EXCAVACIÓN PARA LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Consiste en la excavación de unas zanjas o trincheras de una sección de forma rectangular con un ancho de 60 cm y una altura de 60 a 70 cm. La zanja en su parte superior podrá ser levemente más ancha para evitar el colapso de las paredes.

La longitud estará determinada por el número de zanjas puestas en paralelo, regularmente serán de 2 a 4 ramales.

8.2 COLOCADO DE PIEDRA

En las zanjas se construye primero una capa de 20 cm de ripio o piedras que pueden ser de 1 a 2 pulgadas. Sobre esta capa se instala un tubería de PVC perforada o ranurada dispuesta con una pendiente de 1% a 2%, como se muestra en la Figura 40.

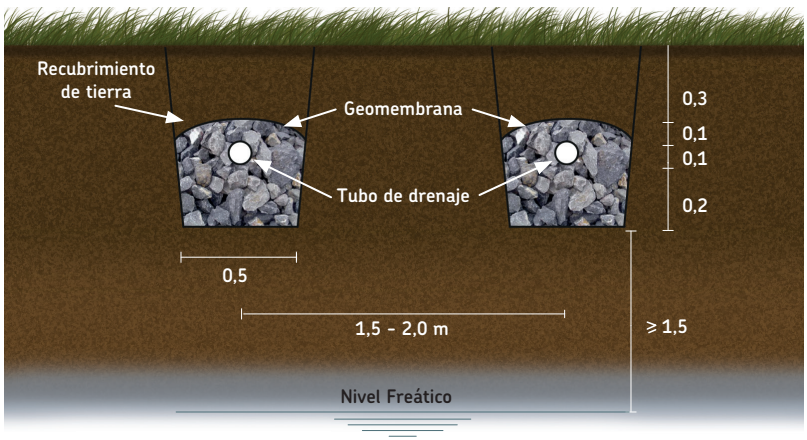


Figura 40: Detalles constructivos y dimensiones típicas de las zanjas de infiltración.

El drenaje se construye con tuberías de PVC Ø 4" que en toda su longitud se le ha practicado unos cortes de 5 mm de ancho y 4 cm de largo. Estos cortes deben estar distanciados entre sí entre 4 a 5 cm; como se ilustra en la Figura 41.

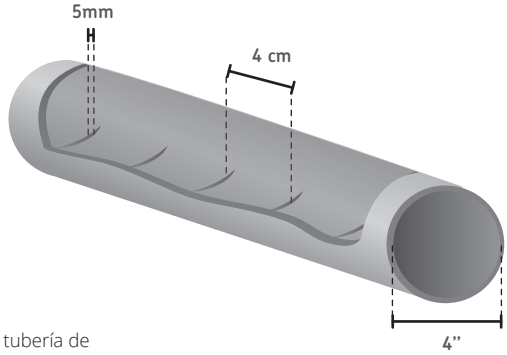


Figura 41: Detalle de la tubería de drenaje ranurada.

8.3 INSTALACIÓN DE LA GEOMEMBRANA Y REPOSICIÓN DEL TERRENO

Cuando se termina de cubrir el drenaje con la piedra o cascote, se instala una geomembrana impermeable o un plástico muy grueso. La función de esta geomembrana es evitar que la tierra colmate el drenaje de piedras por efecto de las lluvias.

La geomembrana se tiende a lo largo del drenaje y luego se cubre con material natural compactando suavemente en dos capas.

El material de relleno será el mismo que se excavó para hacer la zanja, sin embargo, en la parte superior es posible colocar tierra orgánica para plantar césped o cualquier arbusto no frondoso.

9 CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE INSPECCIÓN

La cámara de inspección comúnmente tiene dimensiones interiores de 40x40 cm o 60x60 cm, puede ser construida con ladrillo adobito o prefabricada de concreto.

La construcción de la cámara de inspección comprende cuatro pasos:

- Excavación para la cámara
- Construcción de paredes y fondo de la cámara (Alternativa 1)
- Instalación de cámara prefabricada (Alternativa 2)
- Instalación de tuberías, construcción de canales y revoque interior
- Fabricación de la tapa (Alternativa 1)

9.1 EXCAVACIÓN PARA LA CÁMARA DE INSPECCIÓN

Dependiendo con que material se construya la cámara séptica y del número de conexiones que reciba, la excavación deberá ser de 60cm x 60 cm para cámaras de concreto, o bien, de 80 cm x 80 cm para cámaras de ladrillo adobito. La profundidad estará determinada por la línea y nivel entre la vivienda o baño y la cámara séptica; sin embargo, casi en su generalidad la excavación será de 70 cm.

