



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

28

200-A

DISPOSICION INDIVIDUAL DE AGUAS

RESIDUALES EN EDIFICIOS

T E S I S

Que para obtener el Título de

I N G E N I E R O C I V I L

P r e s e n t a

VICTOR LEONARDO ZAMORA GARCIA

México, D. F.

Septiembre 1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

I. Introducción	1
II. Características generales de la disposición individual	3
III. Instalaciones con tanque séptico	6
IV. Instalaciones con tanque Imhoff	20
V. Otros dispositivos	32
VI. Conclusiones	36
Bibliografía	38

I. INTRODUCCION

El agua es un elemento indispensable para la conservación de la vida y la salud en una comunidad. Mediante una labor de arrastre el agua transporta los desperdicios que derivados de nuestras actividades cotidianas es necesario eliminar.

Tras conducir el agua con los desechos, denominada agua residual, a través de tuberías, canales o cualquier otro sistema que se emplee para su recolección y transporte, se llega a la etapa del tratamiento previo a su disposición final.

El tipo de tratamiento que se dará a las aguas residuales dependerá del grado de contaminación que tengan y de hasta que punto se desee tratar, tomando en cuenta las condiciones del sitio de vertido el cual podrá ser una masa de agua o el campo. Desde tiempos remotos se tuvieron problemas con la eliminación de las aguas residuales al afectar éstas el medio ambiente. La contaminación de ríos por aguas residuales sin tratar dió lugar a la formación de epidemias, por otra parte, debido al creciente volumen de aguas residuales, especialmente en las grandes ciudades, y la imposibilidad de conseguir suficiente terreno apto para la disposición final por irrigación de las aguas, llevaron a la búsqueda de nuevos métodos y dispositivos para su tratamiento. Los distintos tipos de agua residual a tratar, el estudio más intenso sobre los efectos ambientales provocados por ellas y el avance en las investigaciones de los principios fundamentales implicados en su tratamiento, son los factores más importantes que han originado el progreso en este campo.

De manera general, los métodos de tratamiento se agrupan en tratamientos primarios, secundarios y terciarios. En los métodos de tratamiento primario predomina la aplicación

de principios físicos siendo el principal objetivo de este -- tratamiento la separación y disminución de los sólidos, en -- suspensión o sedimentables, de las aguas negras, mediante sedimentación libre, tamización fina, o por procesos anaerobios como los efectuados en tanques sépticos y en tanques Imhoff. En el tratamiento secundario generalmente se reciben los e-- fluentes de un tratamiento primario para reducir los sólidos en suspensión y disueltos, en un proceso más complejo, mecánico y biológico. En el tratamiento terciario o avanzado se -- agrupan a procedimientos adicionales que eliminan contaminantes que no han sido afectados por el tratamiento primario o -- el secundario; una desinfección con cloro o una filtración -- intermitente en arena pueden considerarse como tratamientos -- terciarios.

Para una disposición individual de las aguas residuales de un edificio, un tratamiento primario resulta suficiente -- para alojar el efluente en el subsuelo de un área libre del -- terreno de la edificación. Los dispositivos mediante procesos anaerobios son los más utilizados por la mayor reducción de -- la materia sólida de las aguas negras, en comparación con o-- tros métodos de tratamiento primario; además, ofrecen otras -- ventajas en el manejo de volúmenes relativamente pequeños de aguas residuales, las cuales se irán mencionando conforme se describan los dispositivos empleados para este tipo de trata-- miento.

II. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA DISPOSICION INDIVIDUAL

La disposición individual de las aguas residuales de un edificio se efectuará dentro del predio donde se ubique, siendo necesario tratar dichas aguas para su eliminación. Los medios más empleados para tal fin son el tanque séptico y el --tanque Imhoff los cuales dan un tratamiento primario a las aguas residuales mediante un proceso séptico anaerobio.

El proceso anaerobio consiste fundamentalmente en la reducción de la materia orgánica por medio de microorganismos u otras formas vivas submicroscópicas que proliferan en un ambiente desprovisto del oxígeno del aire, llamadas bacterias anaerobias por esta razón, las cuales toman el oxígeno de la materia que las rodea, convirtiendo las sustancias orgánicas a formas poco oxidadas y en donde algunos sólidos son disueltos o pasan al estado líquido, desprendiéndose gases que contienen principalmente anhídrido carbónico, metano y, en ocasiones, cantidades pequeñas de ácido sulfhídrico. En teoría las bacterias anaerobias destruyen las bacterias patógenas acarreadas en el excremento, con una tendencia favorable a la reducción de las formas peligrosas del excremento a productos minerales inofensivos. Lo que bien es cierto, es que la principal ventaja de la acción séptica anaerobia en el tratamiento de aguas residuales, es la cantidad menor de lodos que --hay que manejar en comparación con los que se producen en otros procesos como en la sedimentación simple o en los de tratamiento químico. Otras ventajas son el bajo costo de los --tanques y la reducida atención que se requiere para su operación y mantenimiento.

Una vez terminado el proceso de tratamiento es necesario disponer de los sólidos y los líquidos que se hayan separado. Las natas y lodos procedentes de los tanques Imhoff y tanques sépticos pueden enterrarse en zanjas a una cierta profundidad o prepararse para su utilización como fertilizantes. Los lodos de los tanques Imhoff son de mejor calidad que los extraídos de tanques sépticos y pueden utilizarse como material de relleno sin riesgo de una putrefacción posterior.

La disposición final de las aguas residuales se realiza en forma diferente de acuerdo a las características del efluente tratado. La manera más conveniente de disponer del efluente de un tanque Imhoff es por irrigación de una cierta área de tierra, lo cual se hace generalmente vertiendo el agua residual en zanjas de regadío. Excluyendo una parte que se evapora, el resto se infiltra en la tierra y suministra humedad, así como pequeñas cantidades fertilizantes para la vida vegetal. Este método sólo es aplicable cuando se dispone de superficie necesaria y su mejor aplicación es para zonas áridas o semiáridas en las que tiene especial valor la humedad agregada al suelo. Si se cultivan las zonas de disposición no es conveniente la producción de alimentos para consumo humano que hayan de ser ingeridos sin cocimiento, de preferencia deberán cultivarse exclusivamente forrajes.

Cuando no se disponga del efluente del tanque Imhoff por irrigación el camino a seguir es por dilución, descargando las aguas negras en aguas superficiales como las de un río, un lago o al mar. Esto ocasiona la contaminación del agua receptora aunque cuando es pequeño el volumen de las aguas negras y su contenido orgánico, en comparación con el volumen del agua receptora, el oxígeno disuelto presente en ésta es suficiente para que se produzca la descomposición de la mate-

ria orgánica de las aguas negras sin que se desarrollen condiciones molestas. La cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación aerobia biológica de los sólidos orgánicos de las aguas negras se le denomina demanda bioquímica de oxígeno y es una medida muy usual de la efectividad de los dispositivos de tratamiento de las aguas residuales.

El líquido procedente de un tanque séptico se encuentra generalmente muy contaminado y lo más recomendable es darle una disposición subsuperficial consistente en hacer llegar el efluente a la tierra por debajo de su superficie a través de tuberías perforadas en zanjas, construidas e instaladas bajo ciertas características y que dan lugar a la formación del campo de oxidación para las aguas tratadas en el tanque.

Cuando no se utiliza el agua como vehículo para el alejamiento de los desechos humanos, la letrina sanitaria constituye una solución adecuada que permite confinar debidamente protegidos tales desechos, a la vez que ofrece una solución muy económica.

III. INSTALACIONES CON TANQUE SEPTICO

La disposición de aguas residuales mediante una instalación con tanque séptico consiste en dejar fluir las aguas negras lentamente dentro del tanque, para permitir que la materia sedimentable se precipite hasta el fondo y se realice el proceso anaerobio, antes de pasar el líquido a su eliminación en el subsuelo.