Para iniciar la excavación, deberán colocarse estacas de fierro de construcción, correctamente alineadas con el sistema y en escuadra. La excavación se realiza con pico y pala, se debe controlar la plomada de las paredes y el fondo debe ser nivelado a mano.

9.2 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES Y FONDO DE LA CÁMARA (ALTERNATIVA 1)

Para la construcción de las paredes y fondo de cámara con ladrillo adobito se requieren los siguientes materiales:

- Ladrillo adobito
- Cemento
- Arena fina
- Agua
- Aditivo hidrófugo (Sika 1 o similar)

Al fondo de la excavación debe vaciarse concreto pobre (relación 1:7) en un espesor de 2 o 2,5 cm.

Se "enladrilla" la base con el ladrillo adobito en posición de carga, los espacios entre ladrillos de aproximadamente 1,5 o 2,0 cm. El enladrillado debe nivelarse perfectamente con nivel de construcción.

Seguidamente se construyen las paredes en soguillo empleando mezcla de concreto con hidrófugo (relación 1:3). Los ladrillos de la primera fila deben estar nivelados y deben disponerse de tal forma que se logre una buena traba evitando fracciones de ladrillo. El resto de la pared se construye con plomada y nivel de forma regular. El nivel final estará determinado por el ras del lugar donde está emplazada la cámara, menos el espesor de la tapa.

9.3 INSTALACIÓN DE CÁMARA PREFABRICADA (ALTERNATIVA 2)

Cuando se emplean cámaras prefabricadas, estas tienen paredes de 5 cm aproximadamente. La excavación debe adecuarse a la dimensiones de la misma. Las cámaras tienen diferentes dimensiones, pero la más común es de 60 cm de lado y 60 cm de profundidad.

Para la instalación debe considerarse la línea y nivel del sistema entre la vivienda o baño y la cámara séptica. Al fondo de la excavación es posible hacer

un vaciado de concreto pobre para darle mayor resistencia.

La cámara se instalará cuidando el ras de la superficie final del lugar y cuidando el espesor de la tapa. La tapa de las cámaras prefabricadas es de hormigón armado y sólo requiere su colocación al final de la construcción, como se muestra en la Figura 42.

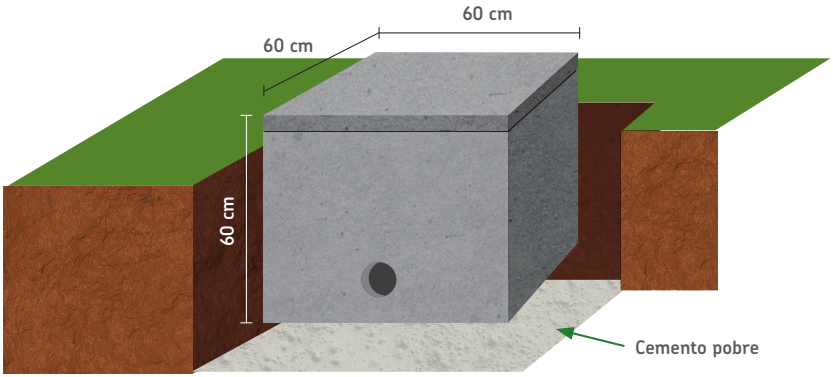


Figura 42: Instalación de la cámara de inspección prefabricada.

9.4 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS, CONSTRUCCIÓN DE CANALES Y REVOQUE INTERIOR

Las tuberías de salida del baño/cocina y la continuación a la cámara séptica se instalan preferentemente a momento de la construcción de las paredes. Deben instalarse con una mezcla rica (relación 1:1) con aditivo hidrófugo. Las tuberías se instalan al ras de la pared más el espesor del revoque.

En el fondo de la cámara debe construirse un canal de "media caña" con pendiente continua a las tuberías de entrada y salida. En caso de otras acometidas deben construirse canales de "media caña" a 60° del flujo principal como se muestra en la Figura 43.

Para dar forma a los canales de fondo, se empleará ladrillo en trozos y mezcla de concreto fuerte (relación 1:2).

Finalmente se realizará un revoque en todas las paredes y la base de la cámara con una mezcla fuerte (relación 1:1) y cemento en polvo. Se enlucirá todas las superficies para posibilitar su limpieza con agua.