El medio de tratamiento con tanque séptico es recomendable para residencias individuales, escuelas, hoteles, grupos de casas o pequeñas comunidades en donde no exista un sistema de alcantarillado pero se disponga de suficiente provisión de agua, teniéndose en los inodoros un mínimo de 10 litros por descarga. La capacidad del sistema será determinada por el número de personas que se pretenda servir, dependiendo del clima y dotación de la región, para lo cual podemos auxiliarnos con la figura 3.1. No es conveniente instalar un tanque séptico para gastos de aguas residuales mayores a 35 metros cúbicos diarios, siendo preferible para estos casos el uso de tanques Imhoff. Si se le presta la atención debida, el tanque séptico resuelve en forma satisfactoria la eliminación de pequeños volúmenes de aguas negras.

Todo el sistema está integrado por una trampa para grasa, el tanque séptico, la caja distribuidora y el campo de oxidación.

La trampa para grasa, es un pequeño tanque desnatador, instalado antes del tanque séptico con el fin de retener las grasas para impedir que éstas obstruyan los poros del medio filtrante en el terreno de evacuación final. Su funcionamiento se basa en las diferentes densidades de los líquidos en---

trantes a la trampa, provocando que la grasa flote y pueda -- ser extraída para enterrarla; por tal razón, deberá tener fácil acceso para su inspección y limpieza. La capacidad de la trampa para grasa se calcula tomando en cuenta 10 litros por persona servida, la forma y dimensiones recomendadas se encuentran en la figura 3.2.

El tanque séptico, es un tanque generalmente subterráneo y hermético en donde llegan las aguas negras, se retiene a los sólidos y permite la salida solamente del líquido al -- campo de oxidación, aunque es frecuente que se escapen algunos sólidos acompañando al líquido saliente.

En el tanque se va a efectuar el proceso anaerobio con -- la consecuente digestión de la materia orgánica, su reducción a lodos que se depositan en el fondo del tanque y la apari--- ción de natas de los sólidos ligeros que flotan en la superfi--- cie del agua. Algunas características de este proceso se mencionan en el capítulo II, haciéndose hincapié en la gran disminución de los sólidos. En efecto, tenemos como ejemplo que, "el lodo producido en un tanque séptico puede ser de 25 hasta 40 % menor en peso, y de 75 a 80 % menor en volumen, que el -- producido por un tanque de sedimentación simple". En realidad un tanque séptico puede convertirse en un tanque de sedimenta--- ción simple y viceversa, modificando el funcionamiento, sin -- necesidad de cambios en la construcción. Tal funcionamiento -- depende básicamente del tiempo de retención de las aguas ne-- gras en el tanque. Si el tiempo de retención es corto (2 a 3 horas como en un tanque de sedimentación simple) la reducción de los lodos será menor y la frecuencia con la que habrá que limpiar el tanque mayor. Si la retención aumenta, permitirá -- reducir más los lodos y hacer distantes las limpiezas en el tanque. Sin embargo, debe tenerse cuidado contra una septización

excesiva en el agua residual, por el aumento de gases venenosos y de mal olor, además de que un líquido sobreseptizado no es conveniente disponerse en el subsuelo, sobre todo si se tiene un manto acuifero en explotación en peligro de contaminarlo.

Existen diferentes modelos de tanques sépticos en cuanto a forma, pero los depósitos de un sólo compartimiento y rectangulares son fáciles de construir y tienen una buena eficiencia. Algunas consideraciones importantes para el diseño del tanque séptico son las siguientes:

1. Periodo de retención de las aguas negras de 1 a 3 días.
2. Capacidad mínima de 1,500 litros así como un tirante mínimo de 1.10 metros y un colchón de aire de 30 cm.
3. El largo debe ser de dos a tres veces el ancho.
4. La altura de entrada debe estar 5 cm por arriba de la altura de salida.
5. El dispositivo de salida debe penetrar hasta una profundidad del 40 % de la capa líquida o 30 cm como mínimo.
6. La pantalla o T de entrada debe penetrar 25 cm en el interior del líquido.
7. Ambas pantallas se deben colocar de 20 a 30 cm de los orificios de entrada y salida.
8. Si no se instalan las T o pantallas, pueden colocarse deflectores colgantes; uno frente a la admisión para evitar altas velocidades en la superficie del líquido que debe colocarse a 15 cm del orificio de entrada y penetrar hasta 30 cm en el interior del líquido; otro frente a la salida para impedir que escape la espuma, a 60 cm de distancia del orificio de salida y que se profundiza hasta 45 cm.
9. Se establecerá un registro para facilitar la inspección y limpieza del tanque.

10. La distancia mínima de cualquier vivienda debe ser de 3m.
 11. El material que se emplee en su construcción debe ser -- impermeable y resistente a la corrosión.

Para determinar las dimensiones del tanque séptico podemos recurrir a los siguientes tres incisos:

A). Siguiendo las recomendaciones de la SARH, las dimensiones del tanque séptico se determinan de acuerdo a la aportación -- de aguas residuales de la figura 3.1, tomando en cuenta que:

- cuando la aportación de aguas residuales esté entre -- 1900 a 5700 litros por día, el volumen útil del tanque (B X L X h) deberá ser mínimo a un día de aportación
- para aportaciones mayores a 5700 L/D, la capacidad útil mínima del tanque deberá ser de 4260 litros más el 75 % de la aportación diaria.

Estas dos consideraciones, además de algunas de las anteriores enumeradas, fueron aplicadas para la elaboración de la -- tabla que aparece en la figura 3.3.

La capacidad del tanque séptico para escuelas se determina de acuerdo al periodo de trabajo diario escolar en la siguiente forma: el número de alumnos dividido entre el cociente del periodo de retención y el periodo de trabajo escolar, nos da el número de personas en servicio doméstico. Como ejemplo, si el periodo de trabajo escolar es de 6 horas diarias para una escuela de 800 alumnos, tenemos:

$$\frac{\text{periodo de retención}}{\text{periodo de trabajo}} = \frac{24}{6} = 4$$

$\frac{800}{4} = 200$ personas servidas con las que calculamos la aportación de aguas residuales de acuerdo al clima en la figura 3.1.

FIGURA 3.1

Aportacion de aguas residuales para diferentes condiciones de clima

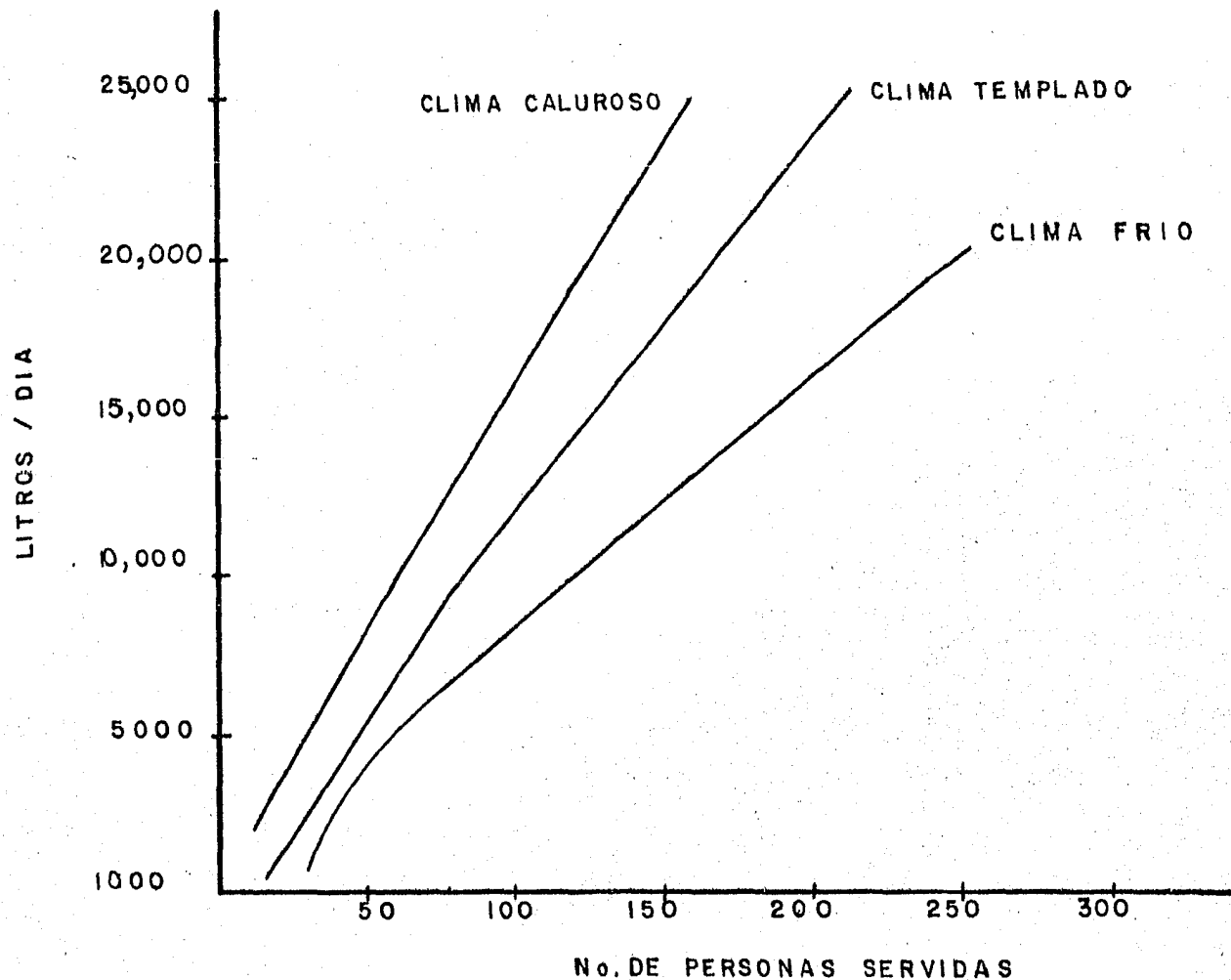
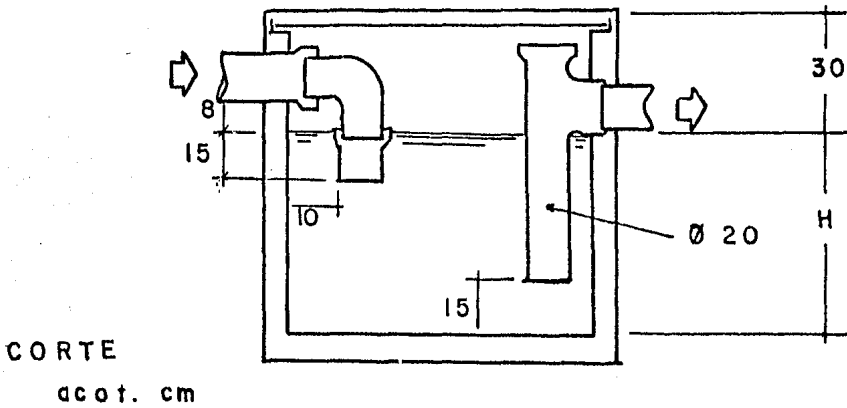
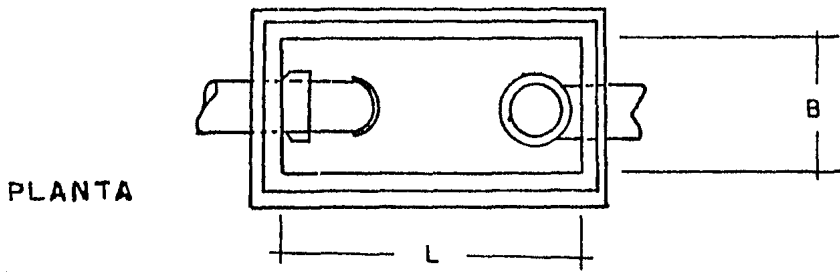


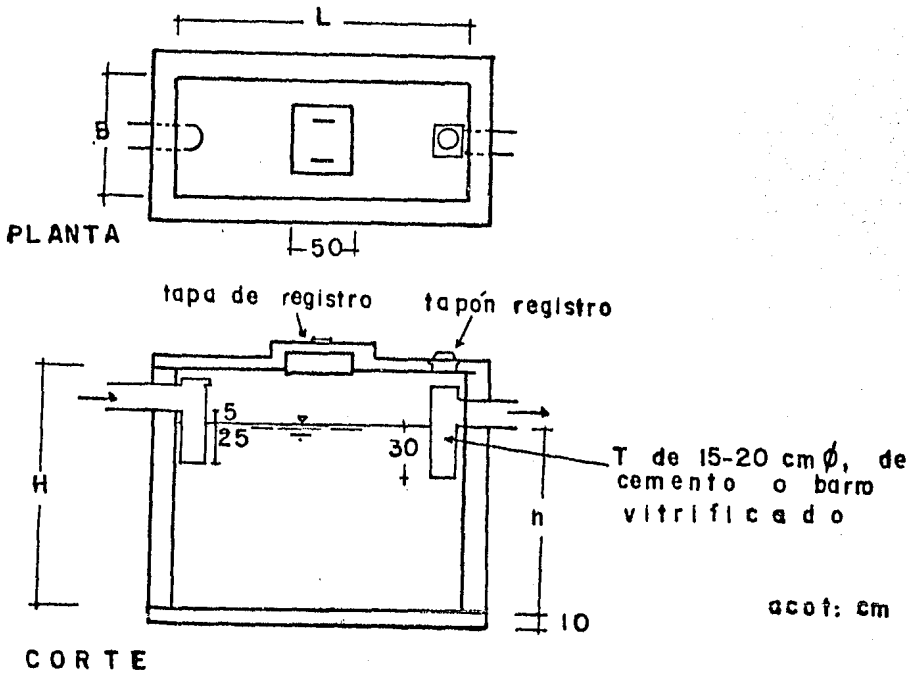
FIGURA 3.2 TRAMPAS PARA GRASA



DIMENSIONES RECOMENDABLES

POBLACION SERVIDA	VOLUMEN LIQUIDO litros	B cm	L cm	H cm
10 - 20	200	40	80	70
20 - 30	300	40	80	70
30 - 40	400	50	95	90
40 - 50	500	55	105	100
50 - 75	750	60	120	100
75 -100	1000	70	140	100
100-125	1250	80	160	100
125-150	1500	90	180	100
150-200	2000	100	200	110
200-250	2500	140	280	120
250-300	3000	160	320	120

FIGURA 3.3 TANQUE SEPTICO



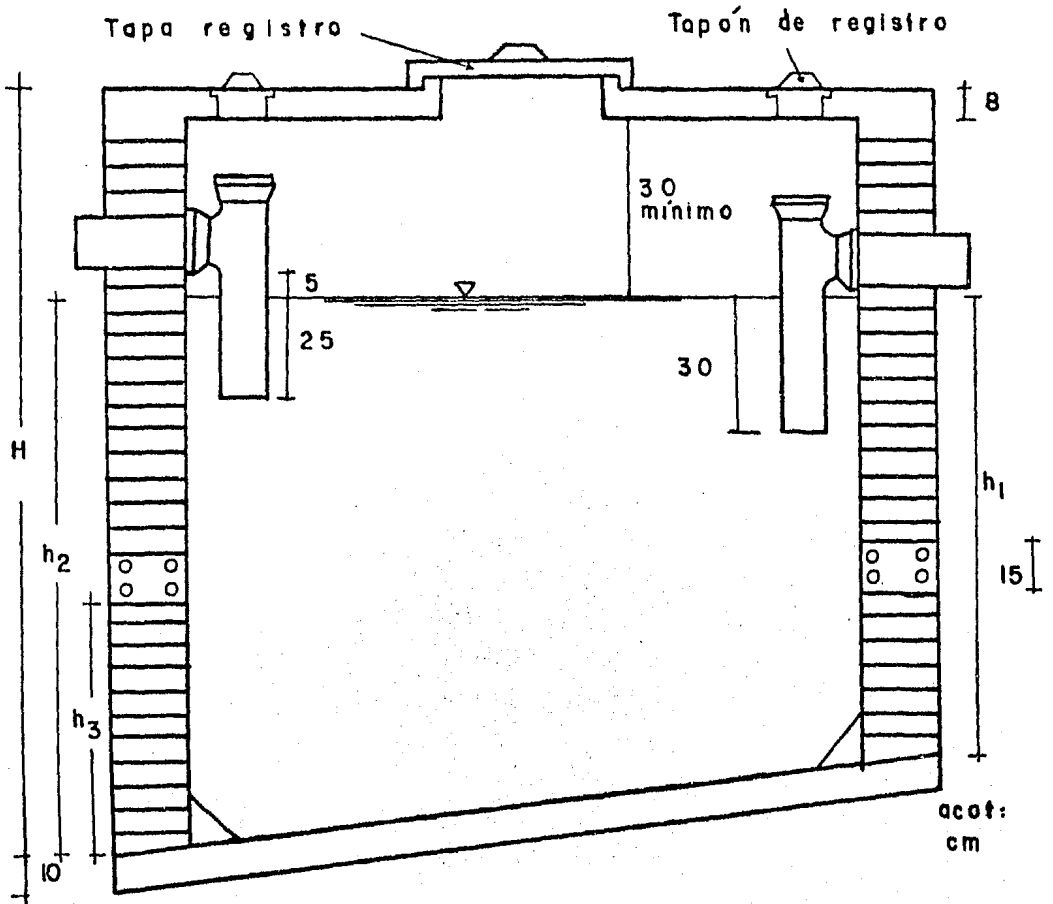
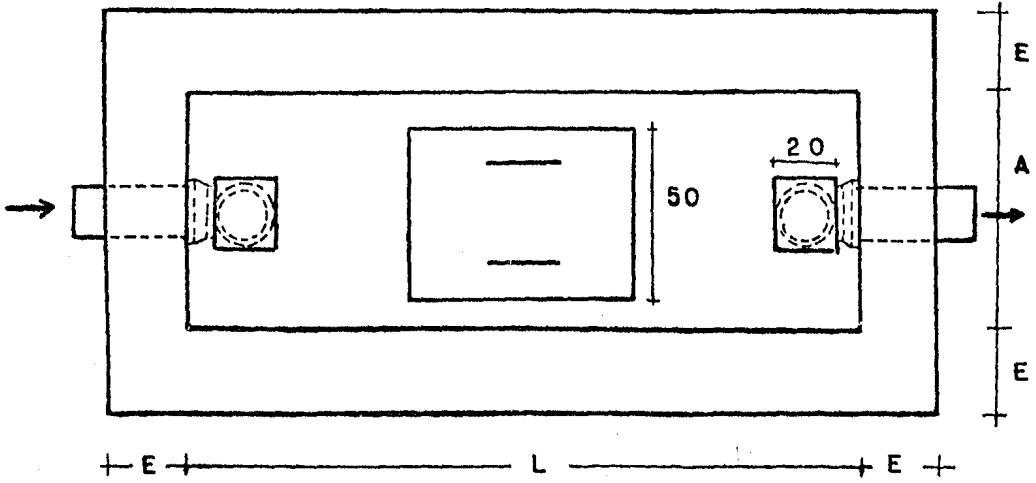
DIMENSIONES RECOMENDADAS PARA TANQUE SEPTICO

aportación l/día	B m	L m	h m	H m	volumen útil litros
1900	0.90	1.80	1.20	1.50	1900
2800	1.10	2.30	1.20	1.50	3040
3400	1.10	2.60	1.40	1.70	4000
5000	1.20	3.50	1.40	1.70	5890
7500	1.80	3.60	1.50	1.80	9885
9000	1.90	3.80	1.60	1.90	11010
12000	2.00	4.00	1.70	2.00	13260
15000	2.10	4.20	1.80	2.10	15510
20000	2.25	4.50	1.90	2.20	19260
25000	2.40	4.80	2.00	2.30	23010
30000	2.60	5.20	2.00	2.30	26760

Tabla 3.3 PARA DISEÑO DE TANQUES SEPTICOS

PERSONAS Servicio Doméstico	SERVIDAS EN: Servicio escolar externo	CAPACIDAD DEL TANQUE EN LITROS	DIMENSIONES EN METROS							E	
			L	A	h1	h2	h3	H	Tabique	Piedra	
hasta 10	hasta 30	1,500	1.90	0.70	1.10	1.20	0.45	1.68	0.14	0.30	
11 a 15	31 a 45	2,250	2.00	0.90	1.20	1.30	0.50	1.78	0.14	0.30	
16 a 20	46 a 60	3,000	2.30	1.00	1.30	1.40	0.55	1.88	0.14	0.30	
21 a 30	61 a 90	4,500	2.50	1.20	1.40	1.60	0.60	2.08	0.14	0.30	
31 a 40	91 a 120	6,000	2.90	1.30	1.50	1.70	0.65	2.18	0.28	0.30	
41 a 50	121 a 150	7,500	3.40	1.40	1.50	1.70	0.65	2.18	0.28	0.30	
51 a 60	151 a 180	9,000	3.60	1.50	1.60	1.80	0.70	2.228	0.28	0.30	
61 a 80	181 a 240	12,000	3.90	1.70	1.70	1.90	0.70	2.38	0.28	0.30	
81 a 100	241 a 300	15,000	4.40	1.80	1.80	2.00	0.75	2.48	0.28	0.30	

FIGURA 34 TANQUE SEPTICO



B). Otra ayuda para obtener las dimensiones del tanque séptico es mediante la tabla 3.3 que corresponde a la figura 5.4, donde se considera una aportación de aguas residuales de 150 litros por habitante por día, un periodo de retención de 24 - horas y para servicio escolar el periodo de trabajo diario es de 8 horas.

C). Aplicando las consideraciones antes mencionadas resolviendo el siguiente ejercicio como ejemplo.

Determinar las dimensiones de un tanque séptico para tratar las aguas residuales provenientes de una comunidad de 100 habitantes. Considerese una aportación de aguas residuales de 150 L / H / D y un tiempo de retención de las aguas en el tanque de 1 día.

Solución:

capacidad del tanque igual a

aportación X tiempo de retención X # de habitantes

150 L/H/D X 1 día X 100 Hab = 15,000 litros

por lo que el volumen útil del tanque es de 15 m^3

Estimando una altura total H del tanque igual a 2m :

$h = 2.00 - 0.30 = 1.70 \text{ m}$

con lo que el área longitudinal es $\frac{15 \text{ m}^3}{1.7 \text{ m}} = 8.82 \text{ m}^2$

Largo igual a dos veces el ancho $L = 2B$

área = $L \times B = 2B \times B = 2B^2$

$8.82 = 2B^2$

de donde $B = 2.10 \text{ m}$; $L = 2 \times 2.10 = 4.20 \text{ m}$

Comparando las dimensiones obtenidas con las calculadas en las tablas de los otros dos incisos, para la misma aportación de agua residual diaria, no existen diferencias apreciables debido a que se tomaron en cuenta las mismas consideraciones de diseño.

Campo de oxidación. Los dos sistemas de disposición final del efluente para instalaciones con tanque séptico generalmente son drenes colocados en zanjas o pozos de absorción. En ambos casos es necesario determinar la permeabilidad del suelo para definir las dimensiones del sistema por emplear. - Las pruebas de infiltración son las más comúnmente utilizadas y consisten en lo siguiente:

1. Se excavan cuando menos 6 pozos u orificios de prueba de - 30 X 30 cm de lado a la profundidad que se piensa dar a las - zanjas y distribuidos uniformemente en el terreno.
2. Se extrae el material suelto y se deposita una capa de are na gruesa o grava fina con un espesor de 5 cm en el fondo.
3. Se procede a saturar el suelo con agua limpia, simulando - la condición más desfavorable para una infiltración del e- fluente, llenando el pozo hasta una altura de 30 cm como mi- nimo, dejando el agua 4 horas por lo menos o toda la noche, - reponiéndola si es necesario.
4. Medida de la velocidad de infiltración. Se efectúa de dife- rente manera para cada uno de los casos siguientes:
 - a) Si queda agua en el orificio después de un periodo de - saturación nocturno, se coloca agua hasta una altura de 15 cm y se mide el descenso del nivel de agua después - de 30 minutos transcurridos; esta medición nos dará la velocidad de infiltración. Si el tirante es mayor de 15 cm después de un periodo de saturación de 24 horas, el terreno es inapropiado.
 - b) Si no queda agua en el orificio tras el periodo de satu- ración nocturno, se añade agua hasta una altura de 15 - cm, se miden los descensos del nivel de agua cada 30 mi- nutos durante 4 horas, reponiéndola si es necesario; la última medición corresponderá a la velocidad de infil- tración.

- c) Si no queda agua en el orificio después de toda la noche y los 15 cm del nivel de agua descienden hasta el fondo en menos de 30 minutos (caso de suelos arenosos) las mediciones se hacen cada 10 minutos durante 1 hora, obteniéndose de la última la velocidad de infiltración.

La velocidad de infiltración se calcula dividiendo la altura del descenso entre el tiempo transcurrido y promediando los resultados de cada uno de los orificios de prueba.

Los drenes colocados en zanjas, consisten en tuberías -- ranuradas o con juntas abiertas para que se realice la oxidación del efluente al hacer contacto con el aire contenido en los huecos del terreno. Por lo tanto, este procedimiento no se utiliza si el subsuelo no es poroso, como en los suelos arcillosos impermeables o en terrenos pantanosos, tampoco es aplicable si el nivel de aguas subterráneas está a menos de -- 1.20 metros de la superficie o si existe peligro de contaminación de manantiales en terrenos calizos fisurados. Las tuberías suelen ser de tubos de concreto con los extremos lisos, de los fabricados en la región, perforados o ranurados en su parte inferior, o bien, con separaciones de 0.6 cm a 1.2 cm -- entre cada segmento, para que el efluente se infiltre.

Los requisitos que debe cumplir el campo de oxidación -- son:

1. El número mínimo de tuberías es de dos.
2. La longitud máxima de cualquier línea de tubería es de 30 metros y la mínima separación entre ellas de 1.80 metros.
3. La profundidad y el ancho de las zanjas varía entre 0.45 y 1.20 metros, dejando una capa de tierra de 30 cm de espesor por encima de la tubería.
4. La pendiente de las zanjas nunca será mayor del 10 % ni menor del 1 %.

5. El campo de oxidación debe estar como mínimo a 15 metros de cualquier fuente de abastecimiento de agua potable.

La longitud de las zanjas se calcula de acuerdo a la capacidad de infiltración del terreno mediante la tabla siguiente.

CAUDALES ADMISIBLES EN ZANJAS Y POZOS DE ABSORCIÓN POR DJA

Tiempo que tarda en descender el agua 2.5 cm (minutos)	Caudal en zanjas de drenaje (litros por metro lineal)	Caudal en pozos de absorción (litros por metro cuadrado)
1	50	215
2	40	175
5	30	130
10	20	95
30	10	45
60	7.5	30

Pozos de absorción. Cuando se dispone de poco terreno -- para el campo de oxidación, el efluente del tanque se vierte directamente en un pozo de absorción, el cual es una excavación circular, cuadrada o rectangular, de 1.80 metros de profundidad mínima y debe construirse de preferencia en la parte más norosa del terreno; sus paredes interiores deben ser recubiertas con piedra redonda o piedra de río y el fondo debe tener grava, cascajo o arena, tal que permitan la infiltración al suelo del efluente. Las dimensiones del pozo de absorción dependerán del Área disponible, del volumen de agua residual y de la capacidad de infiltración del terreno de acuerdo a la prueba (consultar la tabla anterior).

Recomendaciones de operación y mantenimiento.

Antes de poner en servicio un tanque séptico recién construido, se debe llenar de agua hasta el orificio de salida y verterse de 5 a 10 cubos de lodo activado proveniente de otro tanque en funcionamiento, o en su lugar, de una planta de lodos activados. Se debe inspeccionar cada 12 meses en instalaciones domésticas y cada 6 meses en las escuelas u otros establecimientos públicos, teniendo cuidado de ventilar durante una hora o más, antes de realizar la inspección, para dejar escapar los gases venenosos que puedan quedar acumulados en el tanque.

Durante la inspección se debe determinar la distancia desde el fondo de la espuma al extremo inferior del tubo de salida (espacio libre de espuma) y el espesor de la capa de lodo acumulado en el tanque; cuando el espacio libre de espuma sea inferior a 7.5 cm, o la superficie del lodo se encuentre a menos de 0.50 metros del tubo de salida, deberá procederse a extraer el lodo y la espuma por medio de un cubo de inmersión provisto de un mango largo o mediante un equipo de bombeo especial.

La espuma y el lodo extraídos de los tanques sépticos se deben enterrar en zanjas de 60 cm de profundidad mínima o mezclarse convenientemente con otros residuos orgánicos, como basura o hierba, si se quiere utilizar como fertilizante.

IV. INSTALACIONES CON TANQUE IMHOFF

El tanque Imhoff es un dispositivo para dar un tratamiento primario a aguas residuales procedentes de edificaciones o pequeñas poblaciones cuyos gastos oscilen entre 30,000 y 100,000 litros diarios.

Funcionalmente se divide en dos secciones principales, una ubicada debajo de la otra, para llevar a cabo el tratamiento: en el compartimiento superior se lleva a cabo la sedimentación de los sólidos de las aguas negras, mientras que en el inferior se digieren éstos tras haber pasado por una abertura localizada en el fondo del compartimiento de sedimentación. - El tanque consta además de una cámara de espumas para permitir la liberación de los gases, originados por la reducción anaerobia de los lodos dentro de la cámara de digestión.

Los límites en la capacidad del tanque Imhoff para tratar aguas residuales se han fijado de acuerdo a que para aportaciones menores a 30,000 litros diarios resulta más económico dar un tratamiento primario mediante tanques sépticos; - para aportaciones mayores a 100,000 litros diarios no es conveniente el empleo del tanque Imhoff, ya que la sedimentación y la digestión de las aguas negras se logran más satisfactoriamente en estructuras separadas.

Se han construido algunos tipos de tanques Imhoff como el de escurrimiento radial, el de escurrimiento longitudinal con cámara de digestión circular o cónica y el de escurrimiento longitudinal con cámara de digestión rectangular, el cual servirá de modelo para su estudio en este capítulo por ser uno de los más utilizados. Las características principales de las tres partes que constituyen el tanque se presentan a con-

tinuación.

Cámara de sedimentación. Las aguas residuales se someten a la sedimentación en un canal con el fin de enviar los sólidos sedimentables a la cámara de digestión, en tanto, los sólidos flotantes forman natas sobre la superficie del agua del canal sedimentador de donde deberán ser desalojados. La disminución en el contenido de sólidos de las aguas residuales es con el fin de prepararlas para su evacuación definitiva en una masa de agua, o bien, para disponerlas por irrigación.

Las dimensiones de la cámara de sedimentación están en función de la velocidad de escurrimiento, el periodo de retención de las aguas residuales, de la carga superficial y del gasto o cantidad de aguas negras por tratar; no existe fórmula teórica que nos permita determinar las variables anteriores debido a la gran diversidad de características que pueden presentar las aguas negras, como son: tamaño y peso específico de las partículas en sedimentación, concentración de materiales en suspensión, temperatura, fuerzas biológicas, eléctricas y de otros tipos, acción del viento sobre la superficie del líquido en la cámara, etc. Por tal motivo se sigue acostumbrando basar el proyecto de los tanques en las recomendaciones de la experiencia.

En las cámaras de sedimentación, el periodo de retención recomendado para aguas negras domésticas como tratamiento único es de 2 a 3 horas. Un periodo más largo podría conducir a determinar la pérdida de eficiencia en la sedimentación. La velocidad de escurrimiento no debe exceder de 30 cm por minuto ya que una velocidad mayor disminuiría la efectividad de la sedimentación. La velocidad de asentamiento teórica de las partículas, que se maneja como carga superficial, no debe ex-

ceder de 25 metros cúbicos por día por metro cuadrado de superficie de la cámara de sedimentación, lo que nos da una velocidad de asentamiento promedio de 1 hora aproximadamente.

Para tanques rectangulares la relación largo a ancho recomendable varia entre 5:1 y 3:1. La anchura debe ser relativamente estrecha para impedir la formación de corrientes transversales. La profundidad de la cámara debe estar entre 1.5 y 4.5 metros, sin ser muy profunda para que las partículas sedimentables tengan tiempo de caer en la abertura antes de llegar al final de su recorrido en la cámara. Como consecuencia de la trayectoria que siguen las partículas en su asentamiento, esto es la tendencia a depositarse en el lado contrario al punto de partida, surge la necesidad de invertir periódicamente el sentido del flujo del agua en el tanque, a fin de que el lodo acumulado se pueda distribuir más uniformemente en la cámara de digestión. Esto nos lleva a que el dispositivo de entrada al canal sedimentador debe funcionar también como medio de salida. El dispositivo más comúnmente empleado es un vertedor de demasias de pared vertical a lo largo de un canal de entrada o de salida, colocado a todo lo ancho del canal sedimentador; la carga sobre el vertedor de salida no debe exceder de 186 metros cúbicos por día por metro lineal, para reducir al mínimo las fluctuaciones en el nivel de las aguas negras en el tanque, y la cresta del vertedor de entrada debe estar sin la menor pendiente para no producir una distribución desigual del escurrimiento.

El fondo del canal sedimentador debe tener una pendiente no menor de 5 vertical por 4 horizontal, con el fin de que el material que se sedimente descienda a la cámara de digestión de lodos lo más pronto posible. En lo que respecta a la abertura formada por las paredes inclinadas en el fondo, debe te-

ner de 15 a 20 cm entre sus bordes, medidos a lo largo de la inclinación, y el borde inferior debe proyectarse de 15 a 20 cm, medidos en forma horizontal, bajo el borde superior, para impedir el paso de los gases a la cámara de sedimentación. -- Debe establecerse un paso en la parte superior del tanque para poder limpiar constantemente las superficies inclinadas y la ranura; es conveniente que el material con que se construyan las paredes y el fondo de la cámara de sedimentación sean lo más liso posible para evitar la retención de lodos en la cámara, se ha empleado el concreto y ha resultado satisfactorio.

Deben colocarse frente a la entrada y a la salida defletores colgantes, sumergidos de 30 a 60 cm, proyectándose unos 30 cm por encima de la superficie de las aguas negras, para evitar el movimiento de las espumas o su paso al líquido saliente. El borde libre o distancia vertical entre la parte superior de la pared del tanque y la superficie del agua debe estar entre 45 y 60 cm.

En la cámara de digestión se lleva a cabo la reducción de los sólidos sedimentados mediante un proceso anaerobio que se desarrolla en condiciones tranquilas por la ausencia de una corriente de agua en movimiento, ya que el flujo de la misma ocurre en la cámara de sedimentación. Esto favorece a una mejor digestión de los lodos en el tanque Imhoff en comparación con el tanque séptico.

El compartimiento para la digestión también tiene las paredes inclinadas en el fondo, con una pendiente mínima de 2 horizontal por 1 vertical, para concentrar los lodos en el fondo; el material de construcción suele ser también el concreto. La capacidad efectiva de la cámara se considera que es

el volumen total de la misma aproximadamente 45 cm por debajo del borde inferior de la abertura, con el fondo del compartimiento de lodo debidamente inclinado. Debe diseñarse de modo que pueda almacenar el lodo de 6 a 12 meses. En climas calurosos puede ser satisfactorio periodos más cortos ya que los lodos se reducen más a mayor temperatura. Sin embargo, la cantidad de lodos que pueda almacenarse es tan incierta como en otras formas de tratamiento de las aguas residuales. En el país se recomiendan capacidades de 40 litros por persona y periodos más cortos de extracción de lodos.

El lodo procedente de un tanque Imhoff se seca y se evacúa con más facilidad que el de un tanque séptico porque tiene menor porcentaje de humedad debido a la gran presión y al largo periodo a que está sometido en la cámara de digestión; cuando sale del tanque es casi negro, escurre libremente y está lleno de pequeñas burbujas de gas, lo que provoca que se expanda al cesar la presión que hay en el fondo del tanque, lo que le da al lodo una consistencia porosa o esponjosa que facilita su desecación. La carga hidrostática mínima para el escurrimiento libre del lodo o escurrimiento por gravedad, es de 1.80 metros. La tubería debe tener 20 cm de diámetro cuando menos, de hierro fundido, con su extremo inferior abierto a unos 30 cm del punto más bajo de la cámara de digestión. El tramo para la disposición del lodo fuera del tanque deberá ser sensiblemente horizontal con una pendiente entre 12 y 16% para asegurar el escurrimiento del lodo, debe estar provisto de una válvula para cuando se desee hacer la extracción del lodo. Es conveniente establecer un tubo recto desde el fondo del tanque hasta la atmósfera libre para facilitar el aflojamiento del lodo al principio y para impedir la acumulación de bolsas de gas. El lodo se descarga a un canal, situado a un lado del tanque, donde escurre por gravedad a lo largo del mismo, o se eleva con bombas a lechos de desecación o, a otro lugar de evacuación.

La cámara de espumas tiene como funciones principales la de permitir la liberación de los gases de la digestión y la de almacenar la formación de natas, y en ocasiones espumas, que se producen en las aguas negras.

El volumen de la cámara de espumas debe ser aproximadamente la mitad del volumen de la cámara de digestión, en tanto que el área de su superficie debe ser del 25 al 30 % de la proyección horizontal de la parte superior de la cámara de digestión. Ninguna ventila tendrá menos de 45 cm de ancho y una por lo menos tendrá 60 cm, debiendo ser de suficiente tamaño para que se pueda penetrar por ellas al interior del tanque cuando esté vacío. De borde libre deberá tener entre 45 y 60 cm y todas las partes de la superficie del tanque deberán ser accesibles para poder extraer la espuma y los objetos flotantes. No es necesario el establecimiento de un techo para un buen funcionamiento del tanque Imhoff, sin embargo, se usan algunas veces para no propagar los malos olores que puedan formarse, para estimular la actividad bacteriana, para proteger las aguas negras contra las heladas o para impedir la flotación del tanque, construyendo un techo pesado de concreto macizo, cuando el tanque esté vacío y las aguas del subsuelo tengan un alto nivel.

Dimensionamiento del tanque. Las dimensiones del tanque Imhoff se calculan en base a la aportación de aguas residuales que se generan diariamente de acuerdo al número de personas servidas y para diferentes climas conforme a la figura 4.1. El diseño típico, así como las dimensiones del tanque, para diferentes volúmenes de aguas residuales, se presentan en la figura 4.2 y la tabla 4.1.

Un resumen de las principales características de diseño

FIGURA 4.1 Aportación de aguas residuales para diferentes condiciones de clima

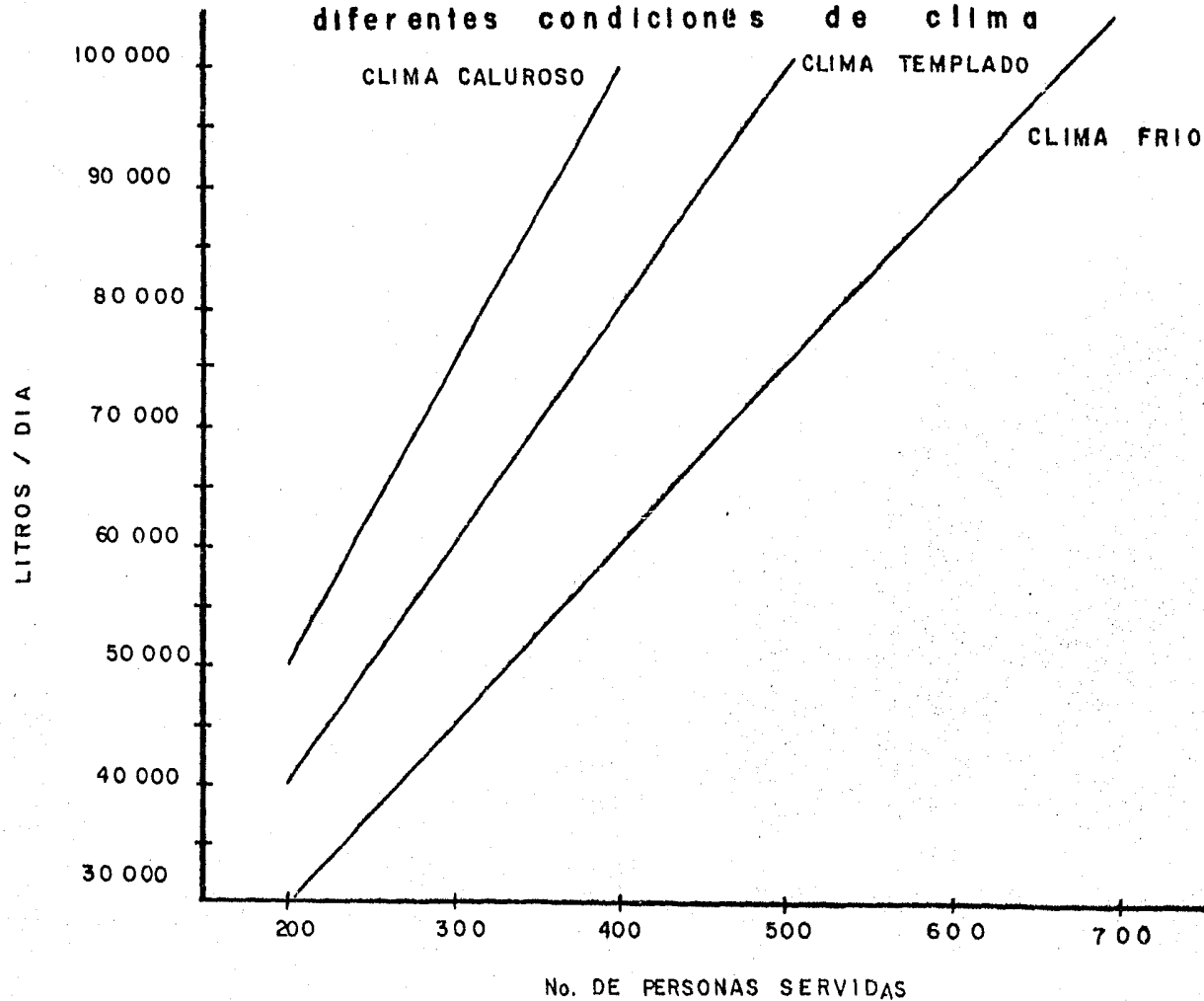
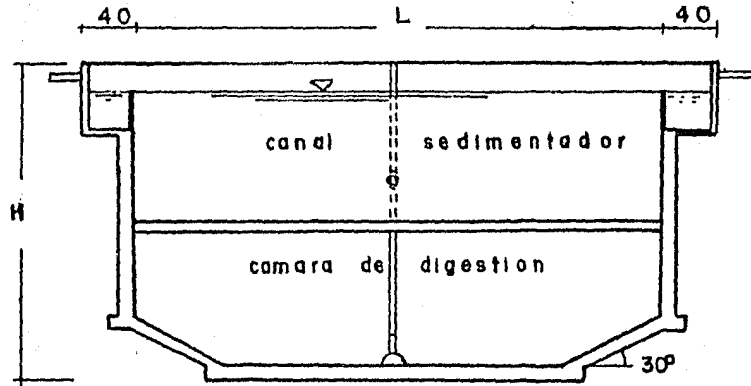


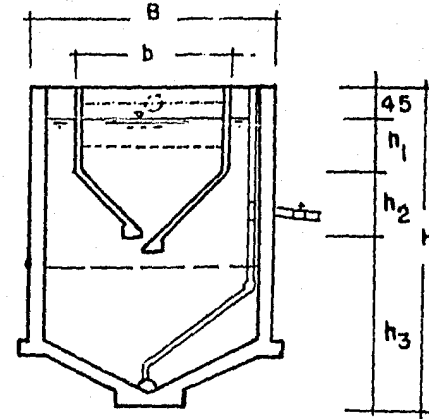
Tabla 4.1 DIMENSIONES DEL TANQUE IMHOFF

Volumen de Aguas Residuales Tratadas	Altura Total m	CAMARA DE SEDIMENTACION				CAMARA DE DIGESTION		
		b m	h1 m	h2 m	L m	b	h2	L
30,000 l/día	6.70	0.70	1.85	0.70	2.10	1.60	3.25	2.10
42,000 l/día	6.70	0.70	1.85	0.70	3.00	1.60	3.25	3.00
60,000 l/día	7.25	1.00	1.60	1.00	3.00	1.90	3.75	3.00
84,000 l/día	7.25	1.00	1.60	1.00	4.20	1.90	3.75	4.20
96,000 l/día	7.25	1.00	1.60	1.00	4.80	1.90	3.75	4.80

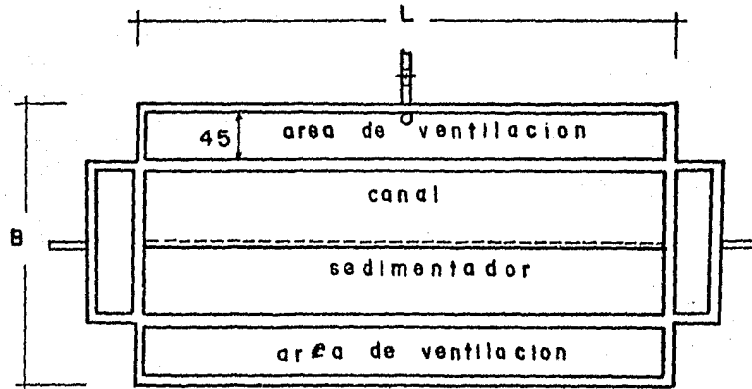
FIGURA 4.2 TANQUE IMHOFF



CORTE LONGITUDINAL



CORTE TRANSVERSAL



PLANTA

acot. cm

para tanques Imhoff que se consideraron para la elaboración - del dimensionamiento son las siguientes:

Cámara de sedimentación

Tiempo de retención	2 1/2 horas
Carga superficial	20-25 m ³ /día/m ²
Velocidad de escurrimiento máxima	30 cm/min
Pendiente de la tolva	1 horizontal por 1 1/2 vertical
Profundidad	1.5 a 4.5 metros
Borde libre	45 a 60 cm
Deflectores	sumergidos 30 a 60 cm sobresaliendo 30 cm
Abertura	15 a 20 cm

Cámara de digestión

Tiempo de almacenamiento de lodos	2-3 meses
Volumen de la cámara	40 litros por habitante
Capacidad efectiva	Se mide 45 cm abajo de la ranura
Pendiente del fondo	30 a 45 grados con la horizontal
Carga hidrostática mínima para la salida de lodos	1.80 metros
Pendiente del tubo	12 a 16 %

Cámara de espumas

Area superficial	25 a 30 % del Area de la cámara de digestión
Abertura mínima	45 cm
Altura total del tanque Imhoff	5 a 10 metros

Recomendaciones de operación y mantenimiento.

Para iniciar la operación de un tanque Imhoff se vacían lodos de digestión activa, de preferencia provenientes de un tanque Imhoff cercano, y se llena con agua limpia el tanque; es conveniente hacerlo en el verano, cuando la temperatura es alta y la digestión de lodos más rápida.

Deben extraerse diariamente las natas y demás materia -- flotante sobre la superficie de la cámara de sedimentación, -- vertiendo las natas sobre la cámara de espumas o enterrándolas, cuidando al desnatar de no alterar la corriente. Las paredes del canal sedimentador deben cepillarse una vez por semana y conservar libre de obstrucciones la ranura y los bordes de los deflectores.

Se recomienda invertir cada mes el sentido del flujo para uniformizar los espesores de lodos en la cámara de digestión, a la vez debe determinarse el nivel de los mismos y descargarse cuando se encuentren a unos 45 cm abajo de la ranura, a velocidad moderada, suspendiendo la extracción cuando cambie el color de los lodos de un negro a un gris o café, señal de lodos parcialmente digeridos. Las tuberías deberán lavarse y llenarse con agua residual antes y después de la extracción de lodos para evitar que éstos se incrusten en la tubería.

Las natas en la cámara de espumas deberán mantenerse húmedas con agua residual de la cámara de sedimentación, quitándola cuando su espesor esté entre 60 y 90 cm. Cuando por condiciones de acidez en los lodos dé lugar a la formación de espumas, deberá agregarse cal hidratada en suspensión a razón de 1/2 kg por cada 100 personas servidas, mezclándose con la nata y espuma, periódicamente, hasta que el pH de los lodos se encuentre entre 7.0 y 7.6. Otras soluciones a este proble-

ma es suspender el servicio del tanque por 3 o 4 días o agitar el área de la cámara de espumas con una manguera de agua.

V. OTROS DISPOSITIVOS

En poblaciones rurales y en zonas semiurbanas que carezcan de un abastecimiento de agua potable intradomiciliario o no se disponga de suficiente agua para la conducción de los desechos humanos ni se cuente con un sistema de alcantarillado, es necesario el establecimiento de letrinas sanitarias - que permitan alojar los desechos humanos, aislándolos debidamente de cualquier contaminación al medio ambiente.

Tipos de letrinas:

1. Con taza.
2. Con sólo huecos en la losa pero ésta a una altura entre 35 y 45 cm a partir del nivel de piso terminado.
3. Con huecos en la losa a ras del piso, conocida como letrina tipo presidio.

Localización de las letrinas:

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

Recomendaciones para su construcción.

Independientemente del tipo de letrina, todas deben cons

tar de: foso, brocal, losa y caseta.

1. Foso.

a) Forma: cuadrado, rectangular o redondo.

b) Dimensiones: la excavación se efectuará considerando -- que tanto el largo como el ancho serán 0.20 metros menores -- que las dimensiones de la losa. La profundidad se recomienda sea de 1.80 metros, pero puede reducirse cuando exista la posibilidad de llegar a una distancia menor de 1.50 metros del nivel freático.

c) Ademes: para evitar derrumbes en terrenos flojos habrá necesidad de ademar las paredes del foso con ademes de madera o de tabiques, dejando espacios entre cada elemento para facilitar la acción de los agentes que se encuentran en el terreno.

d) Tiempo en servicio: dependerá de la frecuencia de uso -- y conservación de la misma; cuando el nivel del excremento -- llegue a 0.50 metros de la superficie del suelo se quitará la losa llenando el foso con tierra, cambiando la losa, taza y -- caseta, cuando ésto sea posible, a otro foso previamente excavado.

2. Brocal.

El brocal podrá ser construido de tabique o piedra, piedra braza, piedra bola de río o cualquier otra lo menos porosa posible que exista en la región, unido con mortero de cal y arena en proporción 1:5. Para el brocal de tabique se pondrán 3 hiladas, asentando una y media hiladas abajo del nivel natural del terreno y una y media arriba que con el espesor -- de la losa darán una elevación de 15 cm. En todo el perímetro se colocará un chaflán con mortero para evitar la entrada del agua de lluvia al foso.

3. Losa.

Se acostumbra utilizar losas precoladas de concreto reforzado que se fabrican en moldes de 1.10 X 1.30 metros, o de 1.10 X 1.10, con un espesor de 5 cm; los huecos en la losa son semicirculares de radio igual a 15 cm y de 30 X 42 cm de longitud total en sus lados. La malla del acero de refuerzo es con varillas de un cuarto de pulgada y la proporción de cemento, arena y grava es de 23-30-62 respectivamente.

4. Caseta.

Pueden utilizarse casetas prefabricadas o construirse con materiales existentes en la región, procurando que sea lo más económica posible. Los techos pueden ser de: lámina, teja, tejamanil, penca de maguey o palma; las paredes de: madera, carrizo, varas, palma, hojas de plátano u otros adecuados para hacer manojos y entretejarse. Los marcos pueden ser de madera rústica o labrada. También se pueden hacer casetas con muros de tabique junteados con mortero de cal y arena, puerta de madera y techo de losas precoladas de concreto armado de 3 cm de espesor. El muro de tabique puede ser "capuchino" o "al hilo", según la fuerza de los vientos dominantes.

Letrinas construidas en forma especial.

Letrina elevada. Este tipo de letrina se utilizará en terrenos duros o rocosos, o cuando el manto de aguas freáticas se localice a poca profundidad. La excavación tendrá una distancia mínima de 1.50 metros entre el fondo del foso y el nivel freático. La losa de piso se eleva mediante un cajón de tabiques para dar una mayor capacidad al foso.

Letrina de foso impermeable. Deberá construirse en las regiones en donde el manto de aguas freáticas se encuentra casi a flor de tierra. Se instala una tapa de concreto removi-

ble para extraer los desechos y enterrarlos en otro lugar, el foso debe ser impermeable con una losa de concreto en el fondo.

En escuelas, centros de recreo, de peregrinación o de -- servicios públicos en el medio rural, conviene construir ad-- junto a la letrina comunal un mingitorio con su pozo de recolección, cuidando de investigar la profundidad del agua subte-- rránea y la capacidad absorbente del suelo antes de construir lo.

Limitaciones:

1. No es adecuada su instalación en suelos arenosos con aguas freáticas altas en cualquier estación del año.
2. Si se construye un foso impermeable deberá cubrirse con un espesor de 50 cm de tierra al desecharse.
3. No se recomienda instalarla en zonas donde existan norias para el abastecimiento de agua, si no se hace previamente un buen estudio de los suelos y de los mantos de agua subterránea.
4. Para el funcionamiento adecuado deberán observarse estrictamente las recomendaciones para su conservación y manteni-- miento.

Recomendaciones para su conservación:

- a) Conservarla bien limpia y libre de otros desechos.
- b) Mantenerla tapada cuando no esté en uso y si la tapa se de-- teriora arreglarla inmediatamente para evitar la entrada -- de moscas al interior del foso.
- c) Arrojar dentro del foso los papeles sucios.
- d) No arrojar dentro del foso las aguas de lluvia, cocina o -- de lavado, ni basuras o cenizas.
- e) No poner dentro del foso ningún desinfectante.

VI. CONCLUSIONES

Por lo expuesto a través de los capítulos anteriores se comprende la imperiosa necesidad de la instalación de sistemas para el tratamiento y disposición de las aguas residuales, procurando así afectar lo menos posible el medio ambiente para nuestro propio beneficio.

Los sistemas más comúnmente empleados para una disposición individual de las aguas residuales de un edificio o de un conjunto de viviendas son el tanque séptico y el tanque Imhoff, los cuales únicamente ofrecen un tratamiento primario, separando una gran cantidad de sólidos, obteniéndose un líquido mucho menos perjudicial que las aguas residuales sin tratar.

Se instalarán en lugares carentes de un sistema de alcantarillado y/o cuando las autoridades sanitarias así lo exijan.

El éxito de estos dispositivos depende mucho de la atención que se preste a las recomendaciones para su operación y mantenimiento.

Resulta más económico la construcción y el mantenimiento de un sistema de tratamiento mediante un tanque séptico para gastos que oscilen entre 1,500 a 30,000 litros diarios de aguas residuales, que utilizar un sistema con tanque Imhoff para esos mismos gastos.

Sin embargo, como el efluente del tanque séptico es de peor calidad al proveniente del tanque Imhoff, al aumentar el gasto aumenta el costo en la disposición final del efluente -

del tanque séptico, esto es, en el costo del campo de oxidación, lo que tiende a nivelar los precios de instalación para ambos tanques cuando se tienen gastos entre 30,000 a 35,000 - litros diarios, haciéndose más costosa la instalación del tanque séptico para gastos mayores.

Además, el liquido procedente de un tanque Imhoff puede tener una reutilización directa, no así el de un tanque séptico, lo que redundo en mayores beneficios.

La aplicación del tanque Imhoff también tiene un límite y para gastos mayores a los 100,000 litros diarios de aguas residuales es preferible el uso de otros medios de tratamiento.

Por otra parte, la letrina es un dispositivo sanitario - muy útil en el medio rural y en donde no se cuente con los sistemas de agua potable y alcantarillado, resultando muy económica y efectiva para la disposición directa de los desechos humanos sin utilizar el agua como medio de conducto.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Alcantarillado y tratamiento de aguas negras
Harold E. Babbitt y Robert Baumann.
- 2) Manual de disposición de aguas residuales
para pequeñas comunidades
S. A. R. H.
- 3) Manual de tratamiento de aguas negras
Dpto. de Sanidad del Edo. de Nueva York.
- 4) Tratamiento y depuración de las aguas
residuales
Metcalf - Eddy.
- 5) Datos prácticos de instalaciones hidráulicas
y sanitarias
Diego Onésimo Becerril.
- 6) Agua, cartilla de saneamiento
CCIS, S. S. A.