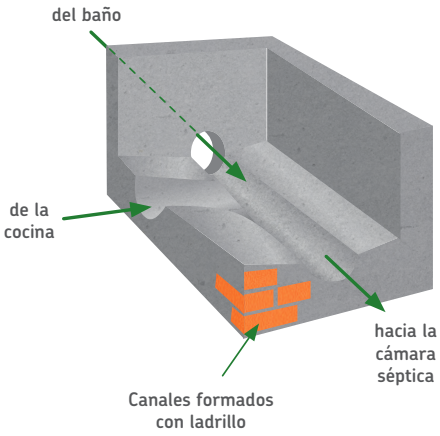


Figura 43: Detalles de los canales de la cámara de inspección.

9.5 FABRICACIÓN DE LA TAPA

Para la fabricación de la tapa de la cámara séptica se realizará un molde con perfiles de aluminio o madera, de 80 cm x 80 cm y un espesor de 5 o 6 cm.

El emparrillado será con fierro de Ø 6 mm cada 13 cm como se muestra en la figura. Si la cámara se construyera en un garaje, será necesario cambiar el fierro por Ø 8 mm y aumentar el espesor de la tapa a 8 cm. El emparrillado debe estar a 2 cm de la base. Debe dejarse 4 orificios para los agarradores con tubería de ½".

El concreto se preparará con arena corriente limpia y cemento con una relación 1:3. Durante el vaciado se varillará (chusear) para que la mezcla entre en todo lugar y se logre una buena distribución del concreto.

El terminado final de la tapa será enlucido con cemento (relación 1:1) y cemento en polvo para que el terminado sea fino.

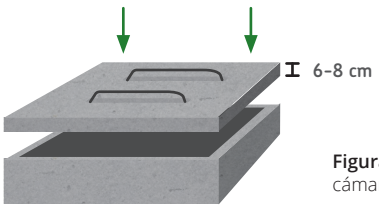


Figura 44. Detalle de la tapa para la cámara de inspección.

10 CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO BIOLÓGICO ANAERÓBICO DE FLUJO HORIZONTAL

El filtro biológico anaeróbico del flujo horizontal consiste en una cámara de ladrillo adobito o prefabricada en hormigón. Deben realizarse los mismos pasos y alternativas que figuran para las cámaras de inspección.

El filtro tiene dos particularidades que le hacen diferente de la cámara de inspección común: i) el fondo del filtro es completamente plano; y, ii) en su interior se rellena con piedra de 2" a 4" en casi la totalidad de su volumen interior. El resto de los criterios y procedimientos constructivos señalados para las cámaras de inspección deben realizarse para los filtros. Éste debe llenarse de piedras de forma uniforme en toda su capacidad. Las piedras se colocan de forma manual cerrando todos los huecos grandes. Es posible reducir el tamaño de las piedras hasta 1" para tener un filtro con mayor capacidad de retención de material flotante.

11 CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA-FILTRO DE DISTRIBUCIÓN

La cámara-filtro de distribución se construye con ladrillo adobito, arena, cemento, aditivo hidrófugo y fierro siguiendo los mismos pasos que se señalaron para la cámara de inspección.

La característica principal de esta cámara es el vertedero horizontal en forma de "U" que se sitúa al ingreso del agua residual. Este vertedero se construye también con ladrillo adobito con paredes revocadas con mortero hidrófugo. El borde superior del vertedero debe ser completamente horizontal para permitir que el agua se distribuya en todos los sentidos, como se muestra en la Figura 45.

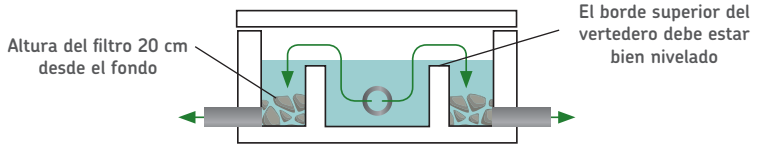


Figura 45. Detalles constructivos de la cámara-filtro de distribución.

La cámara-filtro debe llevar piedra de 2" a 4" en el área interior que tiene forma de "herradura" con un alto de 20 cm desde el fondo de la cámara. Las piedras se colocan de forma manual cerrando todos los huecos grandes para mejorar su capacidad filtrante.

ANEXO

CRITERIOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS CÁMARAS SÉPTICAS y SISTEMAS DE INFILTRACIÓN

Las cámaras sépticas, los pozos de absorción y las zanjas de infiltración requieren poco mantenimiento, pero es importante que sea realizado de forma periódica para reducir el impacto en el agua subterránea y la salud de los moradores de la vivienda.

La cámara séptica se ha diseñado para que sedimenten los sólidos y se produzca la biodigestión. Producto de estos procesos se generan los lodos fecales que deben ser retirados de forma programada.

Las siguientes pautas son primordiales para el mantenimiento de las cámaras sépticas y están dirigidas a los propietarios de viviendas:

a) Las cámaras sépticas deben ser limpiadas por empresas especializadas las cuales reciben el denominativo de: Empresas de Transporte y Recolección de Lodos. Estas se encuentran registradas ante la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS) y tienen contrato de descarga de los lodos con alguna alguna Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA) que cuenta con Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

b) Las Empresas de Transporte y Recolección de Lodos tienen camiones que extraen los lodos y aguas residuales con bombas a vacío que evitan el manipuleo directo de los mismos. Además disponen de equipos de protección personal para evitar ser contaminados.

c) Los lodos de la cámara séptica se deben **succionar anualmente** para evitar que pasen al pozo de absorción o a la zanja de infiltración. Si la frecuencia de limpieza de la cámara séptica se realiza anualmente, se evitará contaminar el agua subterránea.

d) Los pozos de absorción no precisan ser limpiados si existe una limpieza periódica de las cámaras sépticas. Sin embargo, si el propietario de la vivienda no realizó la limpieza oportunamente, es aconsejable que el pozo de absorción sea también limpiado por alguna Empresa de Transporte y Recolección de Lodos.

e) Cuando el propietario llama a una Empresa, además de preguntar el precio, es conveniente averiguar también por el procedimiento que van a realizar para poder hacer el seguimiento al operador.

f) El personal de la empresa, con el apoyo del propietario de la vivienda, localizará la tapa de inspección y la aperturará, en caso de que no existe tapa, la empresa deberá solicitar la autorización del propietario para hacer un orificio a la losa superior de la cámara séptica.

g) El personal de la empresa dejará salir los gases y recién introducirá la manguera de succión. Es importante que cuando se esté realizando la ventilación de los gases, no exista ninguna flama ni cigarrillo encendidos.

h) El periodo de succión es variable y dependerá del volumen de la cámara séptica. El personal de la empresa succionará todo el contenido, pero dejará en el fondo una capa de agua residual de 4 a 5 cm de profundidad, la cual sirve para transmitir bacterias anaeróbicas para tratar los residuos de las próximas descargas.

i) Cuando el camión haya terminado la succión de los lodos de la cámara séptica, el operador deberá mostrar al propietario que existe una pequeña lámina de agua en el fondo empleando una varilla de madera u otro objeto similar.

j) El operador debe cerrar nuevamente la tapa de acceso y limpiar el lugar. En caso de que por accidente se haya derramado lodo fecal, este deberá ser lavado por la empresa.

k) El Propietario debe proteger la tubería de ventilación para que no la rompan los niños o animales. También es aconsejable colocar una malla milimétrica a la salida de la tubería para evitar que los insectos ingresen.

l) Debe evitarse el ingreso de agua de lluvia a la cámara séptica para que el procedo de biodigestión sea completa.

La **Guía para la Construcción de Cámaras Sépticas y Sistemas de Infiltración a Nivel Domiciliario** se ha producido dentro de la **Iniciativa Piloto para la Gestión de los Lodos Fecales Domiciliarios del Área Periurbana de la Ciudad de Santa Cruz**, habiendo sido revisada por los miembros del **Comité Técnico de Coordinación**, conformado por:

Carla Argandoña, Ministerio de Medio Ambiente y Agua
Alejandro Quenta, Ministerio de Medio Ambiente y Agua
Antonio Macchiavelli, AAPS
Alvaro Gonzalias, AAPS
Aleyda Lozada, AAPS
Karol Vivancos, Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz
Ramón Roca, Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz
Richard Jiménez, Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz
David Pacheco, COOPAGUAS
Tito Calvimontes, SAGUAPAC
Marco Salinas, ADELTAR
Yaritza Saucedo, ADELTAR
Luis Sivila, Programa PERIAGUA – Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ)
Luis Guzmán, Programa PERIAGUA – Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ)
Alfonso Alvestegui, Banco Mundial

También se reconoce las aportaciones realizadas por:

Mónica Ayala, consultora de PERIAGUA
Yesenia Romero, consultora del MMAyA

Este documento ha sido posible gracias a la Asistencia Técnica y Financiamiento del **Banco Mundial** en Bolivia.

Socios de la iniciativa:

AAPS
Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico

Gobierno Autónomo Departamental Santa Cruz

Gobierno Autónomo Municipal Santa Cruz Somos Todos

SAGUAPAC

COOPAGUAS LTDA.
PATRIMONIO DE LA VILLA 1RO DE MAYO.

ADELTAR
Asociación de Limpiezas Transportadoras de Aguas Residuales

Con el apoyo de:

BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por:
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH