



29  
2 Eje

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**División de Ingeniería Civil, Topográfica**  
**y Geodésica**

**“SISTEMAS ALTERNATIVOS PARA EL MANEJO Y  
DISPOSICION DE EXCRETAS, ORIENTADOS AL AHORRO DE  
AGUA Y A LA PREVENCION DE LA CONTAMINACION”**

**TESIS PROFESIONAL**  
**ELABORADA PARA OBTENER TITULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**POR**

**Thomas Cortés Petersen**  
**Federico González Miranda**

**MEXICO, D. F.**

**MAYO 1985**



## **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 está 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.

## INDICE

	pag.
INTRODUCCION	
I ANTECEDENTES	1
1.1 Defecar, Acto Natural Humano	1
1.2 Breve Historia de la Evolución de los Sistemas Sanitarios	2
1.3 Fecalismo a Cielo Abierto	11
1.4 Descripción de los Sistemas más Comunes para el Manejo y la Disposición de Excretas	14
1.5 Necesidad de Sistemas Alternativos a los Convencionales para la Disposición de Excretas	24
II CARACTERISTICAS DE LAS EXCRETAS	30
2.1 Producción y Composición	30
2.1.1 Producción	30
2.1.2 Composición química	30
2.1.3 Composición biológica	32
2.2 Riesgos Patógenos	32
2.3 Posibles Usos de las Excretas	35
2.3.1 Uso en la agricultura	36
2.3.2 Uso en la acuicultura	38
2.3.3 Uso en la producción de biogas	40
III METODOS DE TRATAMIENTO	45
3.1 Compostaje	45
3.1.1 Principios del compostaje	45
3.1.2 Principales factores que intervienen en el compostaje aeróbico	49
3.1.3 Observaciones y recomendaciones para efectuar el compostaje	54
3.1.4 Precauciones en el compostaje	57
3.1.5 Ventajas y Características del compostaje	59
3.2 Principales Metodos de Tratamiento de las Aguas Residuales	61
3.2.1 Pretratamiento	62
3.2.2 Tratamiento primario	62
3.2.3 Tratamiento secundario	63
3.2.4 Tratamiento terciario o avanzado.	64
3.2.5 Procesos complementarios	65
IV SISTEMAS ALTERNATIVOS	67
4.1 Sistemas Secos	67
4.1.1 Características generales	67
4.1.2 Descripción	68

4.1.3	Recomendaciones generales para la construcción, instalación y funcionamiento de los sistemas secos	107
4.1.4	Guía de soluciones a los problemas más usuales en la utilización de los sistemas secos	108
4.2	Sistemas Intermedios	109
4.2.1	Generalidades	109
4.2.2	Descripción	109
V	IMPLANTACION	126
5.1	Los Problemas Actuales del Saneamiento y la Necesidad de Implantar Sistemas Alternativos	126
5.2	Factores que Intervienen en la Selección de un sistema de saneamiento	128
5.2.1	Servicio de abastecimiento de agua	128
5.2.2	Estado actual del saneamiento	129
5.2.3	Condiciones socioculturales	130
5.2.4	Condiciones físicas y climatológicas	130
5.2.5	Análisis económico y financiero	130
5.3	Selección de un Sistema de Saneamiento	132
5.4	Medidas de un Programa para la Implantación de un Sistema Sanitario	133
5.4.1	Objetivos, medidas y propósitos de un programa de saneamiento	133
5.4.2	Formación de un equipo capacitado para llevar a cabo la campaña de implantación	135
5.4.3	La campaña	136
5.4.4	Supervisión, funcionamiento y evaluación	139
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
	GLOSARIO	145
	BIBLIOGRAFIA	148

## INTRODUCCION

Con este trabajo se propone tratar un tema poco difundido: el manejo sanitario de los excrementos humanos y su disposición. No que considerarlo como un problema ya resuelto o insoluble se trata de reconsiderarlo desde sus orígenes.

Este tema ha sido poco tratado, quizá por considerarse vergonzoso o repulsivo por algunas sociedades. Sin embargo, debe ser considerado con el mismo interés que otras actividades naturales y cotidianas del hombre como son el comer y el dormir.

El hombre civilizado solamente se ha preocupado por alejar sus desechos fecales, olvidándose de ellos. Para esto invento los excusados a base de descarga hidráulica y el alcantarillado. Miles de toneladas de desechos humanos son transportados por medio de agua y vertidos al suelo o arrojados al mar, lagos y ríos. Las heces humanas contienen una gran cantidad de nutrientes como nitratos y fosfatos, éstas después de ser tratadas podrían servir como abono para el suelo, y sin embargo en la mayoría de los casos contaminan el suelo así como el medio acuático cuando son descargadas directamente.

Aproximadamente son utilizados 20,000 litros de agua por persona al año solo para transportar las excretas que se podrían reducir y almacenar en un tanque de 200 litros. No tiene caso desperdiciar agua potable usándola en los excusados como agente transportador de los excrementos, si es tan escasa y resulta tan costoso tratarla y suministrarla.

No basta utilizar el excusado para que el problema de la disposición de las excretas desaparezca, existen otras

soluciones. En la actualidad se utilizan y experimentan alternativas a los excusados convencionales, principalmente en Suecia, Francia, Israel y EUA. En China y Vietnam son utilizadas comúnmente desde hace mucho tiempo. Estas soluciones van desde lo más simple hasta lo más complejo, de lo experimental a lo comercial, de lo modesto a lo costoso, y de lo antiguo a lo más moderno. El estudio y la utilización de estos sistemas representa una preocupación por el porvenir en cuanto a conservar los recursos naturales, reducir la contaminación y preservar el equilibrio de los ecosistemas.

La falta de información sobre saneamiento alternativo a la descarga hidráulica presenta un gran problema para su solución. Casi la totalidad de la literatura sobre saneamiento habla solamente de los sistemas convencionales. (1)

En este trabajo se describen y analizan varios sistemas alternativos al desague, a la fosa séptica, a la letrina convencional y al pozo negro. Se le dará mayor énfasis a los dispositivos que funcionan sin agua, "sistemas secos", que reciclan las materias fecales además de ser económicos e higiénicos. También se estudiarán "sistemas intermedios" los cuales economizan una cantidad considerable de agua. Con esto se pretende presentar diferentes opciones para el manejo y la disposición de excretas y así poder hacer una selección apropiada de un sistema alternativo a los convencionales.

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES

#### 1.1 DEFECAR, ACTO NATURAL HUMANO

La defecación es un acto de eliminación efectuado por todos, este es natural, cotidiano y común, por lo que al hablar de él se debería tratar con simpleza y objetividad.

Sin embargo, en vez de usar la terminología correcta: defecar, excretar, excrementos, excretas, materia fecal, heces, orinar, orina, etc., se opta por emplear términos populares y a veces vulgares. Se utilizan símbolos, alusiones y eufemismos que muestran tanto vergüenza como una actitud negativa frente a este acto y sus productos, asociándolos siempre a las ideas de suciedad y de repulsión.

Este rechazo a los desechos del cuerpo se agrava en el transcurso del tiempo, puesto que de niño no se tiene repulsión ni asco por los excrementos o por el hecho de defecar; al contrario, se le considera natural, como el beber, el comer y el dormir. El cambio de actitud parece ser consecuencia del aprendizaje severo de la higiene, que suele llevar a concebir esta función fisiológica no sólo con vergüenza sino hasta con cierta culpabilidad, y a sus productos como sucios.

Por un lado la hilaridad y por el otro la repulsión que causa este tema, han provocado que no se le conceda la debida importancia y ha dado como resultado la escasa preocupación por desarrollar y divulgar los nuevos y variados sistemas sanitarios.

## 1.2 BREVE HISTORIA DE LA EVOLUCION DE LOS SISTEMAS SANITARIOS

Antes de desarrollar este punto resulta oportuno citar a Reginald Reynolds: "El saneamiento tiene su historia, su arqueología y su ciencia. La mayor parte de las religiones se interesan por él, la sociología lo incluye dentro de su esfera y su estudio es imperativo en la ética social. Es necesario algún conocimiento de psicología para comprender su desarrollo y su retraso; se requiere un sentido estético para lograr su apreciación plena, y la economía determina, en alto grado, su crecimiento y extensión. En efecto, quien decide estudiar esta materia con un conocimiento digno de su magnitud, debe considerarlo en todos sus aspectos y con todo lujo de detalles." (2)

La historia del abastecimiento y de la evacuación de aguas principia con el crecimiento de las capitales antiguas, y de los centros religiosos y comerciales, aunque también existen datos que se remontan a la prehistoria. La vasinica, la silla agujerada, y posteriormente el excusado de descarga hidráulica podrían mostrarnos a grandes rasgos la evolución de los sistemas sanitarios, pero algunos datos históricos nos permitirán entender mejor su evolución.

### - La Prehistoria

En Francia se han encontrado muestras de excrementos transformados a través de milenios en coprolitos (excrementos fósiles), los que, se supone, eran evacuados en posición de cuclillas, al aire libre o bien en un hoyo que se recubría con tierra. Se calcula que de esto hará unos 380,000 años. (3)

## La Antigüedad

En Nippur, Sumeria, se han encontrado antecedentes arqueológicos que prueban la existencia de sistemas de drenaje que recolectaban los desechos de los palacios y de los distritos residenciales. Estos datan de aproximadamente 5 000 años (3,000 A.C.).(4)

También, de acuerdo a los arqueólogos, el palacio de Knossos (Creta, 2,000 A.C.) estaba dotado de cuartos de baño, una letrina que se aseaba con el agua de la lluvia y tenía drenes de arcilla cocida. Dicho palacio, al igual que algunos grandes monasterios, muestra una sorprendente sofisticación, ya que los baños de tipo a cuclillas funcionaban con agua y contaban con todo un sistema de canalizaciones muy similar al actual.

Alrededor del año 1,500 A.C., los egipcios utilizaron alcantarillas para llevar las inmundicias de las ciudades a los terrenos cultivables. De la limpieza de estas alcantarillas se encargaban los presos.

Entre las ruinas de Babilonia (1848), se encontraron restos de vastas alcantarillas en las cuales se vertían las aguas sucias de las viviendas por medio de ramales particulares.

En Jerusalem, conductos especiales recibían las aguas sucias del templo y los transportaban a estanques en los cuales se sedimentaban los sólidos que más tarde se extraían para su venta. Las aguas clarificadas se utilizaban para el riego de los jardines circundantes.

Fueron los romanos quienes se distinguieron en lo que a trabajos de higiene pública se refiere. Tarquino el Antiguo hizo

construir, en el siglo VI A.C., la Cloaca Máxima, extensa alcantarilla abovedada de 5 metros de altura, 4 de ancho y 740 de longitud, para drenar el Foro Romano y que aún se encuentra en servicio. A medida que la ciudad crecía, el alcantarillado era completado con afluentes de sección más reducida (cloacas), a los que se empalmaban los ductos de las viviendas particulares, constituidos por tubos de alfarería o por canales revestidos.

En Roma muchas casas estaban provistas de letrinas comunicadas al alcantarillado. Los palacios de los emperadores y los edificios del gobierno también tenían letrinas públicas cuyo mantenimiento se cubría a través de un impuesto. Sin embargo, el sistema vertía en el Tiber.

En ese tiempo los sanitarios eran lugar de reunión. Por otra parte, el esclavo encargado del vaciado de las vasinicas se consideraba como el servidor de más baja categoría.

En la época del emperador Vespasiano se crean los singitorios públicos; la orina recolectada es vendida a los tintoreros.

En Pompeya existían letrinas públicas conectadas a una alcantarilla que llevaba las aguas residuales al mar.

#### - La Edad Media

Durante este largo período la higiene declina notoriamente, a tal grado que casi podría decirse que ni la higiene pública ni la privada existían. El alcantarillado era prácticamente desconocido. Los excrementos se almacenaban en fosas situadas bajo las viviendas, con lo que se contaminaban el suelo y las

corrientes de agua. Se tienen datos de que en las ciudades la gente tiraba con indiferencia a las calles, el contenido de las vasijas. La vía pública fué transformada en albañal y la limpieza del cuerpo se descuidó por completo. Tal vez como consecuencia de ese descuido, terribles epidemias asolaron a casi todos los países, en varias ocasiones.

El aprovechamiento de los residuos orgánicos humanos fué mínimo. Existen datos de que agricultores de Flandes compraban excrementos en las ciudades para usarlos como abono.

#### - La Epoca Moderna

El Renacimiento marca la total decadencia sanitaria, así como la gran indiferencia por el excremento y por la función misma. Se cuenta que en el Louvre, antiguo palacio real de Paris, artesanos, nombres de negocios, comerciantes, visitantes y servidores consideraban los rincones de los salones como lugar apto para defecar. En las ciudades cada noche se recolectaba por medio de carreta la materia fecal que los habitantes arrojaban a la calle. Los encargados de este trabajo eran considerados sin casta.

En Paris (1513) y posteriormente en Burdeos, a pesar de que se ordena la instalación de una letrina por casa, no se obtienen resultados positivos.

En esos años, en Alemania, se utilizan los desechos municipales para las granjas.

En China, ya se emplean letrinas con separación de la orina hacia el frente y se realizan colectas cotidianas de excretas

para su tratamiento comunal.

En Japón, los baños tienen muy a menudo un mingitorio separado, las heces se cubren con tierra y la orina con aceite, posteriormente son recolectados para un tratamiento comunal.

Cabe señalar que el reaprovechamiento de los desechos humanos fuè ampliamente difundido en China, Japón y Corea, países que lo pusieron en práctica desde hace varios siglos.

En Francia, bajo el reinado de Luis XIV, las avenidas y calles se encontraban llenas de desechos humanos, y en la corte habia sillas agujeradas y vasinicas para coleccionar las excretas. El hecho de que el rey concediese audiencias o escribiera en un trono sanitario era visto con naturalidad. Los olores que despedia la ciudad de Paris le restaban por completo su belleza.

El siglo XVIII se caracteriza por el inicio de la privacia en la función de defecar: ya no más audiencias; los baños ya no son lugares de reunión, y a pesar de que el uso de las vasinicas se generaliza, las ciudades siguen oliendo mal.

Se puede decir que todavia al finalizar el siglo XVIII se ignoran totalmente las reglas más elementales de la higiene pública e individual.

#### - La Revolución Industrial

En el siglo XIX se inicia el verdadero cambio y la evolución de los sistemas sanitarios, con el uso del agua como agente transportador de los desechos fecales. Da principio la época de la plomeria. No obstante que la humanidad es presa de fuertes epidemias de cólera, por primera vez se relaciona la insalubridad

fiscal con la propagación de las enfermedades. Es el despertar al temor por los microbios (Pasteur).

Las letrinas toman el lugar de las vasínicas.

"Aunque las ciudades estuvieron provistas de sistemas de drenaje durante siglos, aquellos fueron construidos sólo para conducir el escurrimiento de aguas de tormentas.

La descarga de los desechos fecales en los drenajes estuvo prohibida hasta bien entrado el siglo XIX. Antes el uso de los drenajes para esos fines era clandestino." (4)

"En todas las grandes ciudades del mundo había gente que vivía en sótanos y bodegas. En un gran número de casas las letrinas se encontraban a un nivel igual o superior a las viviendas y con frecuencia sus contenidos se filtraban en los departamentos adyacentes. Las letrinas eran tan pequeñas como escasas, y sin ventilación ni tapas." (2)

Es en París (1832) al brotar la primera gran epidemia de cólera, cuando toma forma una verdadera preocupación por el saneamiento de las grandes ciudades. Se plantean entonces, tres opciones:

- o La del transporte de las aguas residuales por medio de tanques acarreados por caballos. Esta solución no prosperó debido a la deficiente organización del servicio municipal.
  - o La del tratamiento en el lugar. Este tratamiento, parcial o totalmente biológico, se encontraba aún en estado experimental.
- La fosa séptica aparece en 1881 y no es sino hasta

1877 que se propaga su uso, gracias a los perfeccionamientos hechos por D. Cameron, en Inglaterra.

En cuanto a los sistemas de tratamiento en seco de los excrementos, existían de manera más o menos elaborada con uso de tierra que se suministraba mediante una manivela.

El inglés Moule establece la compañía "Excusados de Tierra" después de la gran epidemia de cólera que azota nuevamente a Europa entre 1849 y 1854. Aún no se conocía bien el proceso para reaprovechar los excrementos humanos. "Los trabajos del célebre Sir A. Howard, en India, en 1730 llegaron demasiado tarde cuando el uso de los excusados con agua ya se había extendido considerablemente, anulando de esta manera la posibilidad de recurrir a la opción seca".  
(4)

La opción del transporte de los excrementos mediante el agua. Esta fué finalmente la adoptada, a pesar de que se consideró que representaba un verdadero desperdicio de agua debido al gran consumo que exigía y a la manera como este gasto afectaba la agricultura.

A raíz de las epidemias de cólera entre 1848 y 1854 en Inglaterra, el sistema de desagüe se generaliza. Asimismo, se crea toda una legislación al respecto.

Hamburgo (1848) y Altona (1857) fueron las primeras poblaciones de Alemania que tuvieron un sistema completo de alcantarillado. A estas ciudades siguieron Frankfort (1857), Dantzig (1869) y Berlín (1873).

En 1857 en E.U.A., Julius W. Adams diseña el primer

sistema extenso de alcantarillado para Brooklyn, N.Y..

El excusado provisto con tanque para el almacenaje de agua denominado "water closet" o abreviadamente "W.C." inventado por el ingeniero inglés T. Crapper tal vez no hubiera prosperado si los progresos de la agronomía no hubiesen desembocado en el descubrimiento de sustitutos al abono humano. Era la época del guano peruano (importaciones masivas entre 1850 y 1890), posteriormente los nitratos de Chile y del avance en el área de los abonos químicos.

En 1860 se inventa un tanque de W.C. con dos compartimientos: uno de 10 litros para el material sólido y otro de 3 para el líquido.

El ingeniero francés Wazon recomienda el desagüe apoyándose en los descubrimientos de Pasteur y desecha los pozos negros, puesto que en ellos se almacenan los virus que con mayor agresividad afectan a la especie humana. En París entre 1851 y 1870 se construye el colector general, el cual al verter directamente en el Sena, lo contamina. El 10 de julio de 1894 en la misma ciudad se proclama una ley que obliga a la conexión al sistema de desagüe y por la cual se cobra una tarifa anual.

De esta manera, Europa adopta la solución inglesa del desagüe, ya que presenta la solución más fácil para deshacerse inmediatamente de los desechos. "Se pasó de un problema social de salud e higiene a un problema de ingeniería". (3)

En esta misma época, en China y Japón, existe la inquietud

por construir un excusado más sofisticado. Se cuenta que en Hiroshima 3 personas que viviesen en un cuarto, economizaban la renta de uno de ellos con el producto de la venta de sus excrementos. En Tokio solucionan el problema de los desechos humanos colectándolos en carretas tiradas por caballos y llevándolos a las granjas donde posteriormente serían tratados, vendidos y utilizados.

- La Epoca Contemporánea.

Los años treinta marcan el apogeo de los aparatos sanitarios tan suntuosos como elegantes entre las clases acomodadas de Europa. En 1940 se desarrollan los modelos prefabricados en porcelana blanca y brillante.

En E.U.A. en 1930, en algunos sitios aún se recolectan los desechos en vagones tirados por mulas.

En China y Vietnam, se han realizado campañas oficiales promoviendo a gran escala y con éxito sistemas secos.

Suecia, Holanda e Israel son los países occidentales más avanzados en el tratamiento de las materias fecales y en su reaprovechamiento. (3)

### 1.3 FECALISMO A CIELO ABIERTO

El desarrollo acelerado de las áreas urbanas, provocado por el crecimiento industrial y la inmigración, ha dado relevancia al problema de la deficiencia de los sistemas de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado. El ritmo de crecimiento de la población excede al de la construcción de viviendas, generando diversos problemas como el hacinamiento, la insalubridad y en general la aparición de áreas en que se degrada notablemente el ambiente físico y social. En estas áreas marginadas, denominadas en México ciudades perdidas, imperan condiciones de miseria, promiscuidad y falta de higiene; al mismo tiempo carecen de servicios sanitarios.

Se calcula que una quinta parte de los habitantes del área metropolitana de la ciudad de México defeca al aire libre (5). En este caso, las heces fecales, con su contenido de microorganismos patógenos y parásitos, se depositan directamente en la tierra, iniciando una cadena de peligrosas contaminaciones en el suelo, subsuelo, agua, aire y alimentos. En las viviendas proliferan diversas especies de insectos, particularmente moscas y cucarachas, que sirven como vehículo para la propagación de enfermedades.

Este tipo de contaminación no solo es dañina a nivel local sino que perjudica a grandes áreas, ya que las heces se deshidratan y son esparcidas por el viento así como por el agua; su destino son las corrientes subterráneas que a su vez serán fuente de abastecimiento de agua.

El hombre ha realizado múltiples esfuerzos por mejorar la

calidad de vida y el nivel de educación, sin embargo, para un gran número de seres humanos los hábitos apenas han cambiado, particularmente el de la micción y la defecación en áreas descubiertas, hecho que contamina en alto grado el ambiente y que produce un círculo vicioso.

Si se toma en cuenta que la mortalidad infantil por enfermedades entéricas ha ocupado en promedio el segundo lugar en el país, y que la población urbana marginada y sin acceso a los servicios de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado, es cada día mayor, se advertirá la estrecha relación que existe entre la insalubridad del medio y la proliferación de estas enfermedades. Está demostrado que cuando la evacuación de excretas se realiza en condiciones higiénicas, la incidencia de enfermedades y la mortalidad se reducen considerablemente. Es necesario considerar que las excretas depositadas en el suelo son esparcidas por el viento y por el agua, y que la supervivencia de los gérmenes contenidos en ellas se ve afectada por condiciones tales como temperatura y humedad. En el caso de la Ciudad de México, todo parece indicar que las condiciones ambientales son favorables para la reproducción de estos microorganismos. La pobre acción germicida del sol no contraresta la acción de los contaminantes aéreos en la venta de frutas frescas, dulces, antojos y fritangas, también a cielo abierto.

Considerando que, una quinta parte de los habitantes del área metropolitana defeca al aire libre, resulta que 3.4 millones de personas lo hacen diariamente. Si se toma en cuenta que cada persona evacúa un promedio de 300 gramos diarios en peso húmedo

La materia fecal, más 1,000 gramos diarios de orina, se concluye que diariamente se depositan en áreas descubiertas 1,020 toneladas de heces y 3,400 de orina. Este material al secarse, queda reducido a 255 toneladas de heces en peso seco, con un 75% de humedad, y 238 toneladas de orina en peso seco, con un 95% de humedad. Sumando, se totalizan 493 toneladas diarias de desechos humanos sólidos compuestos de materia orgánica, microorganismos patógenos y no patógenos, protozoarios y parásitos. (5)

El proceso de transmisión de la enfermedad a partir de las excretas es, generalmente, a través del agua, de las manos, de diversos artrópodos y del suelo; estas vías de transmisión inciden en los alimentos incluyendo la leche y las hortalizas, con las que entran en el nuevo huésped, o sea el hombre, causándole, según su edad y resistencia, el debilitamiento y aún la muerte. Para interrumpir este proceso será necesario crear una barrera de saneamiento entre las excretas o foco de infección, y las vías de transmisión.

Los padecimientos más comunes causados por fecalismo a cielo abierto son, entre otros, la salmonelosis, la disenteria bacilar, la hepatitis infecciosa, la enterobiasis, la ascariasis, la amibiiasis y la anquilostomiasis.

Una de las actividades de mejoramiento del ambiente que se desarrollan, no sólo en los cinturones de miseria de las áreas urbanas, sino también en zonas rurales, es la construcción de letrinas, esta solución no es la óptima, ya que por no ser una estructura permanente, por lo general no se le brindan los cuidados necesarios en su construcción, uso y mantenimiento, generando así condiciones poco higiénicas.

#### 1.4 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS MAS COMUNES PARA EL MANEJO Y LA DISPOSICION DE EXCRETAS

En la actualidad de acuerdo al lugar y a los recursos disponibles, se emplean principalmente los siguientes sistemas para la disposición de excretas:

- o Sistema de descarga a la red de alcantarillado
- o Sistema de descarga a fosa séptica
- o Letrina y pozo negro

Antes de describirlos, se hace necesario mencionar las características y el funcionamiento del excusado, que constituye un componente esencial de los sistemas de descarga a red de alcantarillado y a fosa séptica.

El excusado, también llamado retrete o inodoro, es un mueble sanitario hecho de materiales impermeables fácilmente lavables. Para su funcionamiento requiere de una dotación de agua, así como de una salida entubada. Los materiales que por lo general se emplean en su fabricación son porcelana vitrificada y plásticos.

Existen diversos tipos de excusados y en nuestro medio el más utilizado es el llamado "excusado inglés", que ha sido diseñado para desalojar por vía hidráulica las excretas, generalmente acompañadas de papel.

Los principales componentes de este mueble son dos: la taza con su asiento y tapa; y el sistema de lavado, el cual puede ser a base de un tanque de depósito o bien de un fluxómetro. Actualmente los tanques de depósito bajo son los más usados y están acoplados a la taza, o bien, unidos a la misma por medio de un codo; su capacidad es generalmente de 15 a 20 litros,

dependiendo del modelo del excusado. El tanque de depósito retiene el agua, lista para ser descargada con suficiente presión para vaciar y lavar debidamente el interior de la taza cuando esto se requiera. El llenado del tanque se hace en forma automática, regulándose la cantidad de agua por medio de una válvula de flotador.

El funcionamiento de la taza depende de la entrada rápida del agua desde el borde de la taza a través de agujeros diagonales que originan un movimiento centrípeto, creando un vórtice o remolino en el centro de la taza, lo que permite su lavado. Para evitar la salida de gases malolientes de los albañales la taza tiene interiormente un sifón.

El lavado de las tazas de excusado con fluxómetro, no difiere de las que usan tanque. El fluxómetro sustituye al tanque. Por medio de una válvula diseñada para producir una descarga con un gasto aproximado de 2 litros por segundo, se regula para que su descarga sea de 15 litros en un tiempo no mayor de 3 segundos. Tiene un cierre automático lento para evitar golpe de Ariete en la tubería de alimentación.

La instalación de excusado con fluxómetro sólo es aconsejable cuando se cuenta con presión de agua suficiente.

#### - Sistema de Descarga a la Red de Alcantarillado

Esta solución consiste en la descarga de las excretas y el agua del excusado al drenaje público constituido por una red de alcantarillado. La recolección se realiza mediante albañales conectados al alcantarillado.

Una red de alcantarillado es un sistema de ductos, generalmente subterráneos, que sirve para coleccionar y transportar las aguas usadas por una población.

Existen dos tipos de sistemas de alcantarillado: el separado y el combinado. El primero colecciona por separado aguas residuales y pluviales; el segundo lo hace simultáneamente.

Las redes de alcantarillado están formadas por atarjeas, subcolectores, colectores y emisor. En algunos casos estas redes se complementan con una planta de tratamiento de las aguas residuales.

En el proyecto de la red de alcantarillado resulta fundamental el sitio de vertido de las aguas con el objeto de evitar en lo posible los perjuicios que se pudieren ocasionar. Una manera de aminorar el grado de contaminación de las zonas o corrientes receptoras es tratar las aguas residuales para eliminar gran parte del contenido de organismos patógenos y de materia orgánica que llevan consigo.

#### - Sistema de Descarga a Fosa Séptica

Cuando no existe un sistema de alcantarillado para la recolección y conducción de las aguas residuales, la fosa séptica, como sistema de depuración, permite obtener un efluente tratado pero sin un tratamiento completo.

La fosa séptica no produce por si sola la depuración de las aguas residuales, sino únicamente la disgregación y solubilización de la materia orgánica. Es preciso por lo tanto, darle un tratamiento al efluente de dicha fosa a fin de oxidar la

materia orgánica. No se debe descargar el efluente de la fosa séptica directamente al suelo, corrientes o cuerpos de agua sin el tratamiento de oxidación. Un sistema completo de fosa séptica está integrado por los siguientes elementos:

- o Trampa de grasas (cuando se prevén fuertes descargas de grasa).
- o Tanque séptico.
- o Caja de distribución.
- o Dispositivo de depuración final.

### El Tanque Séptico

El tanque séptico consta en la mayoría de los casos de dos cámaras o compartimientos rectangulares, y ésta se construye en general bajo la superficie del suelo [fig. 1]. El primer compartimiento, el cual es del doble de capacidad que el segundo, es el que recibe el agua de los excusados así como las demás aguas usadas en la casa habitación. El tiempo de retención medio en el tanque es de 1 a 3 días, durante este tiempo los sólidos se sedimentan casi en su totalidad en el primer compartimiento, donde sucede una digestión anaeróbica. El papel de la fosa séptica es el de mantener las materias fecales en un medio cerrado, propiciando la descomposición de los sólidos orgánicos sedimentados, lo cual se conoce como digestión de lodos. Aunque la digestión de los sólidos sea razonablemente efectiva, se acumula algo de lodo en el fondo del primer compartimiento principalmente, por lo que es necesario limpiar la fosa periódicamente. Dependiendo del tamaño del tanque y del número de

usuarios, esta limpieza se hará con un periodo variable de 1 a 5 años.

El tamaño del tanque, dependiendo del número de usuarios, debe ser suficientemente grande para proporcionar las condiciones de reposo adecuadas para una apropiada sedimentación, y para que el tiempo de retención sea al menos de 24 horas.

Por medio de unos conductos que se localizan en el muro divisorio, pasan las aguas al segundo compartimiento, del cual sale el efluente hacia la caja de distribución.

#### La Caja de Distribución

Esta caja tiene como función distribuir el agua entre los tubos que la conducirán al campo de oxidación o a los pozos de absorción. La caja, al igual que el tanque, debe estar provista de un registro para poder realizar inspecciones periódicas. Si se observan sedimentos en la caja de distribución es signo de mal funcionamiento del tanque séptico.

#### El Dispositivo de Depuración Final

La disposición del efluente de fosas sépticas directamente al terreno, a pozos de absorción o a campos de oxidación, son los métodos más comunes. También existen como métodos de depuración final por oxidación las camas de arena y para flujos grandes del efluente, las lagunas de estabilización. Después de esta depuración final por oxidación, en la cual el efluente entra en contacto con el aire y con el terreno, perdiendo su peligrosidad,

CONDICIONES DE CONSTRUCCION DE BIODIGESTORES DE FOSFO SEPTICA

CONDICIONES DE  
DE FOSFO

CONDICIONES DE  
DE LA FOSFO

CONDICIONES DE  
DE FOSFO

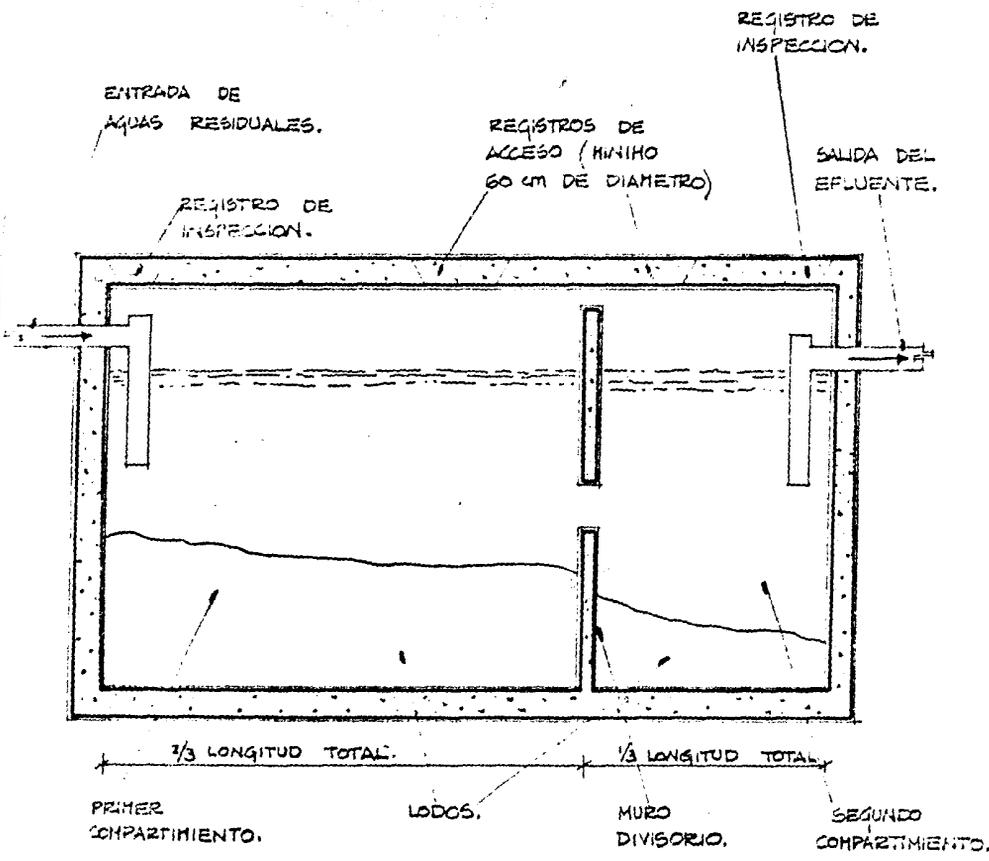


FIG. 1  
 TANQUE SEPTICO.

Este podrá ser absorbido por el suelo o ser vertido a alguna corriente de agua. La elección del dispositivo a aplicar depende principalmente de las características del terreno y básicamente del poder de absorción del suelo.

A continuación se hace una breve descripción de los principales sistemas de disposición del efluente.

#### Pozos de absorción

Los pozos de absorción consisten básicamente en una excavación o fosa generalmente de planta circular, cuyo fondo y paredes permiten el paso del agua al terreno. El revestido de las paredes puede hacerse con piedras o con tabiques, siempre y cuando las juntas permitan el paso del agua. Del tubo de llegada hacia arriba, los pozos deben ser impermeables, para impedir el paso del agua superficial.[fig. 2]

El pozo de absorción es el dispositivo más económico para el tratamiento del efluente de una fosa séptica, requiere poco terreno, su costo es bajo y solo necesita inspección y limpieza aproximadamente cada 2 años. Sus limitaciones son: la clase de terreno, que al menos debe de ser de mediano poder de absorción; el fondo debe estar separado más de 1.5 metros del nivel de aguas freáticas y alejado a más de 50 metros de las fuentes de agua potable.

El número de pozos y las dimensiones recomendables dependerán de la capacidad del tanque séptico y de la clase de terreno.

## Campos de oxidación

Este método tiene las ventajas de que puede recibir mayores flujos de efluente que los pozos de absorción y que puede usarse en los suelos menos permeables. Consiste básicamente en colocar una tubería en zanjas, como se muestra en la figura 3a, con tubos de plástico, metálicos o de concreto, perforados cada 20 centímetros, y con una pendiente de 3 a 10 al millar. La distancia mínima entre las líneas debe ser de 2 metros, desde luego requiere mucho mayor terreno que los pozos de absorción y su implantación debe hacerse en zonas planas o con poca pendiente, requiere zanjas especialmente construidas [fig. 3b].

Su inspección debe realizarse constantemente debido a que fácilmente las tuberías pueden obstruirse, desviarse o romperse.

## Las camas de arena

Consisten en excavaciones tipo caja, con profundidad similar a las zanjas de los campos de oxidación, rellenas con arena graduada para que se filtren las aguas y sean recolectadas en la red inferior de recogidas para ser conducidas al efluente final.

Es el único sistema que puede implantarse en terrenos impermeables, requiere menos terreno que un campo de oxidación.

Pueden construirse de dos maneras:

- o Cerradas.- Las dos redes de tuberías van ocultas.
- o Abiertas.- No son recomendables porque el efluente de la fosa séptica va al descubierto, necesita la mitad de superficie que las cerradas.

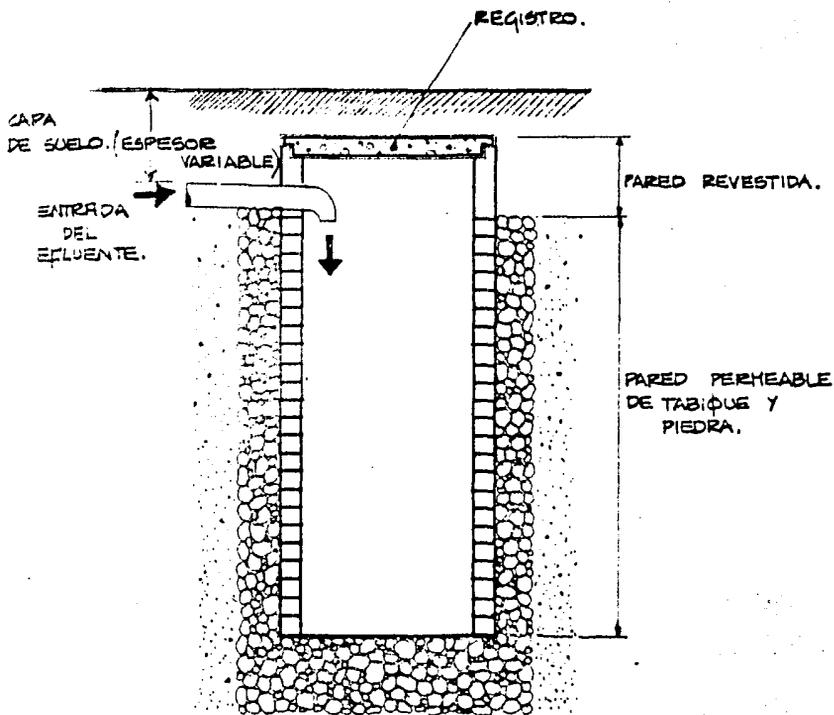
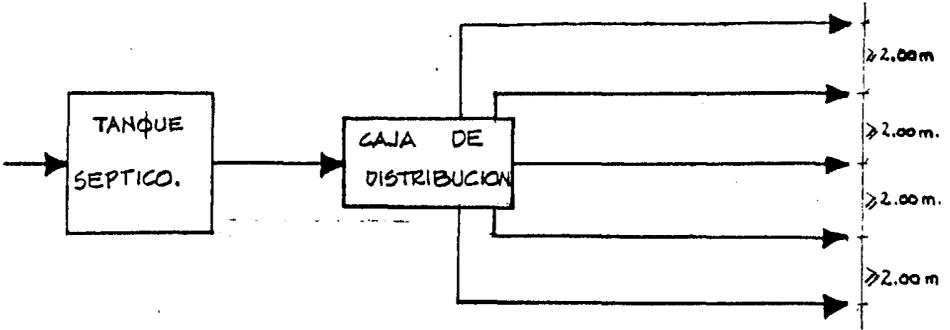


FIG. 2  
POZO DE ABSORCION.

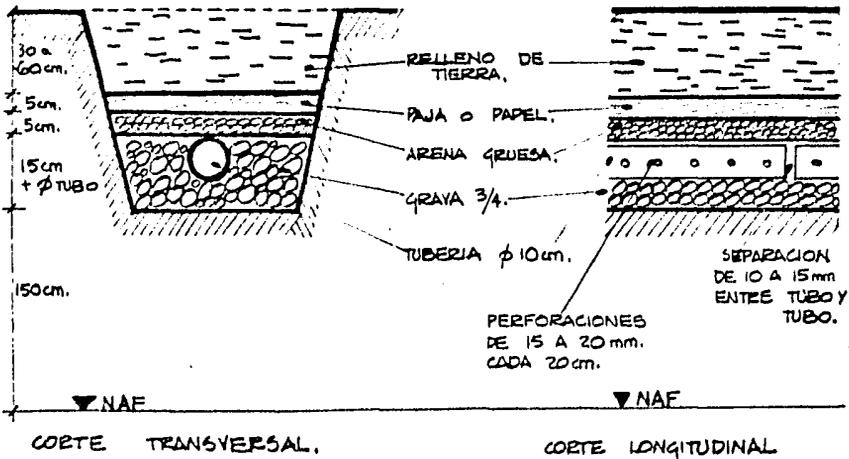
# CAMPO DE OXIDACION.

## FIG. 3A



# DETALLE DE LAS ZANJAS.

## FIG. 3B



Resumiendo lo descrito anteriormente, las principales características del sistema de fosa séptica son las siguientes:

- o Su uso solo es posible en casas con abastecimiento constante e interno de agua.
- o Requiere de suficiente terreno para la depuración final del efluente y el suelo debe tener buenos niveles de absorción.
- o Cuando no se le da el debido tratamiento al efluente del tanque séptico, este sistema puede ser altamente contaminante.

Por lo tanto, el uso de este sistema se limita a áreas de baja densidad de población.

#### - Letrina y Pozo Negro

Cuando el agua o los recursos económicos son escasos, se usan dispositivos mucho más sencillos que el sistema con fosa séptica, como son la letrina y el pozo negro.

##### Letrina

La letrina es un sistema muy económico, fácil de construir y de utilizar, y por lo tanto muy común en áreas semiurbanas y rurales de países en vías de desarrollo. Una letrina consta de tres partes: fosa, piso y caseta. La fosa consiste en una excavación con paredes y piso permeables, su tamaño depende del número de usuarios y de las condiciones del suelo. Una vez que ésta se llena, se tapa con tierra y se cava otra fosa.

Generalmente el piso es de tablones aunque puede ser de materiales diversos según la disponibilidad. Se recomienda que sea de concreto armado para poderlo aprovechar varias veces, junto con la caseta. En la mayoría de los casos el piso funciona como losa turca por lo que ya no es necesario instalar un asiento. Cuando se decida adaptar un asiento este puede ser de madera, de mampostería o algún otro material disponible. En ambos casos, ya sea que se instale el asiento o no, el hoyo debe estar debidamente tapado.

La caseta se construye según la disponibilidad de materiales en el lugar, ya sea lámina de metal, de asbesto-cemento o de cartón, adobe, piedra, madera, palmas, etc.. Generalmente la letrina no cuenta con un dispositivo de ventilación.

Las letrinas no deben utilizarse en suelos arenosos ni en aquellos donde el nivel de aguas freáticas sea alto. Se recomienda que la parte inferior de la fosa quede cuando menos 1.5 metros arriba del N.A.F., por el principio de infiltración del líquido en el suelo, lo que limita su uso. Además su localización debe respetar ciertas distancias mínimas aconsejables: por lo menos a 30 metros de fuentes de abastecimiento de agua, y a 10 metros de la casa habitación. Se debe procurar que el terreno sea seco y libre de inundaciones. Si el terreno es inclinado la letrina se colocará aguas abajo de la fuente de abastecimiento.

Debido a todas estas limitantes de espacio y del suelo, su uso está excluido de los medios urbanos, o de lugares donde la densidad de población sea alta.

La letrina no requiere agua para su funcionamiento. Debe dársele el debido cuidado y mantenimiento durante la construcción y su uso para evitar que sea un lugar insalubre, contaminante y productor de malos olores e insectos.

El principio de la letrina no es malo pero debe mejorarse para ser un sistema eficiente e higiénico de manejo y disposición de excretas.

#### Pozo Negro

El pozo negro consiste simplemente en una fosa, con o sin piso, similar a la de una letrina pero sin caseta ni tapa. Esta forma de disposición de excretas no es recomendable por insalubre, por los malos olores que desprende y por ser propicia para la atracción y reproducción de insectos, pero es preferible al fecalismo a cielo abierto. De igual forma que la letrina, puede contaminar las aguas subterráneas cuando éstas no son profundas.

Por lo tanto se debe tratar de no usar el pozo negro como solución a la disposición de las excretas.

### 1.5 NECESIDAD DE SISTEMAS ALTERNATIVOS A LOS CONVENCIONALES PARA LA DISPOSICION DE EXCRETAS

Las principales razones para considerar sistemas alternativos son las siguientes:

- o El ahorro de agua potable, ya que cada vez es más difícil y costosa su captación, tratamiento y abastecimiento.
- o Evitar la contaminación, puesto que las aguas residuales no siempre son tratadas y, generalmente se vierten en cuerpos y corrientes de agua como lagos, mares y rios, o bien se disponen en la superficie terrestre provocando serios problemas de contaminación.

Los inconvenientes del sistema de descarga al alcantarillado son:

#### - Uso excesivo del agua

Las descargas hidráulicas de los excusados consumen entre el 30 y el 40% del agua utilizada en una casa habitación que cuenta con instalación sanitaria completa (6). Lo cual representa un consumo de 50 a 60 litros/día/persona, siendo una quinta parte de la dotación promedio por habitante al día en una ciudad. Este consumo equivale a la dotación total por persona al día en lugares donde el agua se abastece con pipa (7). Se utilizan en las ciudades aproximadamente 20,000 litros de agua potable por persona anualmente, para transportar excretas.

Si la producción anual por persona de excretas se descompone mediante compostaje (Cap. III), el volumen de éstas se reduce a menos de 50 litros.

El hecho de buscar un ahorro de agua no es porque ésta se vaya a agotar, ya que con el ciclo hidrológico hay una recirculación constante, sino porque su obtención y abastecimiento resultan no sólo costosos, sino también difíciles. Como ejemplo se puede mencionar a la Ciudad de México donde en 1962, 11.4 metros cúbicos de los 40 con los que era abastecida fueron traídos desde las cuencas de los ríos Lerma y Cutzamala, y bombeados hasta la altura a la que se encuentra (8).

#### - Contaminación

El alcantarillado es un sistema que en sus inicios fué una excelente solución sanitaria. En la actualidad el cada vez mayor volumen de materia orgánica descargada sin tratamiento ha provocado serios problemas de contaminación del agua y del suelo.

El agua residual domiciliar es una mezcla compuesta fundamentalmente de excrementos humanos, de desechos de la cocina y de aguas jabonosas provenientes de lavabos, regaderas, fragaderos y lavaderos. El agua actúa como agente depurador en las corrientes; pero en la mayoría de los casos no se encuentra en la cantidad suficiente con relación al volumen de los desechos, para proporcionar el suficiente oxígeno y pueda así existir autodepuración. Por otro lado, la presencia de sustancias químicas contribuye a disminuir considerablemente su fuerza depuradora.

Los gérmenes patógenos y los huevos de los parásitos, que se encuentran masivamente en la materia fecal, invaden el agua ensuciándola, y como consecuencia, destruyendo su flora y su fauna aeróbicas. El volumen de sólidos y líquidos contaminados se

multiplica con amplitud al filo de las canalizaciones.

La certeza de encontrar agua no garantiza que sea limpia y pura. Por ello debe existir la preocupación por evitar que sea contaminada.

- Costo

Un sistema de drenaje completo debe contar con una red de alcantarillado apropiada y con su correspondiente planta de tratamiento. Por lo tanto, esta solución es muy costosa, puesto que a los gastos de instalación deben sumarse los de operación y mantenimiento.

Las plantas de tratamiento requieren para su funcionamiento de grandes cantidades de energía eléctrica, así como de productos químicos necesarios para la depuración.

Debe tomarse en cuenta que entre más pequeña sea una población, el costo de este sistema por persona resulta más alto.

Es aconsejable que no se adopte en países pobres, zonas áridas, zonas con épocas de secas, zonas donde no exista una fuente de agua cercana, ni en zonas rurales en general. Su instalación si se justifica en ciudades densamente pobladas y en países industrializados.

Así pues, el drenaje presenta dos caras:

- o A nivel doméstico implica confort y sencillez en el uso, así como las mejores condiciones de limpieza.
- o A gran escala, crea problemas ecológicos y de salud que son a menudo más graves que los que tenía que resolver.

De lo anterior se puede concluir que los serios

inconvenientes que presenta la solución del drenaje, obligan a pensar en alternativas para el tratamiento de las excretas. Podrían ser los sistemas secos que funcionan mediante incineración, separación, descomposición aeróbica o anaeróbica, o los sistemas economizadores de agua, ya sea comercializados o autoconstruibles. Desafortunadamente aún son en general desconocidos por falta de difusión.

Las letrinas y el fecalismo a cielo abierto, las soluciones exentas de agua más conocidas y usadas en los países en desarrollo, presentan riesgos para la salud pública, son difícilmente controlables, incómodas y malolientes. En cambio los sistemas alternativos que se mencionan en el párrafo anterior no presentan estas desventajas y si son higiénicos y economizadores de agua.

Al hablar de sistemas secos inconscientemente se piensa en la letrina o el pozo negro, malolientes y llenos de moscas, mientras que un sistema seco puede adaptarse al gusto particular y su uso correcto elimina los problemas de las letrinas convencionales.

Los sistemas alternativos que se presentan en este trabajo tienen numerosas ventajas:

o Permiten economizar agua. Los sistemas secos, como su nombre lo indica, no requieren del agua para su funcionamiento. Los sistemas intermedios o economizadores de agua, permiten un considerable ahorro de este recurso. Pueden ser la solución para el manejo y la disposición de las excretas en lugares donde el agua escasea.

o Son muy higiénicos, no contaminantes y evitan los riesgos para la salud cuando se instalan y se utilizan adecuadamente.

o A nivel personal favorecen la autonomía y fortalecen la responsabilidad que debe crearse con respecto a los excrementos y al medio ambiente.

o Los costos de instalación o construcción, al igual que los de operación pueden resultar muy económicos. En estos últimos debido al ahorro en el consumo del agua y en los impuestos por este servicio y el del alcantarillado. Cuando se instalen a gran escala el ahorro será aún más importante ya que se evitarán la construcción y la operación de la red de alcantarillado y de la planta de tratamiento.

o El hecho de no diluir las excretas en agua, permite tratarlos de una manera más eficaz. Además, en los dispositivos no químicos se puede utilizar el compost (Cap. III), resultado de la descomposición como fertilizante de plantas ornamentales, cerrando así el ciclo vital gracias al reuso.

Estos sistemas plantean ciertas exigencias y limitaciones, siendo la mayor, el esfuerzo que se requiere por parte del usuario: es necesario un mínimo de cuidado y en ciertas ocasiones un cambio de costumbres y hasta de mentalidad.

No hay que considerar a los excusados con descarga hidráulica al alcantarillado como un sistema muy avanzado, ni superior a los sistemas secos de saneamiento, pero tampoco habrá que desecharlos categóricamente; todo depende de las condiciones locales de aplicación.

Resumiendo, las principales razones que pueden motivar a la

instalación de un dispositivo alternativo a los convencionales, se enunciarían de la siguiente manera:

- Razones Físicas
  - o Escasez de agua
  - o Riesgo de contaminación
  - o Dificultades para la instalación de la red de alcantarillado, debidas al terreno
- Razones Económicas
  - o Ahorro de agua
  - o Ahorro en el tratamiento (Instalaciones para el el tratamiento, energía eléctrica, productos químicos)
  - o Ahorro en la instalación del sistema
- Razones Éticas
  - o Asumir la responsabilidad de los desechos y respetar al medio ambiente
  - o Cuidar el uso del agua y evitar su desperdicio
- Razones Políticas
  - o Factor que contribuye a la autonomía
  - o Oportunidad de participar en la descentralización

## CAPITULO II

### CARACTERISTICAS DE LAS EXCRETAS

#### 2.1 PRODUCCION Y COMPOSICION

##### 2.1.1 Producción

El adulto produce diariamente entre 100 y 400 gramos de heces (30-60g, peso desecado) y entre 1.0 y 1.3 litros de orina (50-70g, sólidos secos), estas cantidades varían considerablemente en función de la dieta y el clima. En zonas rurales la producción de excretas es bastante mayor que en las ciudades. (6)

La frecuencia de defecación varía de acuerdo con el peso de ésta. Por ejemplo, en Europa y en E.U.A. donde el peso de las heces es de entre 100 y 200 gramos diarios, la frecuencia promedio es de una vez al día; mientras que en áreas rurales de países en desarrollo, donde el peso de las heces puede ir desde los 130 hasta los 520 gramos, la frecuencia diaria puede llegar a tres.

Cuando se diseñan sistemas secos es conveniente consultar fuentes de datos locales. En la ausencia de éstos, se asume que en un país en desarrollo cada adulto produce aproximadamente 350 gramos de heces y 1.2 kilogramos de orina diariamente en zonas rurales, y 250 gramos de heces y 1.2 kilogramos de orina en zonas urbanas.

##### 2.1.2 Composición Química

Las excretas, especialmente las heces, presentan una composición variable y compleja.

De particular interés para el ingeniero sanitario es el

contenido de carbono y nitrógeno que permite obtener la relación C/N, la cual es de alrededor de 8 en las heces y de 1 en la orina. Estos dos valores son de gran importancia para el compostaje (Cap. III) ya que la relación C/N debe mantenerse entre 20 y 30 para que el proceso tenga un funcionamiento eficaz.

La composición promedio de las excretas se muestra en la siguiente tabla.

	HECES	ORINA
CANTIDAD HUMEDA POR PERSONA AL DIA	100-400g	1.0-1.3Kg
Cantidad de sólidos (peso seco)	30- 60g	50- 70g
Contenido de humedad (porcentaje)	70-85%	93-96%
COMPOSICION AFROXIMADA (porcentaje del peso seco)		
Total materia orgánica	88-97%	65-65%
Carbono	44-45%	11-17%
Nitrógeno	5- 7%	15-19%
Calcio (en CaO)	4.5 %	4.5- 6%
Fósforo (en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3-5.4%	2.5- 5%
Potasio (en K <sub>2</sub> O)	1-2.5%	3-4.5%

Fuente: Feachem 1981, adaptada de Gotaas 1956

En la tabla anterior se puede notar que las excretas contienen elementos que potencialmente son valiosos como nutrientes del suelo.

De los elementos que contiene la orina el predominante es el nitrógeno; éste se encuentra como componente de la urea (CON<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), la cual existe en proporción del 2% del peso total húmedo de la orina.

Las heces tienen un pH entre 7 y 8, es decir, son neutras o ligeramente básicas. El pH medio de la orina, en cambio, oscila entre 5 y 7 por lo que este líquido tiende a la acidez.

### 2.1.3 Composición Biológica

Las excretas están constituidas por residuos de comida, células muertas, fluidos del cuerpo, bacterias y otras secreciones.

Normalmente la orina es un líquido estéril, en cambio las heces incluyen una enorme cantidad de microorganismos, principalmente bacterianos. Entre el 10 y el 20% de los sólidos fecales está compuesto por bacterias anaeróbicas vivas. En los individuos sanos las bacterias fecales no pertenecen a grupos especialmente patógenos; se trata en su mayor parte, de especies coliformes acompañadas en menor medida por estreptococos. En regiones tropicales es posible detectar más de una treintena de enfermedades infecciosas bastante comunes, que provocan la excreción de una peligrosa cantidad de agentes patógenos por vía de las heces. Estos agentes pueden ser bacterias, virus, protozoarios o helmintos.

## 2.2 RIESGOS PATOGENOS

La excreción y dispersión de agentes patógenos representa un grave peligro sanitario. La enfermedad se puede difundir cuando una dosis suficiente de agentes patógenos excretados es ingerida por otro individuo, es decir, cuando se establece una cadena de transmisión entre la excreción y la ingestión, cerrando así un ciclo que perpetúa la existencia de organismos responsables de la infección.

Las materias fecales humanas, así como las aguas residuales provenientes de excusados, son poderosas fuentes de infección.

debido a su alto contenido de organismos patógenos. La transmisión suele efectuarse a través del agua, que aún contaminada se bebe; pero también existen otros medios, entre los que se destacan el aire y algunos insectos.

Los excrementos nutren a moscas y moscas que ponen nuevecillos, se reproducen y propagan la infección; asimismo, atraen a parásitos y otros animales indeseables que las dispersan.

El conocimiento de los riesgos patógenos es indispensable, para tratar de disminuirlos y dominarlos.

Las principales enfermedades transmitidas por la materia fecal, por contacto directo o indirectamente son: la fiebre tifoidea, la hepatitis, la polio, el cólera, la ascariasis, las diarreas, la amebiasis, la salmonelosis, la anquilostomiasis, la teniasis y la disentería.

Aunque generalmente se contraen, por la ingestión de alimentos o bebidas contaminadas, también pueden ser transmitidas por insectos, animales, o a través de la orina, el aire, el suelo o las manos. Por ejemplo: la bilharziosis se contrae por contacto con agua contaminada por orina infectada; la anquilostomiasis se contrae por contacto de los pies descalzos o las manos con el suelo contaminado por excrementos humanos frescos. Esta enfermedad causa miles de víctimas y se encuentra en todos los continentes, algunos de sus síntomas son: problemas digestivos, anemia, urticaria y bronquitis.

La contaminación puede ser muy rápida. Un estudio hecho en 1970 (Craig y Faust) demostró que una lombriz de ascaris hembra que vive en un intestino humano produce 200,000 huevos por día,

un anquilostoma produce entre 25,000 y 35,000 al día. (3)

Los habitantes de países tropicales húmedos son más sensibles a estas enfermedades que los de países templados o fríos.

Desde el punto de vista de los mecanismos epidemiológicos, Feachem et al. (1981), agrupan a las enfermedades que provocan la excreción de organismos patógenos en 6 categorías cuyas características se enumeran a continuación:

- o Infección inmediata, baja dosis infectiva (ej. amibiasis).
- o Infección inmediata, dosis infectiva media o alta con potencial de multiplicación (ej. salmonelosis).
- o Latencia y persistencia, sin huéspedes intermediarios (ej. ascariasis).
- o Latencia y persistencia, con huéspedes intermediarios (cerdos, vacas) (ej. taeniasis).
- o Latencia y persistencia con huésped intermediario acuático (ej. esquistomiasis).
- o Insectos (ej. filariasis).

En la mayor parte de América Latina las colitis, así como otros tipos de diarreas endémicas son una de las principales razones de las altas tasas de mortalidad infantil.

En México, entre 1973 y 1976, los fallecimientos por enteritis y otras enfermedades diarreicas en niños menores de un año, representaron el 23.1% del total de fallecimientos dentro de esa edad, y en niños de uno a cuatro años, el 27.4%. En este segundo grupo dichas enfermedades significaron la principal causa

de defunción. (1)

En Latinoamérica también revisten gran importancia otras enfermedades propagadas por el agua como la disenteria amebica y bacilar, la hepatitis infecciosa, y las fiebres tifoidea y paratifoidea (1). Esto sin duda, es consecuencia de que existen serias deficiencias en el suministro de agua potable y en el saneamiento.

En conclusión: desde el punto de vista sanitario, la acción concreta que cabe esperar de un sistema para el manejo y la disposición de excretas, consistirá en impedir que, en la medida de lo posible, se establezca la transmisión excreción-ingestión, rompiendo así el ciclo de reproducción de las especies patogénicas.

### 2.3 POSIBLES USOS DE LAS EXCRETAS

En la forma en que se encuentren las excretas, deben ser consideradas como un recurso natural que puede ser utilizado, en vez de ser desechado. Pueden usarse en el grado de disolución que se encuentren: en su estado natural, sin diluir; como aguas residuales; o como efluente de una planta de tratamiento o de una fosa séptica.

De la forma que se utilicen, las excretas proveen a las plantas terrestres y acuáticas de nitrógeno, de fósforo y de otros nutrientes necesarios para su crecimiento. Existen diferentes tipos de tratamientos y sus productos tienen diversos usos. Se pueden usar en el compostaje junto con otras materias orgánicas, las cuales proveen el carbono necesario para este

proceso. El resultado de éste es el compost, el cual sirve de abono. Cuando las excretas se descomponen anaeròbicamente por acción microbiana, dan por resultado la producción de metano que es un gas combustible, el cual puede usarse como fuente de energía para calefacción, iluminación y otros fines.

Los diferentes usos que se le pueden dar a los excrementos debidamente tratados son principalmente en: la agricultura, la acuicultura y en la generación de biogas.

### 2.3.1 Uso en la Agricultura

Es el uso más común y de alguna manera el más factible prácticamente. La aplicación de estas sustancias en la tierra dependerà del grado de su tratamiento, y si éste es el adecuado podrán aplicarse a cultivos, aportando valiosos nutrientes y agua, favoreciendo así a las zonas àridas donde este líquido escasea.

Cuando se utilicen las aguas residuales para riego o se apliquen directamente las excretas sin previo tratamiento a los terrenos de cultivo, existen dos tipos de riesgo: el de las personas que trabajan la tierra y el de las personas o animales que consumen los productos. El peligro que representan los productos contaminados dependen del tipo de producto, por lo cual se considerarán tres categorías:

- o Cultivos para el consumo humano
- o Cultivos para el consumo animal
- o Otros

## - Cultivos para el Consumo Humano

La aplicación directa de las aguas residuales a los cultivos para consumo humano, se ha utilizado en muchos países durante varios siglos, pero sin duda ha sido la causa de la transmisión de múltiples infecciones. Por ello no es aconsejable utilizar estas aguas sin tratar para los cultivos de consumo humano.

Existen diferentes tratamientos para eliminar diversos tipos de microbios patógenos en varios grados. Cuando se quiera usar los efluentes deben aplicarse tratamientos que eliminen prácticamente todos los patógenos, como son las lagunas de estabilización o el sistema convencional de tratamiento seguido de lagunas de maduración o filtros de arena. Cuando se usen los lodos o las excretas sin diluir, los procesos indicados serán la digestión o el compostaje termofílico, o el secado durante un tiempo de retención de dos años.(6)

Si el producto de una fermentación incompleta se extrae y se vierte en el suelo antes de haber sido eliminados los organismos patógenos, éstos sobrevivirán un tiempo mayor como se muestra a continuación.

### PATÓGENOS

### TIEMPO DE SOBREVIVENCIA

Virus	Hasta 6 meses, generalmente menos de 3.
Bacterias	Hasta más de 1 año, generalmente menos de 1.
Protozoarios	Hasta más de 10 días " " " 2.
Helminfos	Hasta más de 7 años " " " 2.

Fuente: Feachem et al., 1981

## - Cultivos para el Consumo Animal

Las aguas residuales los lodos y las excretas poco diluidas se aplican extensamente a pasturas y cultivos de forrajes que

subsecuentemente alimentan a los animales.

Aunque para los animales, en la mayoría de los casos el peligro que representan los organismos patógenos no es importante, existen tres excepciones en las cuales el uso de las excretas para pasturas y forrajes contribuyen a la transmisión de enfermedades de importancia para la salud pública y animal. Estas son: taeniasis, salmonelosis y tuberculosis.

#### - Otros Cultivos

Los excrementos humanos también se utilizan en cultivos no destinados al consumo humano o animal, como son: árboles para producción maderera; árboles ornamentales; árboles para el control de la desertificación; así como para parques y para cultivos comerciales como el algodón y el coco. En estos casos el peligro no reside en la contaminación del producto, sino en el riesgo que corren las personas que trabajan en el cultivo y en las fábricas procesadoras. Por lo tanto es necesario que las aguas residuales, los lodos y las excretas reciban el tratamiento debido y que su contenido de patógenos sea controlado.

#### 2.3.2 Uso en la Acuicultura

El aprovechamiento de las excretas puede promover el crecimiento de la flora y la fauna acuáticas, conocido como acuicultura. Se conocen tres principales tipos de ésta:

- o Granjas de peces
- o Producción de algas
- o Producción de macrofitas

## - Granjas de Peces

El cultivo de peces en estanques enriquecidos con excrementos humanos y animales tiene una larga tradición en China y otros países de Asia, donde se ha realizado continuamente durante siglos.

El suministro controlado de estos desechos en los estanques propicia una extensa población de bacterias que a su vez fomentan el desarrollo de comunidades de fitoplancton y de zooplancton; en este medio algunos peces crecen rápidamente, por ejemplo la carpa.

Es conveniente reproducir peces en aguas residuales pre-tratadas o diluidas. Se recomienda cultivar peces en tanques de maduración. Los peces no pueden vivir en aguas excesivamente contaminadas, ya que éstas se desoxigenan y los peces mueren al no contar con la mínima cantidad de oxígeno disuelto requerido.

Por otra parte los peces criados en aguas residuales son menos propensos a las enfermedades que los otros.

Existen tres problemas de salud asociados a peces criados en estanques enriquecidos de excretas:

- o La transferencia pasiva de patógenos por medio del pescado que ha sido contaminado por estas aguas.
- o La transmisión de ciertos helmintos que tienen ciclos de vida que incluyen al pescado como huésped intermediario.
- o La transmisión de otros helmintos con un ciclo de vida que involucra a otra fauna del estanque.

Los peces pueden portar de manera pasiva organismos patógenos en sus intestinos o en la superficie de su cuerpo, y

estos organismos pueden subsiguientemente infectar a las personas que los tocan, preparan o comen. El riesgo es pequeño para las personas que comen pescado, excepto en los lugares en que el pescado se come crudo o parcialmente cocinado. Al cocinarlo se destruyen los patógenos excretados.

En conclusión, el cultivo de peces usando aguas residuales o excretas implica el riesgo de que porten pasivamente organismos patógenos. Las medidas para el control de dicho riesgo son las siguientes:

- o Utilizar solamente estanques con aguas residuales parcialmente tratadas, excretas reposadas o lodos.
- o Permitir a los peces estar en agua limpia algunas semanas antes de ser recolectados.
- o Promover la higiene en todos los pasos del manejo y procesamiento del pescado.
- o No promover el consumo de pescado crudo.

#### - Producción de Algas

Los estanques enriquecidos con desechos humanos no solo sirven para la reproducción de peces, sino también para la producción de algas.

Las algas poseen un alto contenido de proteínas, aproximadamente del 50%. Es por esta razón que se espera lograr un gran desarrollo de este cultivo en el futuro. La producción de algas en estanques enriquecidos y en condiciones óptimas llegará hasta 150,000 kg/hectarea/año, por lo tanto se podría contar con una producción de proteínas de 75,000 kg/ha/año. Comparando esta

cantidad con la producción de proteínas del arroz que es de 56 kg/ha/año, la del maíz que es de 270, o con la del frijol de soya que es de 650, se aprecia que las algas son un valioso recurso. (6)

La recolección de algas puede realizarse mediante floculación seguida de flotación, por microcribado, o también en los estanques poco profundos por simple sedimentación. Estos diferentes métodos producen una pasta o lodo de algas que contiene un 8 a 10% de sólidos y que posteriormente es secada al sol.

Las algas recolectadas serán ricas en organismos patógenos (virus, bacterias, protozoarios y helmintos). El proceso de eliminación de éstos se realiza durante el secado al sol. Si las algas son secadas hasta contener menos del 5% de agua, la eliminación de los organismos patógenos será completa, de no ser así los virus y helmintos sobrevivirán largo tiempo, en ocasiones hasta más de un año.

El peligro que corre la salud con el consumo de algas dependerá del uso que se les dé. Si las algas se dedican para la alimentación de ganado, el principal requerimiento será el de eliminar la *Taenia saginata*, la *Salmonella* spp., y la *Mycobacterium tuberculosis*. Si se utilizan para alimentar pollos, deberán estar libres de *Salmonella* y si están destinadas a la alimentación humana, como en Japón, requerirán ser desinfectadas por completo previamente a su empaclado y a su comercialización.

#### - Producción de Macrofitas

En todo el mundo, pero especialmente en el sureste de Asia,

muchas plantas acuáticas se usan como alimento para el hombre y los animales. Algunas son cultivadas y otras simplemente se recolectan. Estas plantas incluyen: "water spinach" (*Ipomoea aquatica*), "water chestnut" (*Eleocharis dulcis* o *E. tuberosa*), "water hyacinth" (*Eichhornia crassipes*), "water bamboo" (*Zizania* spp.), "water caltrop" (*Trapa* spp.), y "lotus" (*Nelumbo nucifera*). Algunas de estas plantas, por ejemplo la "water spinach", son fertilizadas con los desechos humanos y animales, mientras que otras crecen en aguas accidentalmente contaminadas.

(6)

La práctica de este tipo de acuicultura trae consigo dos peligros:

- o El primero, es para las personas que trabajan esas aguas y especialmente cuando el uso de las excretas es intenso, que accidentalmente pueden ingerir patógenos o portarlos a sus hogares en la ropa o en el cuerpo.
- o El segundo, es para la gente que al recolectar, tocar, preparar o consumir las plantas, que en ocasiones tienen un grado de contaminación, se expone a ser infectada.

La única manera de controlar estos peligros para la salud es la de dar un tratamiento, previo a su aprovechamiento, a las excretas y aguas residuales.

Recientemente se ha fijado la atención en el uso del "water hyacinth" para los sistemas de tratamiento y reciclaje de las aguas residuales (Wolverton y McDonald, 1976). Esta macrofita separa nutrientes, metales y fenoles de las aguas negras. Puede ser recolectada y utilizada como alimento para los animales,

procesada para producir fertilizante, o utilizada para generar metano. (6)

Estos sistemas se alimentan generalmente de aguas residuales pero también se puede hacer con excretas o lodos.

### 2.3.3 Producción de Biogas

Quando los desechos orgánicos son digeridos anaeròbicamente, se desprende una mezcla de metano, diòxido de carbono y otros gases. Esta mezcla se conoce como biogas y puede ser producida en varias escalas mediante diferentes técnicas. En el tratamiento convencional de aguas residuales la digestión anaeròbica de los lodos produce biogas, el cual es a veces utilizado para calentar los digestores o para algunas otras necesidades de energia.

En China existen plantas de biogas en gran número y en ese país es donde esta tecnología se encuentra probablemente mas avanzada. También existe un número bastante significativo de plantas de biogas en India, Corea y Taiwan. Este tipo de plantas se alimentan con heces animales diluidas, con o sin excrementos humanos, y con o sin desechos vegetales. La pasta efluente de la planta se utiliza en la agricultura o en el enriquecimiento de estanques para peces.

El gas es utilizado principalmente para el alumbrado doméstico y para cocinar. El estiércol de una vaca mediana o de un animal de tamaño similar produce alrededor de 500 litros de gas al día y su poder calorífico es aproximadamente de 4 a 5 kilocalorías por litro (McGarry, 1977). Los excrementos humanos sólo producen 30 litros de gas por persona al día. (6)

El proceso es muy sensible a la temperatura. La producción

óptima de gas se logra alrededor de los 35 grados centígrados, disminuye considerablemente con temperaturas menores y resulta despreciable para temperaturas menores a los 15 grados centígrados.

Dos diseños de plantas de biogas se ilustran en las figuras 4 y 5.

Los problemas de salud asociados a las plantas de biogas se derivan del reuso de la pasta efluente, ya que la producción de gas en sí no presenta riesgos para la salud. El único peligro que puede presentar la producción de este gas es que se inflama.

El tiempo promedio de retención en las plantas es corto, 5 a 30 días, por lo cual la eliminación de los organismos patógenos no es tan efectiva como en los procesos convencionales de digestión de lodos.

Por lo tanto el uso directo de la pasta efluente de las plantas de biogas en cultivos no es recomendable, sino debe ser posterior a un secado prolongado de más de un año, o a un proceso de compostaje (6). Debido a que el secado prolongado requiere de un área bastante extensa se da preferencia al compostaje.

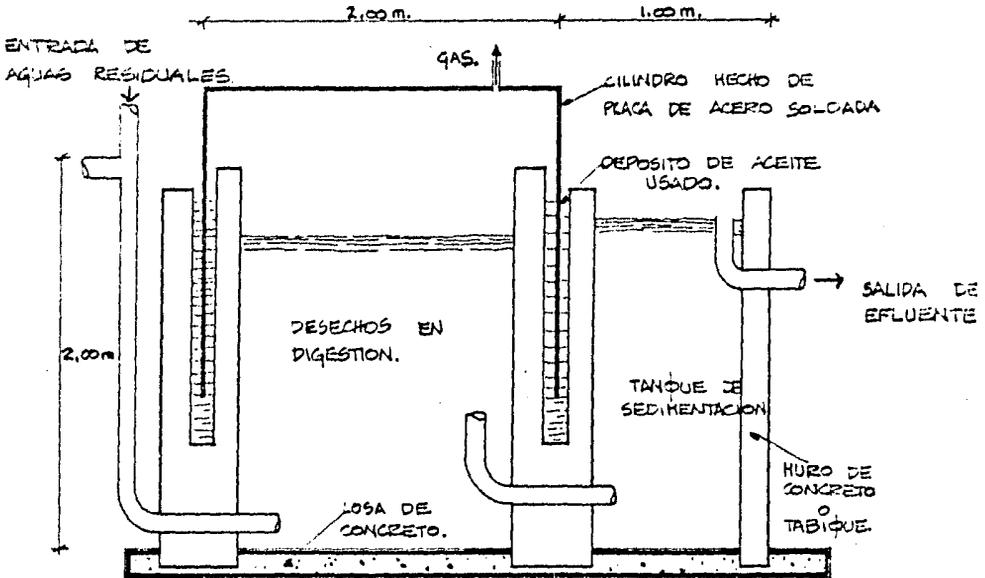


FIG. 4  
PLANTA DE BIOGAS DE CUBIERTA FLOTANTE.

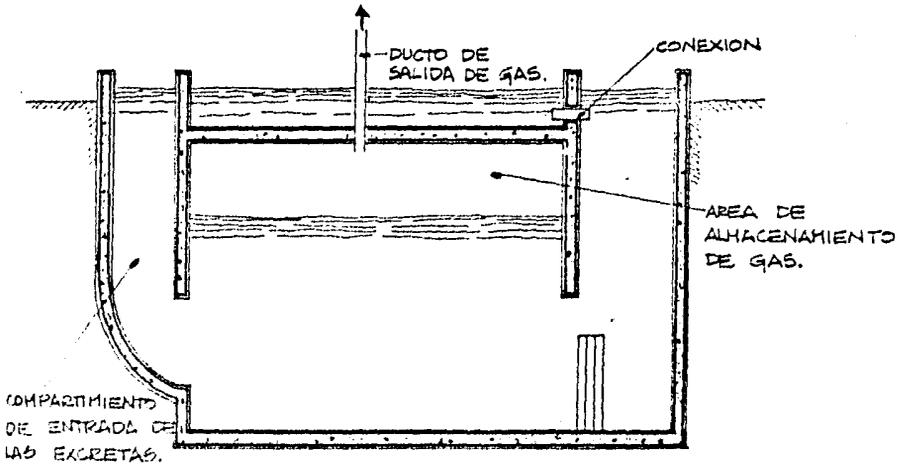


FIG. 5  
PLANTA DE BIOGAS CHINA.

## CAPITULO III

### METODOS DE TRATAMIENTO

#### 3.1 COMPOSTAJE

La descomposición o estabilización de la materia orgánica mediante acción biológica se ha llevado a cabo en la naturaleza desde que la vida existe en nuestro planeta. En la actualidad, el hombre ha tratado de controlar y utilizar directamente este proceso en la disposición sanitaria y en el aprovechamiento de desechos orgánicos. A esto se le ha llamado compostaje y al producto final del proceso compost.

En el compostaje se distinguen dos tipos de proceso: la descomposición aeróbica o estabilización, y la fermentación anaeróbica. En estos procesos, tierra vegetal, bacterias, hongos, y otros organismos saprofiticos se alimentan de materias orgánicas, tales como materia vegetal, excrementos de animales, excretas y otros desperdicios orgánicos, convirtiéndolos en un producto más estable.

##### 3.1.1 Principios del Compostaje

###### - Descomposición Aeróbica

Cuando la materia orgánica se descompone en presencia de oxígeno, el proceso es llamado aeróbico. En la estabilización aeróbica, microorganismos que utilizan oxígeno se alimentan de materia orgánica y desarrollan el protoplasma celular a partir del nitrógeno, del fósforo, del carbono y de otros nutrientes requeridos. Gran parte del carbono de la materia orgánica sirve

Como fuente energética, el cual es respirado en forma de  $\text{CO}_2$  (bióxido de carbono). Debido a que el carbono sirve como fuente de energía y también como elemento en el protoplasma celular, es necesario más carbono que nitrógeno. Generalmente cerca de dos tercios del carbono es respirado en forma de  $\text{CO}_2$ , mientras que el otro tercio se combina con el nitrógeno y otros elementos, para formar el protoplasma en las células vivas.

Si en la materia orgánica que se va a descomponer existe un exceso importante de carbono sobre el nitrógeno, la actividad biológica disminuirá y serán necesarios varios ciclos de organismos para reducir el exceso de carbono. Cuando algunos organismos mueren, su nitrógeno y carbono almacenados se ponen a disposición de los demás organismos. La utilización del nitrógeno de las células muertas por otros organismos, para formar material celular, requerirá nuevamente el quemado del exceso de carbono, formándose  $\text{CO}_2$ . Finalmente, cuando la relación de carbono a nitrógeno es la adecuada, el nitrógeno se desprenderá en forma de amoníaco. Bajo condiciones favorables parte del amoníaco puede ser oxidado y producir nitratos. El fósforo, la potasa y varios micronutrientes, elementos esenciales para el crecimiento biológico, se presentan normalmente en cantidades más que suficientes en las materias compostables, lo cual no representa problema alguno para que se lleve a cabo la degradación.

Una cantidad importante de energía se desprende en forma de calor durante la oxidación del carbono a  $\text{CO}_2$ . Si el material orgánico se amontona, la temperatura de éste durante el proceso podrá llegar hasta 70 grados centígrados (temperatura límite

recomendable para un buen proceso). Si la temperatura excede de 70 grados centígrados, la actividad bacteriológica disminuye y la estabilización se alenta. Cuando la temperatura excede los 45 grados centígrados los organismos termofílicos, que se desarrollan entre los 45 y los 65 grados centígrados, toman el lugar de las bacterias mesofílicas, la fase mesofílica es de 0 a 45 grados centígrados. Sólo algunos grupos de bacterias termofílicas desarrollan alguna actividad arriba de los 65 grados centígrados. La oxidación a temperaturas termofílicas se lleva a cabo más rápidamente que en las temperaturas mesofílicas, y por lo tanto se requiere un tiempo menor para la estabilización. Estas temperaturas termofílicas destruyen las bacterias patógenas que son nocivas para la salud y también provocan una mineralización avanzada que permite una mejor asimilación a las plantas cuando el compost es utilizado en la tierra. Poco a poco madura el montón de compost y su volumen se va reduciendo hasta llegar a la estabilización.

La oxidación aeróbica de la materia orgánica no produce olores indeseables. Si los hubiere sería debido a que el proceso no ha sido completamente aeróbico o bien a la existencia de elementos provenientes de fuentes diferentes a la oxidación, las cuales tienen olor.

La descomposición puede llevarse a cabo en silos digestores, en fosas o en montones, si se provee oxígeno adecuadamente. Es necesario remover el material periódicamente o aplicar otra técnica a fin de proporcionar el oxígeno necesario para mantener condiciones aeróbicas.

Cuando la descomposición llega a su culminación, redunda en

la mineralización de casi toda su materia orgánica inicial y da por resultado el compost, que es un humus casi exento tanto de malos olores como de organismos patógenos, el cual es mucho más asimilable y útil para las plantas que las excretas de las cuales proviene.

El compostaje aeróbico existe en el medio natural, donde las hojas de los árboles y los excrementos de los animales son convertidos en un humus estable que sirve como abono.

#### - Fermentación Anaeróbica

El proceso se lleva a cabo por bacterias que no necesitan aire para su acción. Este tipo de fermentación que se denomina también putrefacción, va generalmente acompañado de olores desagradables y da por resultado productos inestables. Genera también una mezcla de bióxido de carbono, metano y otros gases que se conoce como biogas que resulta ser potencialmente aprovechable como recurso energético.

Este proceso se lleva a cabo en la naturaleza en la descomposición de los lodos orgánicos en el fondo de pantanos y en la materia orgánica enterrada que no tenga contacto con el oxígeno.

La destrucción anaeróbica de la materia orgánica es un proceso de reducción y el producto final está sujeto a una oxidación aeróbica cuando se aplica al suelo. Esta oxidación es menor y se lleva a cabo rápidamente.

En la fermentación anaeróbica de la materia orgánica, el desprendimiento de calor es bajo, y no se alcanzan temperaturas suficientes para la completa destrucción de los organismos

patógenos, por lo que este proceso, por si solo, no es tan recomendable como el compostaje aeróbico. La mayoría de los sistemas recicladores descritos en este trabajo, funcionan mediante compostaje aeróbico, por lo cual se le dará mayor énfasis a este proceso.

### 3.1.2 Principales Factores que Intervienen en el Compostaje Aeróbico

Existen diversos factores, algunos de ellos interdependientes, que influyen en el compostaje aeróbico. El éxito del proceso reside en dar a los organismos que se van a descomponer, las condiciones óptimas y los nutrientes necesarios, de tal manera que pueda realizarse un proceso completo. Los principales factores se mencionarán a continuación:

#### - Relación C/N (carbono-nitrógeno)

Como se vió anteriormente, los microbios requieren más carbono que nitrógeno. Se ha probado que la relación C/N óptima para que se desarrolle el compostaje es de 20 a 30. (9)

Si se calcula que la materia orgánica por degradar no tiene una relación C/N inicial que esté dentro de dicho rango, se deberá agregar fuentes de carbono o de nitrógeno, según sea el caso, para ajustar la relación. Si la relación C/N es mayor a 30, la descomposición será lenta y el humus resultará desequilibrante para el suelo, ya que le tendrá que quitar parte de su nitrógeno. En el caso contrario, cuando la relación C/N sea menor de 20, el exceso de nitrógeno se perderá en la atmósfera como  $N_2$  al no poder transformarse todo en otros componentes, como  $NO_2$  y  $NO_3$  que

se pueden fijar en el suelo. Lo ideal es una mezcla de origen vegetal y animal de composición variada.

En la tabla 1 se muestra el contenido aproximado de nitrógeno y la relación C/N de algunas materias compostables, la cual puede ser auxiliar para lograr una buena relación C/N del montón a compostar.

#### - Aireación

La aireación es necesaria para el compostaje termofílico, con el fin de seleccionar los microbios aeróbicos y de inactivar los anaeróbicos que producirían una fermentación indeseable, así como para reducir el alto contenido de humedad inicial de los materiales compostables. Este aprovisionamiento de oxígeno puede hacerse mediante ductos o tubos de aireación, o mediante ladrillos porosos situados en el montón de compost, así como por material vegetal mezclado (paja, hojas secas), o por remoción manual o mecánica del montón. La aireación mediante remoción manual con ayuda de un trinche es lo más indicado para el compostaje a pequeña escala, como lo es el realizado en fosas o montones. Esta remoción debe ser periódica pero no excesiva, porque provocaría un desperdicio de elementos nutritivos por evaporación.

TABLA 1. CONTENIDO APROXIMADO DE NITROGENO Y RELACION C/N DE ALGUNAS MATERIAS COMPOSTABLES

ALGUNAS MATERIAS COMPOSTABLES	% DE NITROGENO (MATERIA SECA)	RELACION C/N
<b>EXCREMENTOS HUMANOS</b>		
Heces	5.5-6.5	6-10
Orina	15-18	0.8
<b>DESECHOS Y LODOS</b>		
Lodos activados	5-6	6
Aportación del desagüe	-	11
Basura doméstica	2.2	25
Periódico	nulo	-
Papel Kraft	nulo	-
Aserrín	0.1	511
<b>DESECHOS ANIMALES</b>		
Estiércol de ave	6.3	-
Estiércol de borrego o puerco	3.8	-
Estiércol de vaca	1.7	-
Estiércol de caballo	2.3	-
<b>DESECHOS VEGETALES</b>		
Pasto	4	12
Lechuga	3.7	-
Col y jitomate	3.3	12
Cebolla	2.6	15
Tabaco	3	13
Zanahoria	1.6	27
Paja de trigo	0.3	128

Fuente: Gotaas, 1956

- Temperatura

Como se mencionó anteriormente, el compostaje termofílico se desarrolla entre temperaturas de 45 a 65 grados centígrados, las cuales se mantendrán con la realimentación de oxígeno. Debe procurarse no exceder la temperatura de 70 grados centígrados ya que la acción bacteriológica disminuye, alentándose la

estabilización.

Además de la aireación, la temperatura depende de la relación C/N, del contenido de humedad, del tamaño de las partículas y del pH.

#### - Contenido de Humedad

La materia orgánica debe tener humedad suficiente para que permita a los organismos atacar todas las células. Si el montón está demasiado seco, se privará a los organismos de el agua necesaria para su metabolismo y la descomposición será más lenta. Si el montón se encuentra demasiado diluido, los microbios aeróbicos morirán por falta de oxígeno y se propiciarán condiciones anaeróbicas.

La descomposición aeróbica puede realizarse con cualquier contenido de humedad entre 30 y 100%, siempre y cuando haya una aireación adecuada, pero estudios realizados a este respecto muestran que lo más recomendable son humedades entre 40 y 60%.

{9}

#### - Duración

Un periodo de 6 meses es suficiente para que se realice un proceso completo de compostaje aeróbico, aunque a veces puede lograrse una estabilización satisfactoria en un lapso mucho menor, de hasta 2 meses. El tiempo requerido para ella depende principalmente de la relación C/N, del tamaño de las partículas, del mantenimiento de las condiciones aeróbicas y del contenido de humedad.

## Condiciones Climatológicas

Las condiciones climatológicas, particularmente la temperatura, el viento y la lluvia tienen influencia en el proceso del compostaje aeróbico.

En los climas cálidos la descomposición aeróbica de las excretas se desarrolla con mayor rapidez y seguridad que en los climas fríos o templados. Por ello, muchos métodos de tratamiento generados en países industrializados del norte operan con mayor facilidad y eficacia en países tropicales que en los contextos de origen.

### - Arreglo del Montón de Compostaje

El compostaje aeróbico puede llevarse a cabo en montones, pilas, depósitos, fosas o silos, siempre y cuando estén provistos de oxígeno adecuadamente. La pila o hilera al descubierto sobre el suelo o en un área pavimentada, o el montón situado en una fosa poco profunda son los métodos más usados para la descomposición aeróbica.

El arreglo y uso apropiado de los montones, pilas o fosas dependerá de las condiciones locales como: materiales, equipo de maniobras, costo de mano de obra y condiciones climatológicas.

Conviene hacer montones de 1 metro cúbico como mínimo, ya que de ser más pequeños las pérdidas de oxígeno y de calor serían grandes. Cubrir el montón con tierra, o con un techo o una lona, permite evitar el resecamiento por el sol, la erosión por la lluvia y la acción del frío.

### - pH

El pH inicial de los desechos orgánicos domésticos, de los

excrementos, así como de otros elementos compostables, se encuentra generalmente entre 5 y 7, a menos de que éstos contengan cenizas u otras materias altamente alcalinas. El valor óptimo del pH para este proceso varía entre 6.5 y 7.5, por lo cual debe tratarse de mantenerlo dentro de este rango.

Cuando el pH inicial se encuentra entre 5 y 6, se retarda un poco el inicio del proceso, pero una vez que se estabiliza el valor del pH alrededor de 7, la temperatura empieza a aumentar rápidamente y el proceso se desarrolla normalmente. Las materias comúnmente utilizadas para el compostaje no presentan problema de control de pH. (9)

Se debe procurar cumplir con todas estas condiciones durante el proceso, así como proveer al montón de los nutrientes necesarios para que la descomposición aeróbica se lleve a cabo adecuadamente y el valor nutritivo del compost sea bueno.

### 3.1.3 Observaciones y Recomendaciones para efectuar el Compostaje

Las observaciones y recomendaciones que se mencionan a continuación, permitirán mejorar el proceso de compostaje así como la calidad del compost.

#### - Separación de las Heces y la Orina

La mezcla de heces y orina es nauseabunda, no favorece la descomposición de las dos materias, es difícilmente asimilable por los vegetales y además favorece la proliferación de parásitos intestinales. En los mamíferos, las heces y la orina no se mezclan dentro del organismo y no son evacuados ni al mismo

tiempo ni por el mismo conducto.

En efecto, mantener separadas la materia fecal y la orina impide la formación de olores de amoníaco y de hidrógeno sulfurado, así como la atracción de moscas, como sucede en las letrinas convencionales. Todo esto es resultado de observaciones múltiples pero empíricas.

Además la orina ocupa mucho lugar en fosas y recipientes, lo cual hace necesario contar con instalaciones de gran capacidad y de efectuar vaciados más frecuentes, lo cual significa gastos suplementarios en instalación y servicio.

Sería importante prolongar en el exterior del organismo la separación dictada por la anatomía, esto se puede lograr mediante diversos dispositivos de separación.

#### - El Suelo, Agente Complementario al Compostaje

El suelo es un medio en el cual el proceso de compostaje se continúa. En efecto, una vez introducido en el suelo el compost todavía va a sufrir mineralizaciones, migraciones y destrucciones de eventuales organismos patógenos, gracias entre otras cosas a la competencia que habrá entre los microorganismos.

#### - Lecho Vegetal

Se recomienda tapizar el fondo del montón de compostaje con un lecho de materia vegetal (hierbas, hojas, paja, etc.). Esto sirve para evitar que se comprima el compost, para mejorar la aereación, para absorber el exceso de humedad y para proporcionar carbono.

#### - Ley del Rechazo

Un animal consume oligoelementos específicos que no restituye, y que por lo tanto no encuentra en sus propios excrementos, así pues éstos no deben ser utilizados como abono de los cultivos que comerá. Un ejemplo de esto es que las vacas no se comen la hierba que crece bajo su propio excremento, pero si se comen la que crece bajo el estiércol de otro animal, y viceversa. Para los vegetales se practica la rotación de cultivos. De lo anterior se constata que el circuito hombre-huerta-hombre tiene carencias, por lo tanto, se recomienda no usar las excretas tratadas, más que en cultivos que no sean para consumo humano.

#### - Escala de Realización .

El compostaje se puede realizar a gran escala en instalaciones adecuadas, para lo cual es necesario un sistema de recolección de desechos orgánicos, un área extensa y un equipo mecanizado para la aireación. El producto final puede ser vendido para su uso en la agricultura.

Este trabajo se enfoca particularmente a la utilización del compostaje a nivel doméstico como solución al tratamiento de las excretas.

#### - La Tierra, Aditivo para el Compostaje

La tierra seca y en polvo es un aditivo excelente para el compostaje, es desodorizante, insecticida, desinfectante y mineralizadora. Todo está concentrado en esta abundante y noble materia.

En efecto, el agregar un puñado de tierra fina al montón de compostaje después de cada utilización, reduce los olores y por

Lo tanto evita la atracción de las moscas. La tierra absorbe la humedad, por lo que las moscas y otros insectos prefieren no desovar en esas condiciones. La tierra ayuda a conservar el calor, lo cual facilita la descomposición y sirve como antiparásito. Además ayuda a conservar el nitrógeno, como consecuencia los desechos guardan su potencial fertilizante y ayudan a la descomposición, transformándose con mayor rapidez en abono sano. La tierra proporciona organismos que permiten que la transformación de las materias fecales se acelere.

Para obtener polvo de tierra seca es necesario extraer ésta de la capa superficial del suelo sin exceder 40 centímetros de profundidad, amasarla si está en terrones, y después secarla al sol si está húmeda.

Existen otros aditivos como las cenizas de madera, la arena, el aserrín, el fosfato de calcio, el superfosfato (abono químico de síntesis), etc., pero ninguno puede igualar los efectos de este producto natural: la tierra.

#### 3.1.4 Precauciones en el Compostaje

El compostaje, aún siendo un proceso sencillo y natural, requiere que se tomen en cuenta ciertas precauciones antes, durante y después de realizado, desde la selección del lugar para efectuarlo hasta la utilización del compost. Algunas de éstas se mencionan a continuación:

- La información sobre la naturaleza del terreno, los mantos acuíferos (sentidos de escurrimientos, niveles más altos), y de las aguas superficiales, es indispensable para seleccionar el

lugar donde se realizará el compostaje. Debe procurarse que el montón de compostaje se encuentre apartado de las aguas superficiales, aguas abajo y retirado de las fuentes de abastecimiento. Asimismo, que el lecho del montón esté cuando menos 1.5 metros arriba del nivel de aguas freáticas cuando el compostaje se realice directamente sobre el suelo.

- El montón de materia fecal debe estar aislado y protegido de las caídas de lluvia. Se ha demostrado que el agua que escurre puede transportar salmonellas y otros microbios patógenos, a distancias hasta de 500 metros. (10)

- Debe evitarse la utilización de materias fecales con contenidos de antibióticos puesto que perturban la conversión biológica al destruir algunos elementos activos para el compostaje.

Igualmente, en caso de epidemia o de enfermedad infecciosa de un miembro de la familia, los excrementos no deben ser utilizados sino incinerados en seco.

- La manipulación antes de la maduración debe evitarse al máximo, o en su defecto, hacerse cuidadosamente. La higiene personal durante y después así como el uso de un trinchete exclusivo para tal efecto son recomendables.

- Uno de los problemas más importantes a solucionar durante el compostaje, es el del control de las moscas. La basura y los excrementos animales y humanos son excelentes medios para la reproducción y el desarrollo de las moscas y otros insectos. Si

no se toman las medidas adecuadas, el montón de compost será infestado por una gran cantidad de moscas, que crearán un riesgo para la salud. La reproducción de moscas puede controlarse satisfactoriamente mediante la remoción eficiente del montón.

- Aún ya transformados, los excrementos no deben utilizarse en el cultivo de hortalizas ni, en general, para ningún cultivo que sirva para la alimentación del hombre, debido a posibles riesgos patógenos. Por otra parte como se vió en la ley del rechazo, no es recomendable.

### 3.1.5 Ventajas y Características del Compostaje

El compostaje tiene como principales ventajas, eliminar los gérmenes potencialmente infecciosos y convertir los excrementos en productos útiles para el suelo. Además de ser económico y de no requerir otras fuentes de energía.

#### - El Compostaje, un Proceso No Contaminante

El compostaje es un método eficaz y seguro para el tratamiento de las excretas y los lodos, ya que destruye los organismos patógenos que significan un grave peligro para la salud pública. Este hecho se constata a través de múltiples análisis realizados bajo diversos climas y condiciones.

El compostaje aeróbico se opone a los procesos anaeróbicos y a las fermentaciones que se efectúan en el agua, como en el caso de las fosas sépticas y de algunas plantas de depuración. En la acción de putrefacción, debido a la falta de oxígeno no se logra el aumento de temperatura suficiente para la destrucción de los

gérmenes patógenos. A esto habrá que agregar que el compostaje se desarrolla sin malos olores, contrariamente a los procesos anaeróbicos.

Por lo tanto, se puede concluir que el compostaje aeróbico representa un proceso no contaminante.

#### - El Compostaje, un Proceso de Reciclaje de las Excretas

El compostaje permite transformar las excretas y los desperdicios biodegradables en un producto llamado compost. Este compost o humus es muy útil para el suelo y para las plantas como alimento activado o fertilizante. Mejora la aireación y la retención de los alimentos nutritivos así como de la humedad, protege contra la sequía y la erosión, y funciona como regulador del pH en el suelo.

En Japón, por ejemplo está reconocido como indispensable y complementario a los abonos químicos de síntesis, además de su acción predominante en la agricultura biológica.

En los países no industrializados, el compost podría ser una de las principales fuentes de fertilización representando un ahorro de fertilizantes industriales, los cuales son más costosos.

El compost, producto de las excretas y otras materias desemboca en la fertilidad del suelo, cerrando así el ciclo vital, "todo ciclo abierto es un ciclo contaminante". (3)

De lo anterior se puede concluir que el compostaje es un proceso de reciclaje.

Además de ser anticontaminante y reciclador, el compostaje tiene la ventaja de tratar las excretas de una forma muy

económica, por lo tanto será la base de los sistemas secos, alternativos a los sistemas convencionales de tratamiento, que se estudiarán en el capítulo IV.

## 1.2 PRINCIPALES METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son los residuos líquidos que se generan en las diversas actividades de las poblaciones. Los desechos líquidos domésticos se caracterizan por contener principalmente materias fecales y otros desechos como residuos de alimentos, papel, grasas, detergentes; etc. Los residuos líquidos industriales varían en su composición dependiendo de la industria que se trate. En este trabajo se enfatizará el tratamiento de las aguas residuales de tipo doméstico. En la composición de estas aguas figuran sólidos orgánicos e inorgánicos disueltos y en suspensión. Los sólidos orgánicos son en su mayoría biodegradables y por lo tanto sujetos a descomposición, debido a la acción de un gran número de organismos vivos como bacterias y otros microorganismos existentes en las mismas aguas.

El propósito del tratamiento de las aguas residuales es separar de éstas la cantidad suficiente de sólidos que permita que los que quedan al ser descargadas a las aguas receptoras, al suelo o al subsuelo no interfieran con el mejor o más adecuado empleo de estos medios. Se trata de disponer de las aguas tratadas con el menor riesgo posible de contaminación.

Dependiendo de los fines que se persigan en cuanto a la calidad de agua que se obtenga del efluente de una planta de tratamiento será el nivel de tratamiento que se deberá

aplicar para lograr dicha calidad. En general se contemplan los siguientes niveles de tratamiento:

- o Pretratamiento
- o Tratamiento primario
- o Tratamiento secundario
- o Tratamiento terciario o avanzado
- o Procesos complementarios

### 3.2.1 Pretratamiento

El pretratamiento, conocido también como tratamiento preliminar, tiene como función principal la remoción de sólidos sedimentables y de material flotante.

Se distinguen dos etapas: la inicial que sirve para remoción de los sólidos gruesos, para lo cual se emplean rejillas, mallas y ocasionalmente desmenuzadores, los cuales trituran los sólidos gruesos sin eliminarlos de la corriente de agua. La segunda etapa consiste en una cámara de desarenación, que cumple con una doble función, remover la arena del agua residual y separar la arena del material orgánico para que sea desechada sin causar problemas en los procesos posteriores.

Este tratamiento preliminar tiene poco efecto sobre los organismos patógenos, los cuales persisten en su gran mayoría.

### 3.2.2 Tratamiento Primario

El tratamiento primario consiste fundamentalmente en un proceso de sedimentación simple, es decir, sin la ayuda de

coagulantes que favorezcan la formación de flóculos. Su objetivo principal es reducir la cantidad de sólidos suspendidos sedimentables. Con este tratamiento se separan o eliminan aproximadamente de un 40 a un 60% de los sólidos suspendidos. Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales así como los sedimentables, o sea un total de 80 a 90% de los sólidos suspendidos. La actividad biológica en las aguas residuales durante este proceso tiene escasa importancia.

Gran parte de los organismos patógenos son eliminados con este tratamiento cuando se complementa con la cloración de las aguas, y a veces es suficientemente adecuado para que se pueda permitir la descarga del efluente a los diversos medios sin que se interfiera con el uso adecuado subsecuente de éstos.

### 3.2.3 Tratamiento Secundario

Al tratamiento secundario se le conoce como tratamiento biológico aunque realmente consiste en procesos bioquímicos en los cuales ciertos microorganismos emplean la materia orgánica y los nutrientes biológicos contenidos en las aguas residuales para su reproducción.

Los procesos de tratamiento secundario se pueden agrupar en tres grandes categorías.

- Digestión aeróbica.- La cual toma en consideración la presencia de oxígeno no disuelto para que la estabilización de la materia orgánica se lleve a efecto en condiciones aeróbicas.

- Digestión anaeróbica.- En la cual el material orgánico se estabiliza en un medio carente totalmente de oxígeno disuelto, que presenta además como subproductos, elementos con un elevado valor energético.
- Lagunas de estabilización.- En donde la estabilización de la materia orgánica se logra mediante un proceso simbiótico entre algas y bacterias.

Otro aspecto considerado en el tratamiento secundario es la sedimentación posterior al tratamiento biológico, conocida como sedimentación secundaria.

En el tratamiento secundario se eliminan la mayor parte de los organismos patógenos.

#### 3.2.4 Tratamiento Terciario o Avanzado

El tratamiento terciario tiene como objeto remover aquellos contaminantes que no han sido eliminados en los niveles de tratamiento primario y secundario. En este nivel se puede eliminar desde iones inorgánicos como nitratos, fosfatos, calcio y potasio hasta complejos sintéticos inorgánicos. Dentro de los numerosos procesos de tratamiento existentes dentro de este nivel, los principales son:

- o Adsorción en carbón
- o Intercambio iónico
- o Ósmosis inversa
- o Cloración
- o Cloración a punto de quiebre
- o Electrodialisis

- o Filtración

### 3.2.5 Procesos Complementarios

Se conocen como procesos complementarios todos aquellos que se utilizan en el tratamiento de la materia sedimentada conocida como lodos.

El tratamiento de los lodos tiene dos objetivos, siendo el primero de éstos eliminar parcial o totalmente el agua que contienen para disminuir su volumen, y en segundo lugar para que se descompongan todos los sólidos orgánicos putrescibles en sólidos minerales o en sólidos inorgánicos relativamente estables. Esto se logra con la combinación de dos o más de los métodos siguientes:

- o Espesamiento
- o Digestión con o sin aplicación de calor
- o Secado en lechos de arena cubiertos o descubiertos
- o Acondicionamiento con productos químicos
- o Elutriación
- o Filtración al vacío
- o Secado por calor
- o Incineración
- o Oxidación húmeda
- o Centrifugación
- o etc.

Aún cuando todos estos métodos de tratamiento reducen el número de organismos posiblemente patógenos concentrados en los lodos, únicamente el secado por calor los hace totalmente

seguros.

Los lodos tratados se pueden usar en rellenos de terrenos bajos, en la agricultura si son secados por calor o almacenados algunos meses, en la acuicultura, o simplemente se pueden descargar al mar.

{16} y {19}

## CAPITULO IV

### SISTEMAS ALTERNATIVOS

Los sistemas alternativos para el manejo y la disposición de excretas tienen dos finalidades fundamentales: ahorrar agua y prevenir la contaminación. En este estudio estos sistemas se dividen en secos e intermedios. Los secos son aquellos que para su funcionamiento no utilizan agua; los intermedios la requieren pero en poca cantidad, lográndose con ello un ahorro considerable de este líquido.

#### 4.1 Sistemas Secos

##### 4.1.1 Características Generales

Los sistemas secos presentan tres ventajas principales:

- o No utilizan agua (son económicos)
- o No eliminan los nutrientes contenidos en las heces; al contrario, las convierten en producto útil para la agricultura (son recicladores)
- o No contaminan el medio y evitan los riesgos patógenos (son seguros higiénicamente)

Sus principios básicos se basan en no utilizar agua para transportar las excretas y en disponer éstas mediante un tratamiento biológico.

No necesitan ningún producto químico ni trituración y no requieren conducciones como tuberías y canales.

Reemplazan a las tuberías de aguas residuales y a los

dispositivos convencionales. No así a las tuberías de aguas jabonosas que siguen siendo necesarias.

En cuanto a las medidas del terreno, mientras éstas sean más amplias existirán mayores posibilidades de escoger un sistema de saneamiento reciclante y autónomo. Desafortunadamente los habitantes de edificios de departamentos no tienen muchas opciones para tratar sus desechos. En este trabajo se presentarán sistemas a pequeña escala, es decir a nivel familiar, no muy costosos, de tratamiento "in situ" y sobre todo aplicables a los medios rural y suburbano. Dentro de estos sistemas existen unos comercializados y patentados, así como otros autoconstruibles y adaptables según los requerimientos particulares.

#### 4.1.2 Descripción de los Sistemas Secos

De acuerdo a su funcionamiento se clasificarán en tres grupos:

- o Descomposición
- o Destrucción
- o Recolección

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los principales sistemas secos y de sus características que permitirá seleccionar, en función de los recursos y necesidades que se tengan, el o los tipos de sistemas que más convengan a la situación particular, posteriormente se hará una breve descripción de cada uno de ellos.

SISTEMAS SECOS	ZONA DE APLICACION			NECESIDAD DE ELECTRICIDAD	AUTOCONSTRUIBLE	COMERCIALIZADO	COSTO		CARACTERISTICAS
	SEMI URBANA	URBANA	RURAL				INICIAL	UTILIZACION	
<b>DESCOMPOSICION</b>									
Fosa Doble Compostadora									
-Fosa doble solar Mexicana	X	X		X			M	B	Estructura permanente; reparable y de gran capacidad/Rapida y segura destruccion de patogenos
-Biopot				X			M	B	No requiere ventilacion/No presenta problema de exceso de liquidos/Para N.A.F. profundo
-Tanque doble Farallones	X	X		X			M	B	Problemas de manipulacion/Tolera la sobrecarga/Facil de integrar
-Fosa doble Vietnamita	X	X		X			M	B	Anaerobico/Separacion orina-heces/Ausencia de olores y ascuas/No requiere reaccion
Deposito Compostador									
-Clivus Multrum	X	X	X			X	E	B	Sensible a la sobrecarga/No requiere reaccion/Dificil integracion/Completamente reparable
-Clivus Multrum autoconstruible			X		X		M	B	No requiere reaccion/infiltracion de liquidos/Mayor capacidad que el comercial
-Clivus Minicus	X	X		X			M	B	Debe garantizarse su reparabilidad/No tolera sobrecarga
Compostador Movil e Impermeable									
-Barril compostador		X	X		X		B	B	No requiere manipulacion/Problemas de aireacion y de exceso de liquidos/Sencillo y barato
Deshidratador									
-ECO TOILET	X	X	X	X		X	E	E	Separacion orina-heces/Sensible a la sobrecarga/Necesidad de tratamiento complementario
<b>DESTRUCCION</b>									
Incinerador									
-Incinerador THERMOLOS	X	X	X	X		X	E	E	No reciclador/Desprendimiento de gases inflamables/Gran consumo de electricidad
<b>RECOLECCION</b>									
Congelador									
-TE BE	X	X	X	X		X	E	E	Posibilidad de reciclaje con un tratamiento complementario/Comoda manipulacion/Vaciado frecuente
Fosa de Almacenamiento									
-Istrina tejurada		X	X		X		B	B	Fosa permeable/Para N.A.F. profundo/Necesidad de tratamiento complementario/Gran capacidad
-RECO		X	X		X		B	B	Fosa permeable/Para N.A.F. profundo/Necesidad de tratamiento complementario/Gran capacidad
Separador									
-Cubeta separadora		X	X		X		B	B	Poca capacidad/Necesidad de tratamiento complementario/Separacion heces-orina

B.- bajo  
M.- mediano

## DESCOMPOSICION

### Fosa Doble Compostadora

#### FOSA DOBLE SOLAR MEXICANA

##### - Descripción y Funcionamiento

Consiste en una fosa impermeable con dos compartimientos iguales. La cubierta de esta fosa está formada por el piso de la caseta y por unas láminas metálicas pintadas de negro y orientadas hacia donde reciban mayor tiempo los rayos solares, con el objeto de calentar la materia en descomposición y de evaporar el exceso de líquidos. Las láminas metálicas abatibles permiten remover y sacar el compost de los compartimientos.

Arriba del muro divisorio se sitúa el hoyo o asiento para defecar, así como el tubo de ventilación [fig. 6]. Debajo del hoyo se coloca una placa metálica giratoria y orientable que se acciona mediante una manivela exterior. Esta placa permite desviar las excretas a un compartimiento o al otro, bloqueando así el que no se va a utilizar [fig. 7].

Una vez llena la primera fosa a sus 3/4 partes, se desvían las excretas hacia la segunda por medio de la placa giratoria; mientras tanto, en la primera el montón prosigue su descomposición. Cuando se llena la segunda fosa, se procede a sacar el compost de la primera, quedando libre para recibir los excrementos y así sucesivamente.

Se debe cambiar de compartimiento aproximadamente cada seis meses para asegurar la destrucción de los organismos patógenos.

Dos compartimientos de 0.75 m de ancho por 2 m de largo

permiten llevar a cabo el vaciado alternado cada seis meses, cuando el dispositivo es usado regularmente por 6 a 8 personas.

El tubo de ventilación situado entre los dos compartimientos permite airearlos simultáneamente.

#### - Recomendaciones para su Utilización

. Colocar un lecho de materia seca (paja, hojas) en el fondo de la fosa antes de su utilización.

. Agregar al montón desechos orgánicos y materias vegetales una vez por semana para asegurar una mejor descomposición.

. Contar con una tapa hermética ya sea en el asiento o en el hoyo, así como una malla en el tubo de ventilación para evitar que los insectos penetren y se reproduzcan.

. La placa metálica giratoria debe ser muy lisa con el objeto de no retener las materias.

. Cubrir las láminas captadoras de sol durante las noches frías y los días de mal tiempo para evitar al máximo las pérdidas de calor.

#### - Características

. Esta estructura permanente de gran capacidad es muy práctica y segura. Desde el punto de vista sanitario es recomendable, ya que la duración del ciclo (un año) y la elevación de la temperatura debida a los captadores solares aseguran un alto índice de destrucción de agentes patógenos. Por otra parte la impermeabilidad de las fosas aminora la repercusión sobre el medio.

. El gran tamaño de los compartimientos de este sistema favorece la aireación, y por lo tanto, acelera la descomposición

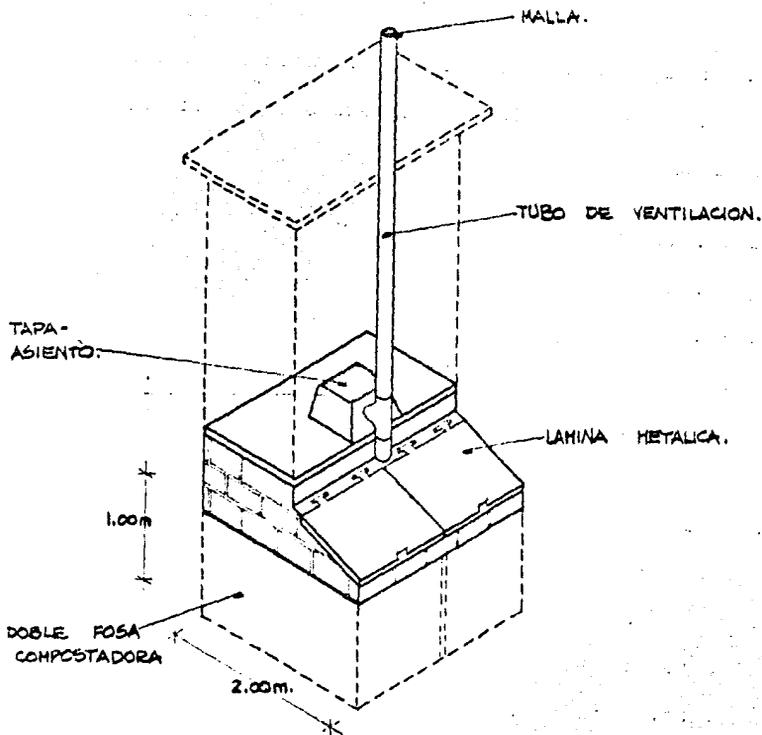


FIG. 6

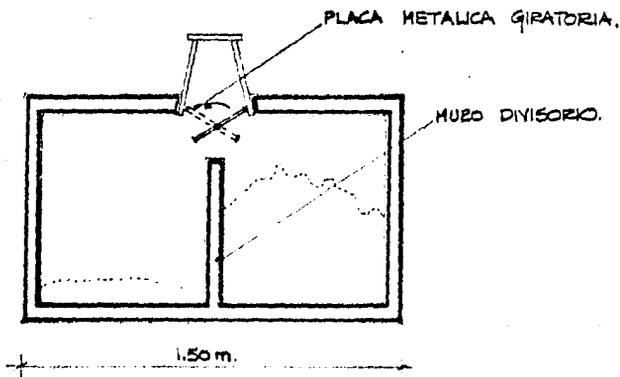


FIG. 7

FOSA DOBLE SOLAR MEXICANA.

a condición de remover periódicamente el montón.

Un problema que podría presentarse en estas fosas impermeables, aún teniendo los captosres solares que favorecen la evaporación, sería el del exceso de líquidos, que tiene como consecuencia olores de amoníaco. Haría falta entonces, disminuir las aportaciones de orina.

#### - Realizaciones

En Mérida, Yucatán. Es un modelo reciente (1977) inspirado en los dispositivos hindúes "Gopuri" y "Sopas-sandas", y mejorado.

(33) y (11)

## DESCOMPOSICION

### Fosa Doble Compostadora

#### BIOPOT

##### - Descripción y Funcionamiento

Este sistema lo ideó el arquitecto sueco Krisno Nimpuno en 1972 y responde al problema del exceso de humedad de las fosas impermeables.

Las dos fosas son usadas alternadamente cada seis meses como mínimo. La descomposición al principio es aeróbica y después se vuelve anaeróbica.

Su principal característica reside en que el fondo de las fosas no es impermeable sino que está formado por capas de materiales diversos que sirven para que los líquidos se filtren antes de llegar al suelo. Estas capas están constituidas, de arriba hacia abajo, por:

- Una capa de arena mezclada con hojas que sirve como filtro mecánico.
- Una capa de caliza triturada y de cenizas para reducir la acidez de los efluentes.
- Una capa de arena mezclada con carbón de madera para concluir la purificación.

Debajo de estas capas se coloca una losa perforada [fig. 8]. Las excretas caen a la fosa que está en servicio sobre la capa de arena y hojas. Una vez que el compartimiento está lleno se recubre el montón con hojas verdes para favorecer el sellado y la descomposición anaeróbica. Cuando el segundo compartimiento se

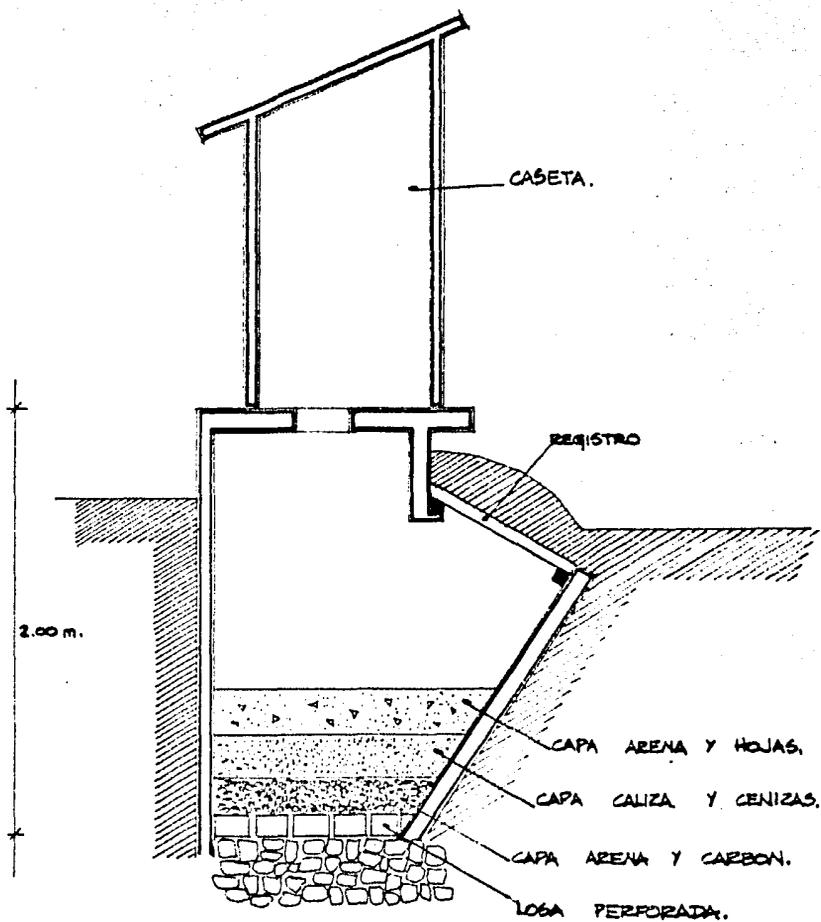


FIG. 8  
 BIOPOT.

... el primero se vacía por el registro interior, el cual se  
... tierra. Deben renovarse las capas filtrantes antes de  
... nuevamente en servicio las fosas.

#### Recomendaciones para la Utilización

Según las condiciones del suelo y el manto de aguas  
... puede ser recomendable dirigir los líquidos  
... hacia un pozo de infiltración.

#### Características

El filtro produce una cierta depuración de los líquidos  
... potencialmente patógenos. En un sitio bien escogido donde haya  
... tierra homogénea, las condiciones depuradoras del suelo aseguran  
... el resto de la destrucción.

El compost obtenido es poco húmedo y constituye un buen  
... .

Este sistema tiene la ventaja de no requerir  
... ventilación.

#### Realizaciones

A nivel experimental en Tanzania, en la nueva capital  
Dodoma.

(3)

## DESCOMPOSICION

### Doble Fosa Compostadora

#### TANQUE DOBLE FARALLONES

Este sistema de origen oriental se utiliza y experimenta en el Instituto Farallones de California, con la colaboración de las autoridades del estado. Desde 1974 ha sufrido diversas mejoras y transformaciones.

#### - Descripción y Funcionamiento

Está constituido por dos tanques impermeables de un metro cúbico, cada uno con una puerta y separados por un murete [fig. 9].

En la cubierta de uno de los tanques se instala, en forma permanente un asiento o simplemente se deja un hoyo en la cubierta para defecar a cuclillas. De una u otra forma, es importante que cuente con una tapa adecuada.

En este sistema se destina un tanque exclusivamente a la recepción de excretas y el otro para el compostaje.

El sistema debe tener un dispositivo que permita la ventilación adecuada de los tanques.

Antes de su utilización deberá colocarse en el fondo de los tanques un lecho de paja y hojas secas de 15 cm de espesor.

Una vez realizada la defecación se esparce un puñado de materiales secos (paja, hojas, tierra) por el hoyo y después se tapa; esto con el fin de absorber el exceso de líquidos. También deben realizarse frecuentes remociones del montón para asegurar la transformación aeróbica. Por lo menos una vez al mes y durante

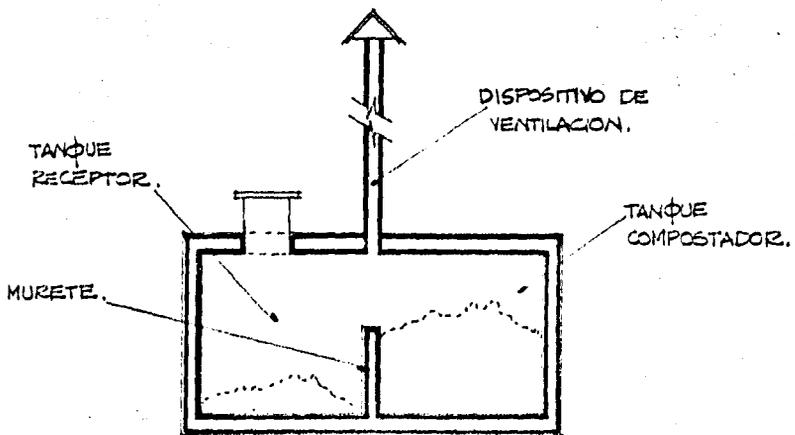
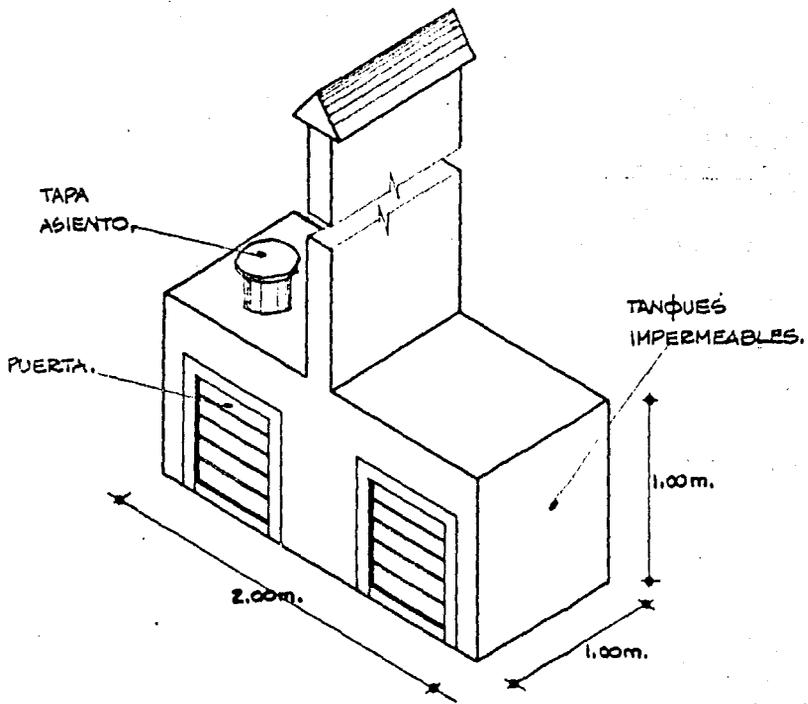


Fig. 9

TANQUE DOBLE FARALLONES.

las primeras horas de la mañana, cuando no haya moscas se debe remover el montón con un trinche.

Una vez lleno el tanque receptor a sus 3/4 partes, aproximadamente 6 meses de uso, se pasa el contenido al tanque compostador, donde permanecerá por lo menos otros 6 meses antes de ser utilizado como compost.

#### - Características

El sistema del Instituto Farallones es relativamente barato y de fácil construcción e integración.

Tolera la sobrecarga, por lo tanto es adaptable a comunidades fluctuantes.

Como todo sistema de fosas impermeables es sensible a los excesos de orina, aún cuando se agrega materia seca después de cada uso.

Este sistema tiene el inconveniente de la necesidad de pasar las excretas de un tanque a otro, hecho que puede resultar desagradable.

#### - Realizaciones

Centro Rural del Instituto Farallones en California, EUA.

Gran número de autoconstructores lo han utilizado en la costa oeste y en el norte de los Estados Unidos.

(3) y (10)

## DESCOMPOSICION

### Fosa Doble Compostadora

#### FOSA DOBLE VIETNAMITA

Este sistema está muy difundido en Vietnam, particularmente en el medio rural y ha dado muy buenos resultados: 600,000 toneladas de abono humano higiénicamente seguro son producidas anualmente.

#### - Descripción y Funcionamiento

Consiste en dos tanques impermeables de aproximadamente 380 litros cada uno (0.8 x 0.2 x 0.6 m) de concreto o de tabique, situados sobre la superficie del suelo y sobreelevados con respecto a las aguas de escurrimiento por medio de una plataforma [fig. 10].

La parte superior de los tanques está compuesta de dos sistemas de losa turca y un canal para la orina como se muestra en la fig. 11. Cada tanque cuenta con una puerta que permite sacar el compost.

Los dos compartimientos son utilizados alternadamente por periodos de 6 meses, lo que permite una descomposición de mayor duración.

La orina fluye por medio del canal a un recipiente, ya sea una cubeta, que previamente contiene agua con el objeto de diluirla. El contenido del recipiente puede utilizarse para el riego del jardín.

El fondo de los tanques debe recubrirse por una capa de tierra polvorosa a fin de absorber la humedad de las heces,

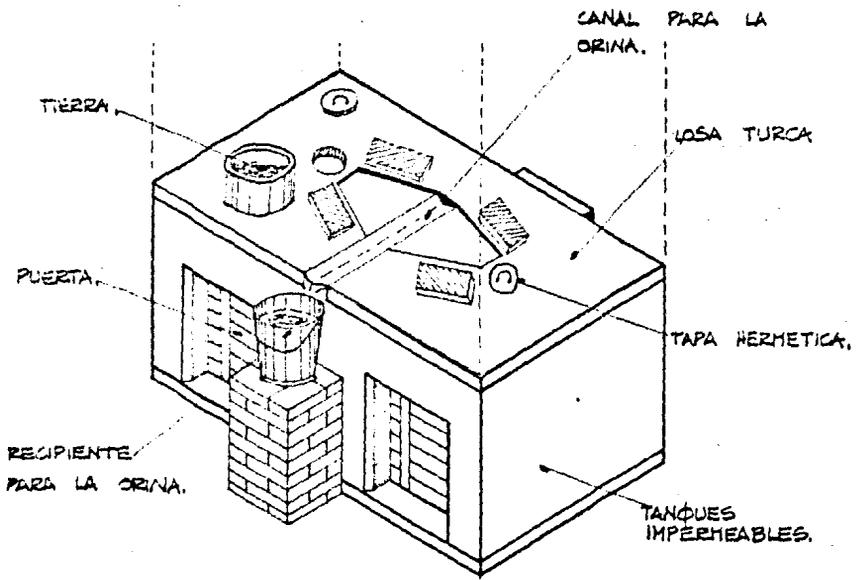


FIG. 10

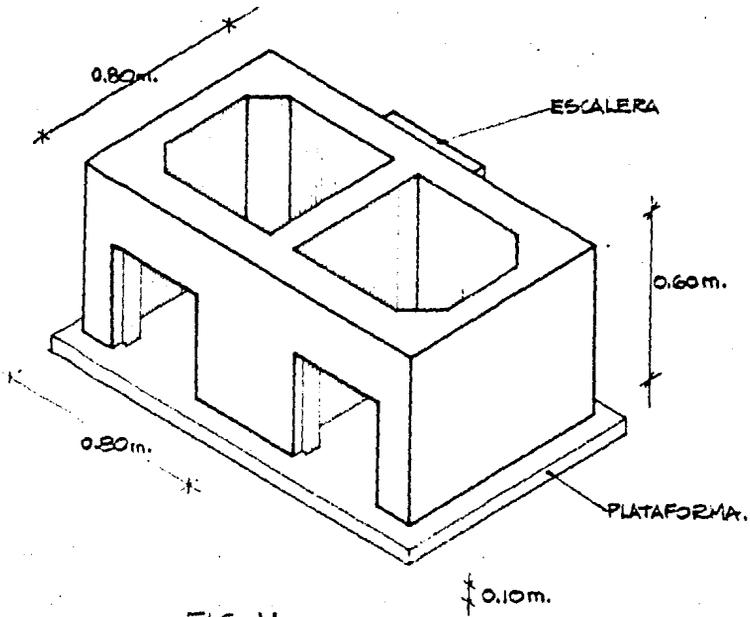


FIG. 11

FOSA DOBLE VIETNAMITA.

aportar microorganismos e impedir que las heces se peguen al fondo.

Después de cada uso se vierte tierra sobre las heces, ésta absorbe la humedad, la atracción de las moscas se reduce y los malos olores son neutralizados. El proceso en el interior de los tanques es anaeróbico y muy seco.

Una vez que se llena el primer tanque a las 3/4 partes se mezcla el contenido, se llena de tierra seca polvorosa y se tapa. Entonces, se usa el segundo compartimiento para recibir las heces. Una vez lleno este tanque el contenido del primero estará listo para ser retirado y utilizado como abono.

#### - Recomendaciones para la Utilización

. Solamente debe agregarse a las heces tierra, cenizas y papel higiénico, la mezcla de tierra y cenizas es el mejor aditivo para el proceso.

. Para que el comportamiento del compostaje anaeróbico sea correcto, debe taparse el sistema de la manera más hermética posible.

. Si no se desea que la defecación sea en cuclillas se puede instalar un asiento separador.

. El canal de la orina debe ser de un material resistente a los efectos de ésta, ya que el concreto corre el riesgo de ser atacado por el líquido.

. Lo ideal sería adaptar los tanques al número de usuarios con el fin de que el compost no sea retirado antes de los 6 meses de aislamiento, y tener así, la certeza de su seguridad higiénica.

- Características

. La separación de la orina y las heces presenta las siguientes ventajas: evita los malos olores y la atracción de moscas, activa la descomposición y aumenta la relación C/N.

. No presenta problemas para el medio debido a la sobre-elevación y a la impermeabilidad de sus tanques.

. No representa riesgos para la salud puesto que no requiere remoción del montón y su largo periodo de descomposición garantiza la eliminación de los organismos patógenos.

- Realizaciones

. En Vietnam existe un sistema por cada 1.4 viviendas.

. En la India se ha utilizado un dispositivo muy similar, "el Gopuri", pero debido a que no se estableció un programa educativo previo a su implantación no tuvo éxito.

{3}, {7} y {11}

## DESCOMPOSICION

### Depósito Compostador Grande

#### CLIVUS MULTRUM

##### - Descripción y Funcionamiento

El Clivus Multrum es un sistema biológico, sueco, constituido por un tanque o depósito de plástico o de fibra de vidrio. Este dispositivo, impermeable y aislado, tiene dos ductos de alimentación, uno por el que se alimenta de excretas y otro que proviene de la cocina. También cuenta con un ducto de ventilación, tubos de aireación y una puerta por la cual se retira el humus, producto de la descomposición [fig. 12]. La superficie inferior del tanque está inclinada 30 grados con respecto a la horizontal [fig. 13].

Es preferible instalarlo en casas donde la cocina y el baño son contiguos para tener así una caída directa de las excretas provenientes del excusado así como de los desechos orgánicos de la cocina. En caso de no ser contiguos se puede instalar un ducto horizontal con un espiral activado por un motor de 1/10 HP. Con este ducto se pueden transportar al depósito los desechos humanos o los de la cocina [fig. 14].

Su inclinación permite que las heces en proceso de descomposición se mezclen lentamente con los desechos orgánicos de la cocina y que la orina escurra.

Por lo general este depósito se instala en el sótano o en el exterior, en este último caso se procurará orientarlo hacia donde reciba los rayos solares y pintarlo de negro donde el clima sea caluroso y constante.

El Clivus Multrum comercializado se fabrica en dos tamaños: uno para tres personas, de 2.50 m de largo y 1.70 m de altura cuando se encuentra inclinado a 30 grados, con un ancho de 1.00 m y el otro para 4 a 6 personas que mide 2.90 m de largo, 2.25 m de alto y 1.20 m de ancho.

Antes de utilizarlo debe colocarse un lecho de turba humedecida y paja en el fondo. Las excretas caen en el nivel más alto de la pendiente y los desechos de la cocina caen un poco más abajo. Los tubos de aireación, perforados, permiten una descomposición aeróbica.

Las heces y la materia orgánica resbalan lentamente, se mezclan, se calientan, disminuyen su volumen y finalmente se almacenan en el fondo del tanque en forma de humus (10% del volumen inicial). En condiciones normales los líquidos se evaporan pero es recomendable instalar en el extremo superior del tubo de aireación un ventilador propulsado por viento y/o uno eléctrico pequeño en el tubo de ventilación. Este aditamento sencillo y barato soluciona el problema de exceso de líquidos así como el de los olores. Se recomienda que la salida del tubo de ventilación quede cuando menos 2 metros arriba de la azotea de la casa.

El ciclo dura de 3 a 5 años en establecerse. Posteriormente se puede retirar entre 20 y 30 kg de compost por persona cada año. El usuario abre la puerta del depósito y retira un humus terroso libre de organismos patógenos, listo para utilizarse como abono en el jardín.

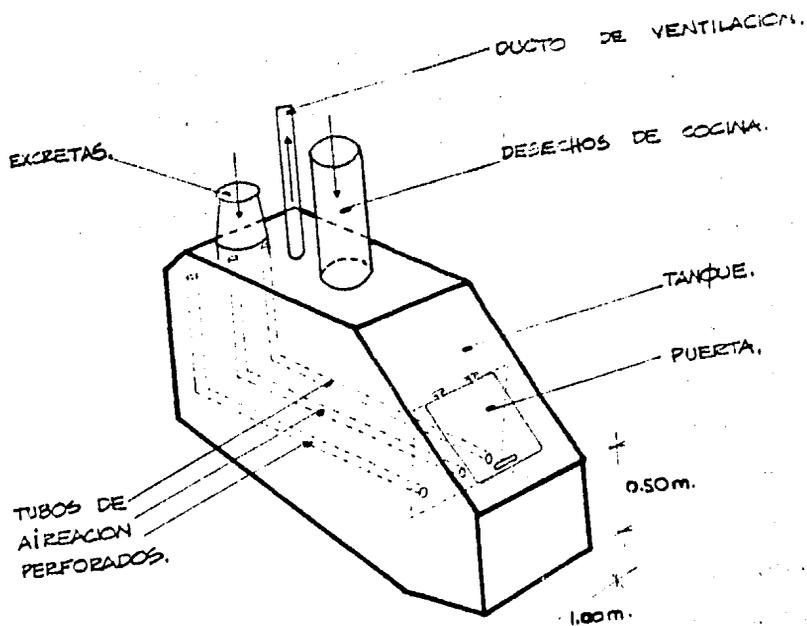


FIG. 12.

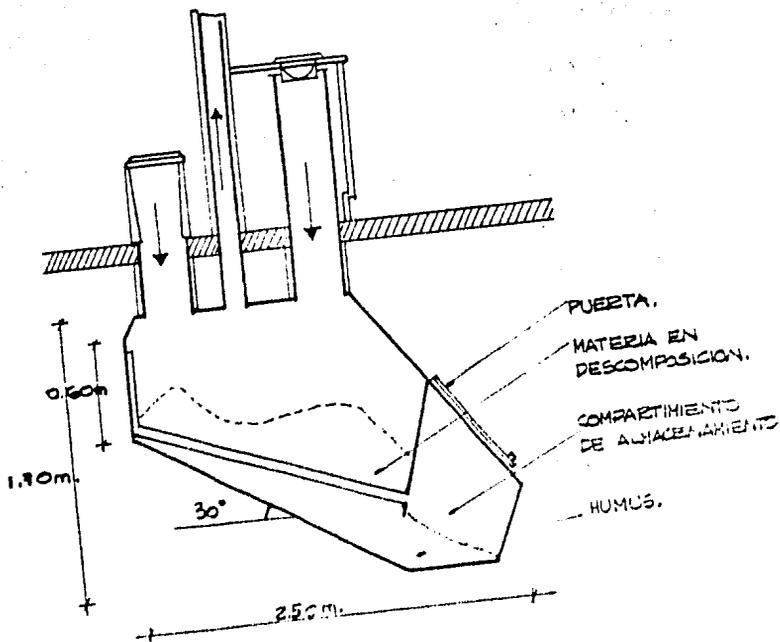


FIG. 13

CLIVUS MULTRUM.

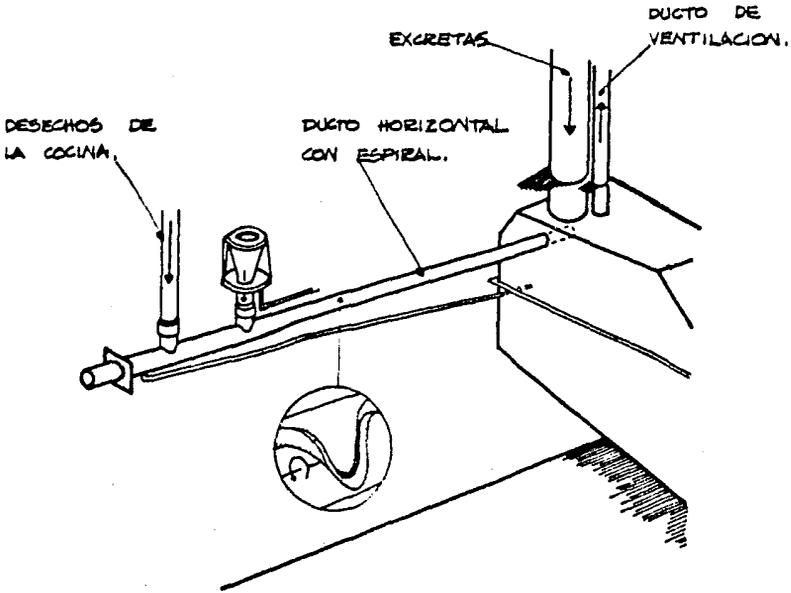


FIG. 14.

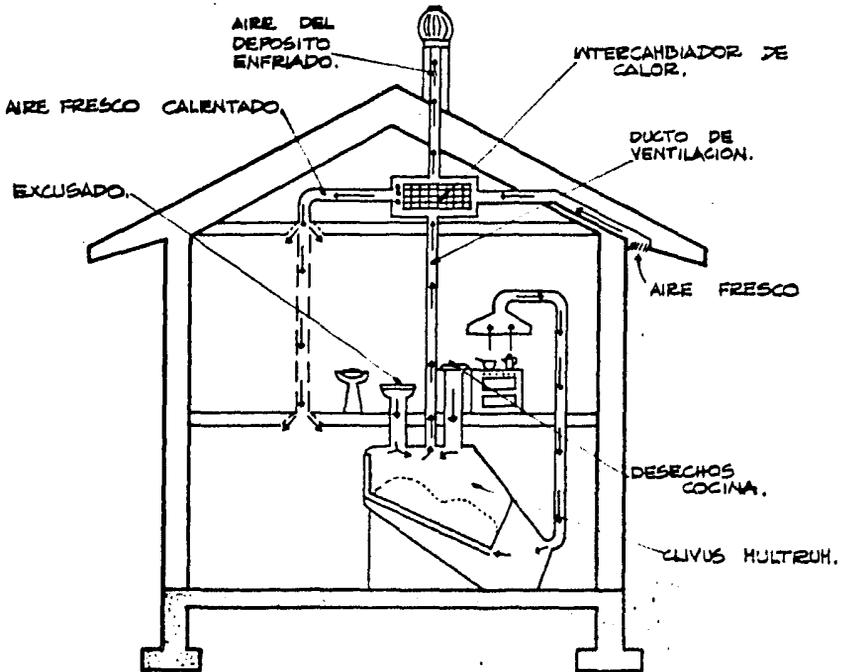


FIG. 15

CLIVUS MULTRUM INTEGRADO.

## - Recomendaciones para la Utilización

Es aconsejable colocar el depósito en un local en donde la temperatura sea superior a los 10 grados centígrados, con el fin de favorecer la evaporación de los líquidos y la descomposición de los sólidos.

Es conveniente aislar el dispositivo a fin de evitar la condensación.

La calidad de la descomposición es muy sensible de acuerdo a los vegetales que se agregan. Paja, hojas y hierbas son necesarias para el equilibrio carbono-nitrógeno.

Para evitar que se introduzcan moscas o mosquitos al interior del depósito, se procurará vaciar los desechos de la cocina, lo más rápidamente posible, al depósito. En cuanto se note la presencia de insectos debe agregarse al montón un puñado de aserrín.

No deben introducirse materias inorgánicas como latas, botellas y plástico; papel periódico en exceso; ni cigarrillos prendidos o cenizas calientes ya que éstos últimos podrían ocasionar fuego en el tanque.

El ducto de la cocina debe mantenerse bien tapado para evitar los malos olores y el acceso a los insectos.

## - Características

El proceso se desarrolla solo, no requiere de ninguna manipulación ni remoción.

Debido al gran volumen del depósito (5 metros cúbicos) y del montón, el sistema funciona de manera continua y posee buenas cualidades térmicas, lo que asegura la destrucción de los

gérmenes patógenos.

. El dispositivo acepta un gran número de materias orgánicas sin preparación previa.

. El depósito es sólido e impermeable por lo tanto no hay peligro de contaminación del suelo ni del agua.

. Este es el más caro de los sistemas secos. Requiere de una fuerte inversión.

. Su instalación en casas ya construidas resulta difícil; asimismo presenta problemas cuando la cocina y el baño no son contiguos, pues se ha visto que el sistema del espiral no es muy seguro en su funcionamiento.

. Durante los primeros años es muy sensible a la sobrecarga pero luego adquiere estabilidad y tolerancia.

#### - Realizaciones

. En Escandinavia desde 1960 varios miles se encuentran en servicio.

. En EUA, aunque en menor cantidad también existen varios miles en funcionamiento.

. En un parque nacional sueco es utilizado por entre 600 a 1,000 personas por semana durante todo el año.

. El físico sueco Mats Wolgast utiliza el Clivus Multrum como fuente de calor para su casa. La casa está muy bien aislada con materiales adecuados. El calor producto de la descomposición aeróbica es recuperado por el ducto de ventilación pero en vez de dejarlo escapar al aire libre se hace pasar por un intercambiador de calor el cual por otro lado es alimentado por aire fresco. Del intercambiador sale por un lado el aire del depósito ya enfriado

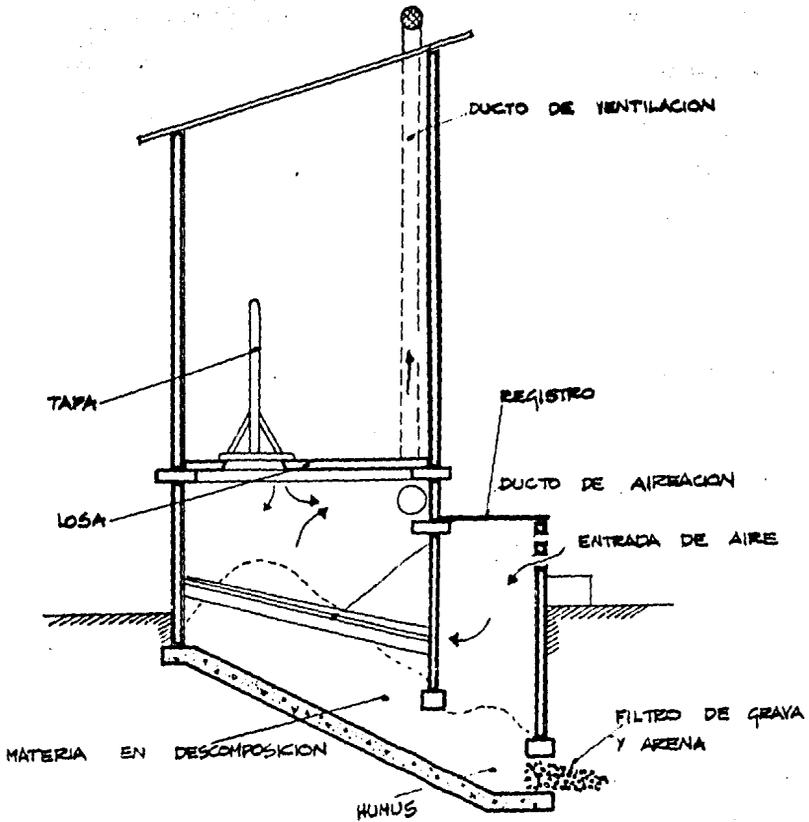


FIG. 16

CLIVUS MULTRUM AUTOCONSTRUIBLE.

y en cambio por otra salida sale el aire fresco calentado [f.g. 15].

Mats Wolgast calculò que los desechos de cinco personas que viven en una casa crean 1,800 kilowatts al año. El Clivus Multrum permite, por lo tanto, asegurar el 20% de la calefacción necesaria para la casa. (10)

#### CLIVUS MULTRUM AUTOCONSTRUIBLE

Inspirada en el Clivus Multrum comercial sueco existe una versión autoconstruible con los mismos principios de funcionamiento. Su única variación consiste en una salida para líquidos a través de un filtro de grava y arena, en la parte inferior del compartimiento [fig. 16]. Esta variación restringe su uso en ciudades, zonas periféricas y lugares donde el nivel freático es alto, debido a las infiltraciones.

Este modelo tiene las siguientes ventajas: no requiere electricidad, es autoconstruible con materiales comunes (tabique, cemento, madera, etc.) y por lo tanto resulta mucho más barato y accesible que el modelo comercial.

#### - Realizaciones

En La Paz, B.C.S., en 1978, se construyó el primer Clivus Multrum en el país, el cual fue evaluado con resultados muy alentadores.

En 1981 se construyó el segundo Clivus Multrum en una zona carente de drenaje de la Ciudad de México y en 1982 se construyeron dos en zonas pedregosas del Distrito Federal. (18)

(9), (10), (11) y (18)

## DESCOMPOSICION

### Depósito Compostador Grande

#### CLIVUS MINIMUS

##### - Descripción y Funcionamiento

El Clivus Minimus está basado en el principio del Clivus Multrum y ofrece las mismas ventajas al mismo tiempo que una solución mucho más económica.

Para los principios de funcionamiento y las recomendaciones referirse al Clivus Multrum.

El depósito puede construirse con tabiques y concreto. La superficie interior debe recubrirse con una mezcla de cemento e impermeabilizante. El fondo del Clivus Minimus se apoya sobre una pendiente a 30 grados formada por material graduado y compactado lo mejor posible [fig. 17].

La puerta de acceso del tanque puede ser metálica o de madera, siempre y cuando cierre herméticamente para evitar la salida de malos olores.

Los ductos internos de aireación deben ser de materiales no corrosivos, tales como el PVC o el asbesto-cemento, de 10 cm de diámetro y perforados a toda su longitud.

El ducto de ventilación debe tener por lo menos 10 cm de diámetro y una altura adecuada. También debe contar con protección contra moscos e insectos.

La cubierta inclinada que se encuentra arriba de la puerta será metálica, pintada de negro si el clima se presta a la insolación.

La orientación hacia el lado soleado facilitará la descomposición. En climas calientes se recomienda colocar el depósito en el exterior de la casa habitación y en los climas templados se colocará en el interior, ya sea en una bodega o en un sótano.

Las dimensiones de un depósito para cuatro personas son de aproximadamente 2.50 m de largo por 1.50 m de altura y de 1.00 m de ancho [fig. 18]. Estas varían de acuerdo al número de usuarios.

Este dispositivo también requiere de un lecho de paja o turba, con el objeto de absorber la orina y de proveer los microorganismos necesarios para la descomposición. Se agregarán suficientes materias secas a fin de controlar el pH, de equilibrar la relación C/N y de absorber el exceso de orina.

La transformación de las materias dura de 3 a 4 años. La temperatura en el interior del tanque no supera los 32 grados centígrados, por lo cual es necesario dejar que transcurra un largo período para asegurarse de la destrucción de los organismos patógenos.

Una solución para el exceso de orina y de los líquidos que se acumulan en el compartimiento de almacenamiento, es el modelo de Tanzania que tiene un segundo compartimiento para líquidos y está separado del compost por piedras. También se puede instalar un separador de orina.

#### - Características

Es muy semejante al Clivus Multrum excepto en lo referente al costo. Es mucho más económico ya que es autoconstruible.

. El hecho de ser autoconstruible facilita su instalación en lugares más aislados.

. Un inconveniente del Clivus Minimus es que cuando la impermeabilidad no se puede garantizar existe el riesgo de contaminación del suelo y de los mantos acuíferos.

- Realizaciones

. Fue experimentado y difundido en algunos países del tercer mundo. Se implantó en un barrio urbano de Manila, Filipinas, el cual no contaba con ningún sistema de saneamiento y cuyo nivel de aguas freáticas era muy alto.

. Un proyecto de la ONU para la protección del medio ambiente lo experimentó en Abu Dhabi, Emiratos Arabes Unidos.

. En Tanzania es llamado "letrina Utafiti" y como ya se mencionó, tiene un tanque secundario para la recepción de líquidos.

. En Europa se han hecho algunas instalaciones de este dispositivo, por ejemplo en Holanda y en Francia.

{3} y {10}

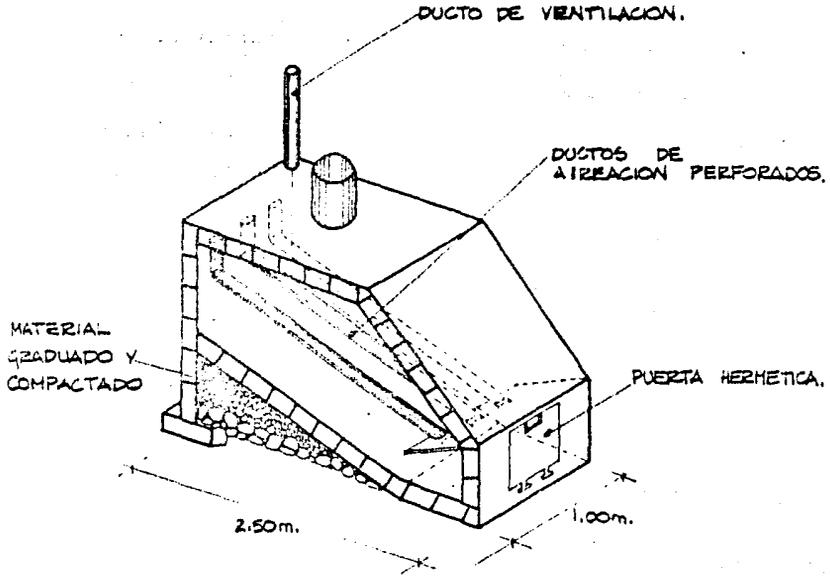


FIG. 17.

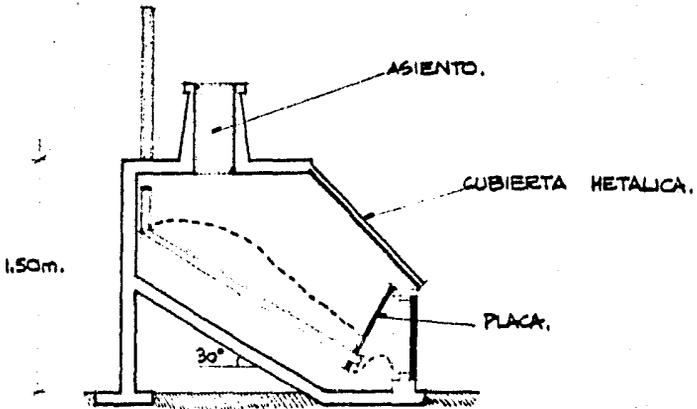


FIG. 18

CLIVUS MINIMUS.

## DESCOMPOSICION

### Compostador Impermeable Móvil

#### BARRIL COMPOSTADOR

##### - Descripción y Funcionamiento

Este dispositivo es muy sencillo y muy barato. Consta de un barril de 210 litros, abierto en su parte superior, el cual se sitúa bajo un asiento fijo o simplemente bajo una losa o tabla con un hoyo para defecar a cuclillas [fig. 19]. El barril compostador recibe las materias fecales y una vez lleno se reemplaza por uno vacío, y se deja en compostaje aproximadamente un año.

La parte móvil consiste en un barril en buen estado, con tapa hermética; es conveniente aplicarle interiormente pintura anticorrosiva o chapopote, este último tiene la ventaja de absorber el calor debido a su color. Es fácilmente maniobrable, puesto que se rueda o bien se le adapta una plataforma con ruedas o se utiliza un "diablo" o una carretilla.

La parte superior del barril debe sellar con la parte fija lo mejor posible, para lo cual se debe calzar éste. La ayuda de un gato puede facilitar la operación. Para el efecto, es aconsejable acondicionar una plataforma con un gato fijo y ruedas como se muestra en la figura 20.

Para evitar que el proceso sea anaeróbico, el barril debe contar con un sistema de aireación que se logrará instalando tubos metálicos o de PVC de 2 pulgadas de diámetro como se muestra en la figura 21. Estos tubos se perforarán en toda su longitud dentro del barril; la salida de esta tubería será a

través de un hoyo lateral en la parte inferior del barril y deberá llevar en su extremo un tapón de malla muy fina para impedir la entrada de moscas, moscos, etc.

Además de su respectiva tapa hermética, la parte fija, ya sea, un asiento empotrado o simplemente una losa o tabla con un hoyo, debe llevar un ducto de ventilación, que será fijo, bien sellado y lo más alto posible, así como contar con un dispositivo para evitar el paso de insectos y de la lluvia. Se recomienda un tubo de 4 pulgadas de diámetro.

En la superficie donde el barril hace contacto con la parte fija se debe colocar un anillo de material suave y esponjoso, como el hule espuma o el bajo alfombra con el objeto de evitar las fugas de olores.

La solución más sencilla del barril compostador es adaptar directamente a la parte superior del barril una tapa-asiento de madera con su respectivo hoyo y un tubo de ventilación [fig.21]. A esta tabla de diámetro mayor al del barril se le hacen dos agujeros: uno para defecar y otro para el ducto de ventilación. El hoyo para la defecación debe tener una tapa hermética y el de ventilación se debe sellar perfectamente con el tubo. Se adaptarán unos escalones, ya sea de madera, mampostería, o de algún material disponible, para tener alcance al asiento.

Se tomará en cuenta como promedio un barril por persona al año. El fondo del barril se tapizará con un lecho de paja, de tierra y hojas secas con un espesor de 15 cm y cada vez que termine de utilizarse se deben echar dos puñados de una mezcla de tierra y hojas. Una vez lleno a sus 3/4 partes, se baja, se tapa

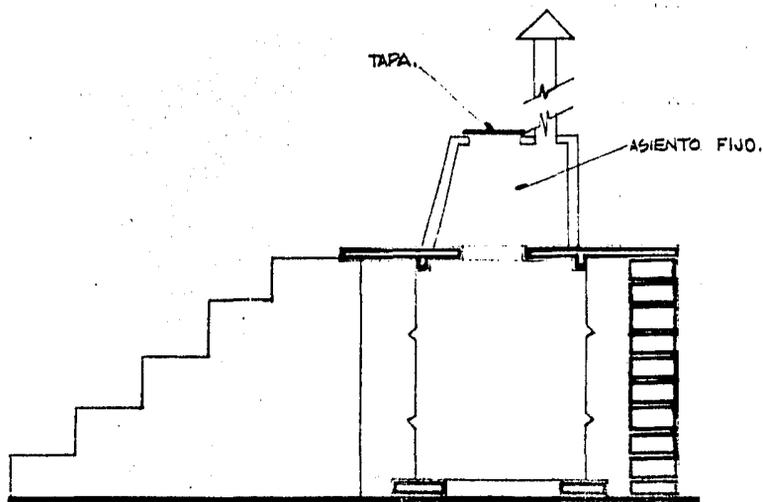
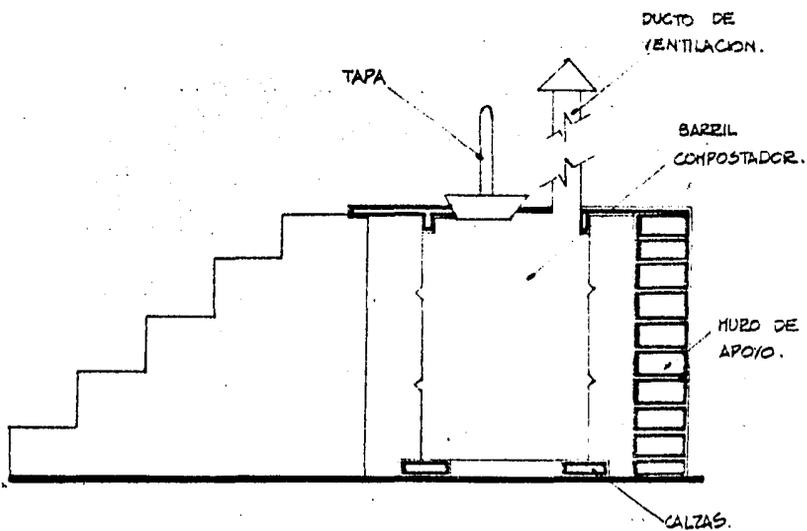


FIG. 19  
BARRIL COMPOSTADOR.

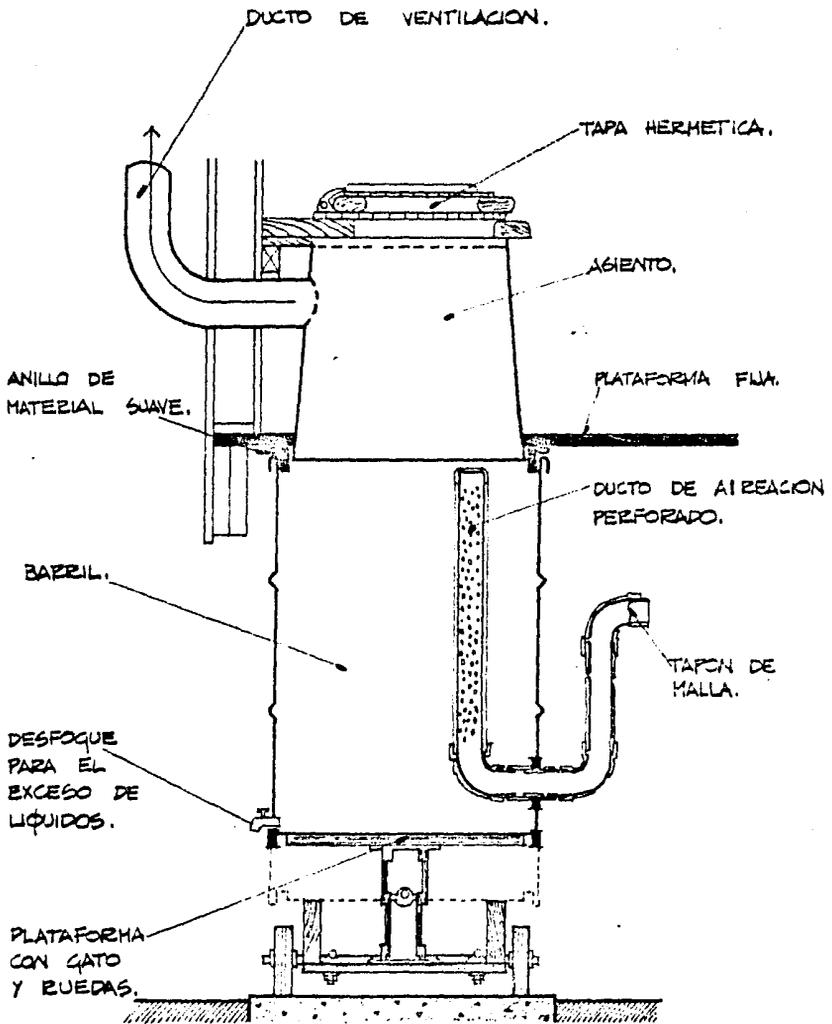


FIG. 20

BARRIL COMPOSTADOR.

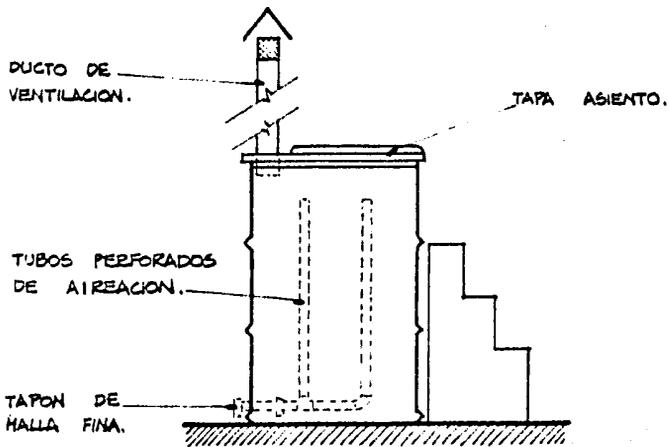


FIG.21

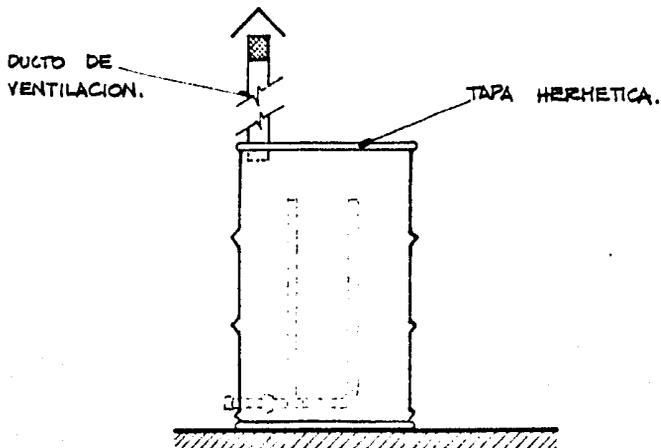


FIG.22

BARRIL COMPOSTADOR SENCILLO.

perfectamente, se rueda para mezclar el contenido y se guarda en posición vertical hasta que termine el proceso de descomposición. Un barril vacío es preparado y colocado bajo la parte fija en sustitución del otro.

Su contenido puede sufrir una descomposición aeróbica a altas temperaturas o anaeróbica a bajas, de acuerdo al contenido de humedad y a la aireación que se le da, en ambos casos se obtendrá abono. El proceso tenderá a ser anaeróbico y por lo tanto es recomendable esperar un año para usar el producto. Se procurará que la descomposición sea aeróbica, por ser más rápida y segura, descompactando y aireando el contenido del barril. Una manera muy simple de lograrlo es rodarlo en el piso con frecuencia. Podría ser cada mes por ejemplo, aunque si se realiza un mayor número de veces resultará mejor. Se recomienda adaptar a la tapa del barril un tubo de ventilación de 2 pulgadas de diámetro y una altura mínima de 1 metro para evitar los malos olores [fig. 22].

#### - Recomendaciones para la Utilización

Algunos usuarios aconsejan limitar la aportación de líquidos al barril instalando, por ejemplo, un dispositivo de separación de orina y heces o una llave en el fondo del barril con el fin de desalojar los líquidos nauseabundos y contaminantes. Hay que tener cuidado ya que estos líquidos no están en completa descomposición por lo cual son potencialmente patógenos.

Se recomienda no llenar el barril a más de 3/4 partes, dejando espacio para facilitar la remoción. Antes de cerrar el

barril se pueden agregar desechos vegetales para equilibrar la relación C/N.

En climas cálidos y soleados se aconseja pintar los barriles de negro, exponerlos al sol y rodarlos vigorosamente con frecuencia para lograr la formación del compost en 5 meses y acelerar la destrucción de los gérmenes patógenos.

Se debe tener cuidado con las pérdidas de calor en el interior del barril, las cuales podrían ser causadas por su baja masa. Por lo que se recomienda guardarlo o cubrirlo cuando la temperatura ambiente sea baja.

#### - Características

La idea del barril compostador es buena, simple, barata y adaptable a las necesidades particulares.

Dado que este método es de creación reciente, aún no se conocen sus cualidades sanitarias con exactitud. Es un hecho que no necesita manipulación, pero las temperaturas de compostaje son más bajas que en la mayoría de los otros sistemas. Por lo tanto el ciclo de un año reviste especial importancia.

El incremento de la humedad debido al exceso de líquido (orina) y la falta de aireación son los principales problemas en su funcionamiento.

#### - Realizaciones

En el Instituto Farallones, en California, EUA., se encuentra en experimentación y en servicio.

En Paradise Valley, California, EUA, (1976), las autoridades sanitarias locales prohibieron la fosa séptica debido a la proximidad de una fuente de agua potable útil en época de

secas; entonces los habitantes después de probar otros sistemas se inclinaron por uno muy similar al barril compostador, sólo que en vez de realizar el compostaje durante un año en los mismos barriles, lo hacían en el exterior en un montón al que agregaban desechos vegetales. El producto era utilizado como abono para árboles y flores.

. En Dinamarca se empleó este sistema en una comunidad libre llamada Christiania que se encuentra en el centro de Copenhague y se extiende sobre 10 hectáreas, en esta comunidad se practica la autoconstrucción. (3)

(3), (10) y (11)

## DESCOMPOSICION

### Deshidratador

#### ECO-TOILET

##### - Descripción y Funcionamiento

Este dispositivo fabricado en Suecia separa los excrementos, es decir la orina de las heces, y los deshidrata. Por lo tanto su volumen se reduce a 1/10 parte para las heces y a casi nada para la orina.

Este sistema mostrado en la fig. 23 funciona de la siguiente manera: después de su utilización se baja la tapa y se oprime el botón; un disco rotatorio dispersa las heces en un receptáculo inferior mientras que la orina es separada en otro superior.

La deshidratación de las heces se efectúa mediante el paso de aire caliente. Gracias al ventilador que funciona permanentemente, el aire llega a la resistencia y adquiere una temperatura aproximada de 33 grados centígrados, después sube a través de las heces eliminando su humedad y continúa hacia el receptáculo superior evaporando la orina. Posteriormente el aire atraviesa un filtro de carbón y es desalojado al exterior por el ventilador.

Está previsto para 4 a 6 personas. Cada 3 o 4 meses se debe vaciar el receptáculo inferior (aproximadamente 15 kg). Los desechos son secos e inodoros, se pueden entonces tirar, quemar o utilizar como abono natural después de un tratamiento complementario de compostaje de 3 a 6 meses.

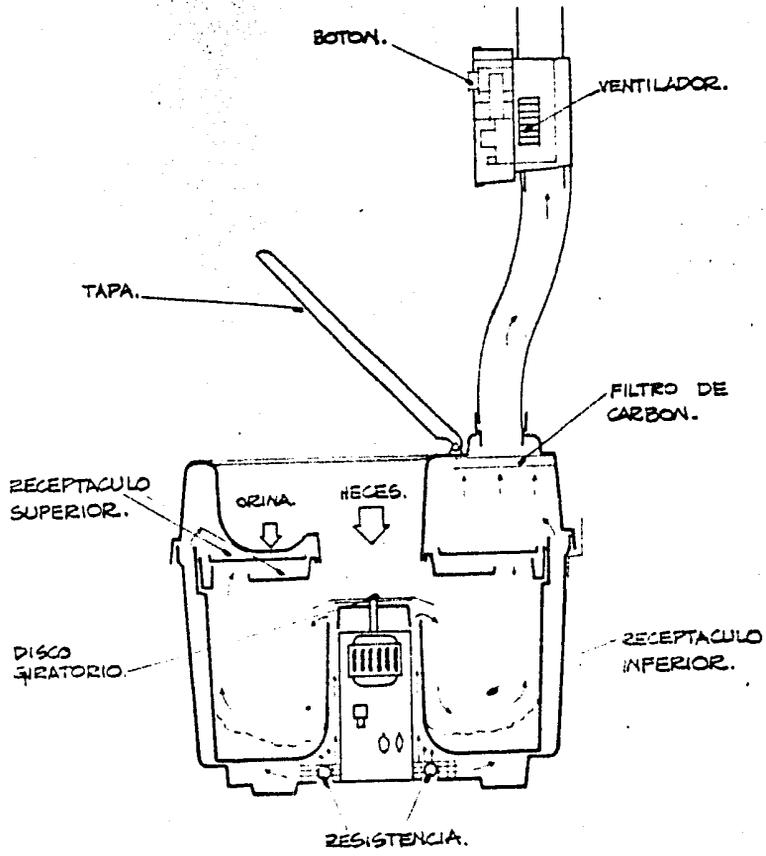


FIG.23  
ECO-TOILET.

### Características

. La separación de la orina permite resolver el problema del exceso de líquidos.

. Su ventilador de 20 watts, su resistencia de 250 watts (máximo) y su motor para el disco rotatorio de 55 watts, hacen que en promedio consuma 100 watts.

. No se tiene certeza de la eliminación total de los gérmenes patógenos al retirar el producto del dispositivo.

. Su costo es alto (inversión y funcionamiento).

### - Realizaciones

. En países europeos es bastante utilizado en casas de campo así como en estaciones de esquí.

(3)

## DESTRUCCION

### Incinerador

#### INCINERADOR THERMOCLOS

##### - Descripción y Funcionamiento

El dispositivo consiste en un asiento de forma similar al excusado, con la diferencia que no necesita ninguna canalización ni agua; sólo requiere un ducto o chimenea de desalojo [fig.24]. Los incineradores transforman las excretas en cenizas estériles que se retiran periódicamente. La destrucción de los gérmenes patógenos y parásitos no puede ser más completa, por lo cual este sistema es muy útil en caso de epidemia.

Se fabrica en Suiza bajo el nombre de Thermoclos, funciona con gas propano y encendido eléctrico. El dispositivo tiene una chimenea ya que durante la incineración se producen gases, principalmente  $CO_2$  y vapor de agua.

Para evitar un gasto inútil de energía y activar la operación se recomienda una previa separación de las excretas.

##### - Características

. Tiene la desventaja de requerir un gran consumo de energía eléctrica.

. Sus costos de inversión y de funcionamiento son elevados.

. Emite a la atmósfera otros gases además de  $CO_2$  y vapor de agua.

. Aunque las cenizas se pueden recuperar para el jardín estas han perdido considerablemente su valor como abono. Existe

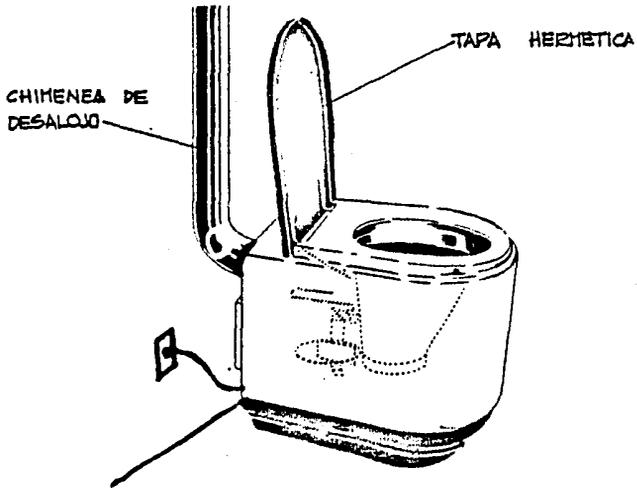


FIG. 24.  
INCINERADOR THERMOCLOS.

así bien una destrucción que un reciclaje.

. Tiene la ventaja de eliminar completamente los organismos patógenos y su uso es muy cómodo y sencillo, no requiere más que el retiro periódico de las cenizas.

- Realizaciones

. Miles de estos dispositivos están instalados en casas de campo no conectadas al desagüe en Europa.

. En Japón, Australia y Nueva Zelanda los hay en casas de zonas urbanas.

. El ejército norteamericano hace uso de ellos en sus campamentos del polo ártico.

. Es utilizado en ferrocarriles canadienses.

. También son utilizados en Cercano y Lejano Oriente en casos de epidemia.

{3} y {11}

## RECOLECCION

### Congelador

TE-DE

#### - Descripción y Funcionamiento

Este dispositivo sueco consiste en un asiento tipo excusado con un compresor de 120 watts. Los excrementos caen a una bolsa de plástico de 25 litros la cual está a su vez contenida en una cubeta que sirve para vaciar la materia congelada [fig. 25]. La máquina congela los excrementos a - 15 grados centígrados por medio del compresor. El contenido de la bolsa congelado y endurecido se retira periódicamente y se lleva a un montón de compost en el jardín, o simplemente se entierra. A dicha temperatura las excretas pierden su potencial patógeno conservando a la materia orgánica prácticamente intacta.

#### - Características

. El costo de inversión es elevado y el de funcionamiento también, aunque es mucho menor que en el caso del incinerador.

. Es poco estorboso, fácil de manipular y sin olores, aunque requiere vaciarse frecuentemente.

. Presenta el inconveniente de descongelamiento por un paro de electricidad.

. Puede existir reciclaje dándosele al contenido un tratamiento de compostaje.

#### - Realizaciones

. En Escandinavia principalmente en casas de campo. (3)

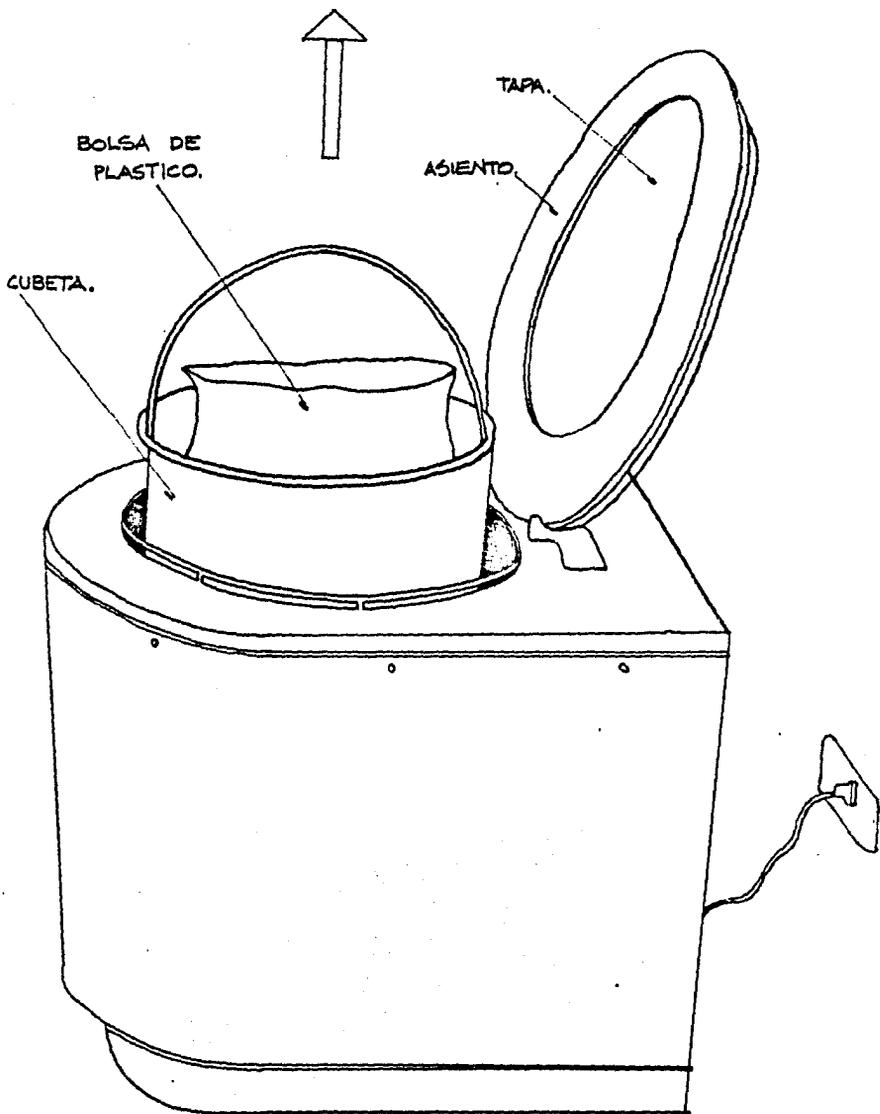


FIG. 25  
CONGELADOR TE-BE.

## RECOLECCION

### Fosa de Almacenamiento

#### LETRINA MEJORADA

Las características indeseables de la letrina convencional, que residen principalmente en la emanación de malos olores y en la atracción y reproducción de moscas, son la causa de que se le rechace. Estas desventajas están ausentes casi por completo en la letrina mejorada. Por lo tanto es recomendable adaptar las ya existentes y no construir más de las convencionales.

#### - Descripción y Funcionamiento

Este sistema es similar a la letrina convencional sólo que la fosa está ligeramente desfasada con respecto a la caseta para dar acceso a un ducto de ventilación externa [fig. 26]. La fosa está provista de una cubierta de secciones removibles que permite su vaciado. Las dimensiones de la fosa son de aproximadamente 2 m de largo por 1 m de ancho y una profundidad variable generalmente mayor de 3 m cuando las características del suelo lo permitan. La parte alta de la fosa debe estar revestida para que soporte la losa y la caseta; si no se hiciera así, habría peligro de que la fosa colapse. En condiciones inestables del suelo puede hacerse necesario extender el recubrimiento hasta el fondo de la fosa, cuidando que el recubrimiento no impida la filtración.

El ducto de ventilación tendrá un diámetro que puede ir de un mínimo de 75 mm hasta 200 mm; se pintará de negro y se ubicará en el lado de la caseta que se encuentre más expuesto al sol, con el objeto de que el aire del ducto se caliente y provoque una

corriente ascendente dejando la fosa y la caseta libre de olores y reduciendo la posibilidad de reproducción de moscas y moscos. El ducto de ventilación debe prolongarse 30 cm arriba del techo de la caseta y en el caso de que no estuviera localizado en el lado asoleado, hasta 60 cm. Las condiciones locales de viento y las variaciones de temperatura afectan la eficiencia de la ventilación. El ducto debe contar con una malla para evitar el paso de insectos. En la oscuridad de la fosa, la luz que penetra por el extremo superior del ducto provocará la atracción de las moscas que quedarán atrapadas y morirán.

Una vez llena la fosa deberá vaciarse y dar un tratamiento al contenido para evitar riesgos patógenos.

#### - Características

- . Este sistema es higiénico y de bajo costo.
- . Tiene la ventaja de evitar los malos olores y las moscas, que son los principales inconvenientes de las letrinas convencionales.
- . No se recomienda cuando el nivel de aguas freáticas es alto ya que las filtraciones podrían contaminar dichas aguas.
- . Es recomendable para áreas de densidad menor a 300 personas por hectárea.
- . El contenido de la fosa requiere un tratamiento (compostaje) antes de ser usado como abono.

(63), (64) y (73)

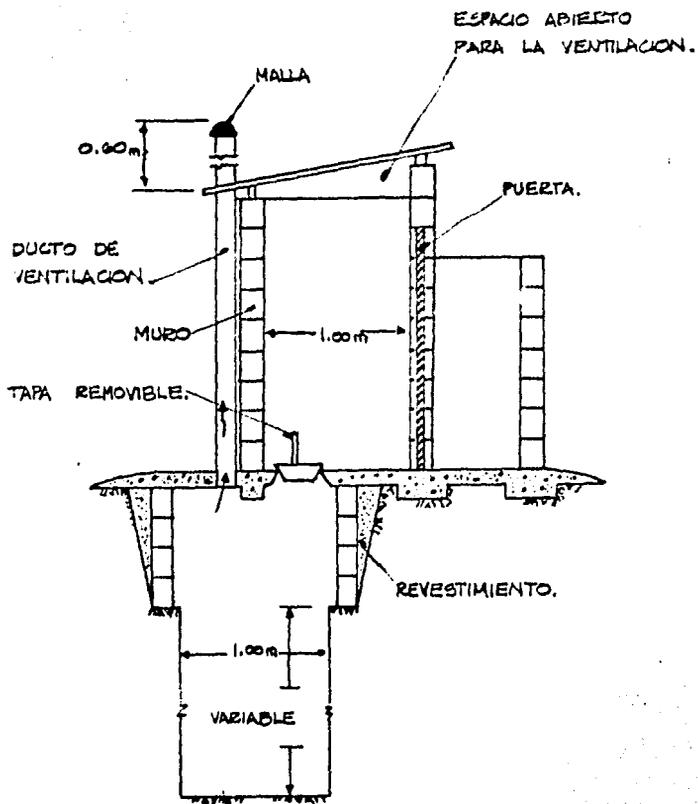


FIG. 26  
 LETRINA MEJORADA.

## RECOLECCION

### Fosa de Almacenamiento

ROEC (Reed Odorless Earth Closet)

#### - Descripción y Funcionamiento

Este sistema es una alternativa a la letrina mejorada. Fue desarrollado en Sudáfrica en los años cuarentas y consiste en una caseta y una fosa que están desfasadas [fig. 27]. Las excretas pasan de la losa turca o del asiento a la fosa por un conducto. Para minimizar la atracción de moscas y la emanación de malos olores, la fosa debe estar provista de un ducto de ventilación.

Cuando la fosa se llena a sus 3/4 partes, se recubre con tierra o se vacía. En el primer caso se tendrá que hacer de nuevo el sistema y en el segundo, para que el contenido se aproveche se someterá a un tratamiento de compostaje.

El ancho de la fosa es generalmente de alrededor de un metro, la longitud es variable, y para que el vaciado no se dificulte, si fuera el caso, la profundidad no debe exceder de 3 metros.

La fosa es permeable y debido a su gran área de filtración proporciona una gran capacidad para el almacenamiento de las heces. No es recomendable su instalación en lugares donde el nivel freático sea alto. La cubierta de la fosa debe ser abatible para facilitar su vaciado.

#### - Características

Una desventaja de este sistema es que en el conducto pueden quedar restos de heces, y entonces constituye un sitio

apto para la reproducción de moscas. Dicho conducto debe ser limpiado regularmente con un cepillo de mango largo.

No obstante la desventaja anterior, a veces el ROEC es preferido a la letrina mejorada por las siguientes razones:

- .. Como la fosa está completamente desfasada con respecto a la caseta, los usuarios (particularmente los niños) no tienen temor de caer en ella.
- .. Las excretas dentro de la fosa no se ven.
- .. La fosa es de mayor capacidad y por lo tanto su período de uso es más largo.
- .. La fosa se vacía fácilmente de manera que la caseta y ésta son instalaciones permanentes.

Costos anuales bajos. Los costos de mantenimiento y operación corresponden a la limpieza, y al vaciado de la fosa.

Para que el contenido de la fosa se use con seguridad, requerirá de un tratamiento de compostaje.

- .. Es autoconstruible y de mantenimiento fácil.
- .. Las molestias de olores y de insectos son mínimas.

(3), (6) y (7)

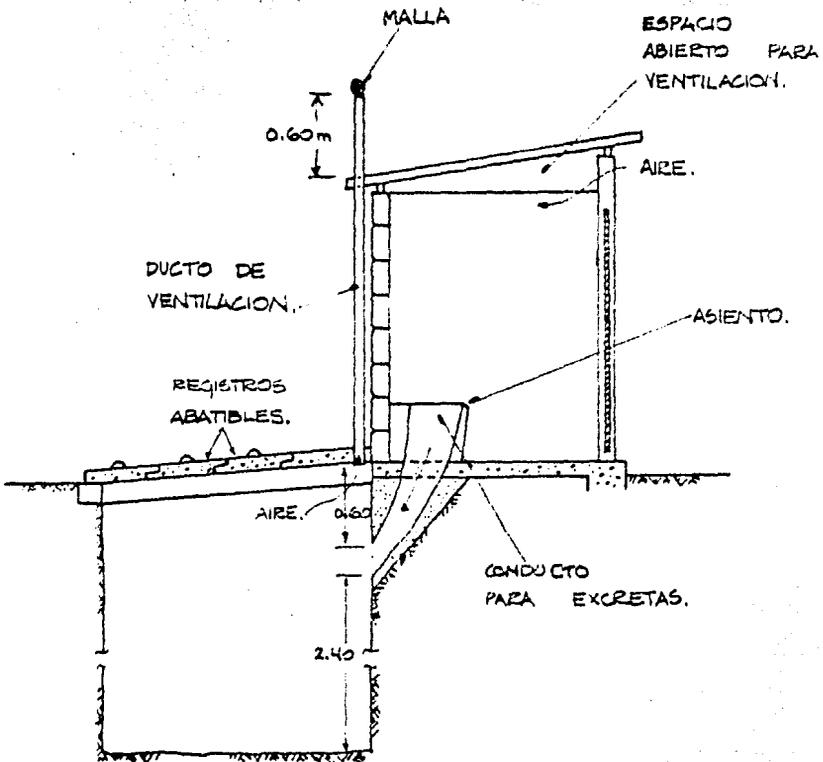


FIG. 27  
 ROEC.

## DESCOMPOSICION

### Separador

#### CUBETA SEPARADORA

##### - Descripción y Funcionamiento

Este dispositivo se basa en la separación de la orina y las heces así como en el uso para tierra de estas últimas. Líquidos y sólidos se separan en el exterior como lo están en el organismo, por medio de un asiento.

Siempre y cuando se cuente con una pendiente favorable la orina puede conducirse hacia donde se desee: verterse a las aguas grises o simplemente diluirse en agua para regar el pasto.

En la cubeta las heces son espolvoreadas con tierra después de cada uso. Una vez llena, la mezcla se vacía en el hoyo del cual se tomó y se agrega una capa fina de la misma.

El dispositivo consta de una cubeta apoyada sobre una base, con un asiento encima que estará abierto por enfrente para colocar un embudo receptor de orina. Al embudo se le conecta una manguera o ducto que se dirigirá hacia el destino deseado [fig. 28]. Deberá contar además con una tapa para impedir la entrada de la lluvia.

Para la elaboración de los diferentes elementos que componen este sistema se utilizarán materiales de acuerdo a su disponibilidad así como del interés que el usuario tenga. El receptor de heces puede ser una cubeta o un recipiente impermeable de mayor capacidad. [fig. 29]

Antes de usar la cubeta o recipiente se le colocará un lecho de tierra en el fondo. Una vez lleno a sus 3/4 partes

(aproximadamente una cubeta por persona a la semana) el contenido es vaciado y enterrado.

Si se desea defecar en cuclillas, simplemente se enterrará la cubeta. Este método requiere de la formación de cierta conciencia y hábito por parte del usuario, especialmente por parte de las mujeres.

#### - Características

. Es reciclador, pues la tierra permite la nitrificación.

. Es extremadamente sencillo, muy fácil de instalar y muy funcional para cualquier temperatura.

. Utilizado correctamente no presenta problemas de olores ni de moscas.

. La ausencia de líquidos evita la congelación y el enfriamiento excesivo de la materia sólida.

. Su único inconveniente reside en la necesidad de la formación del hábito, sobretodo entre las mujeres.

#### - Realizaciones

. Centenares de personas lo utilizan en Europa.

(3)

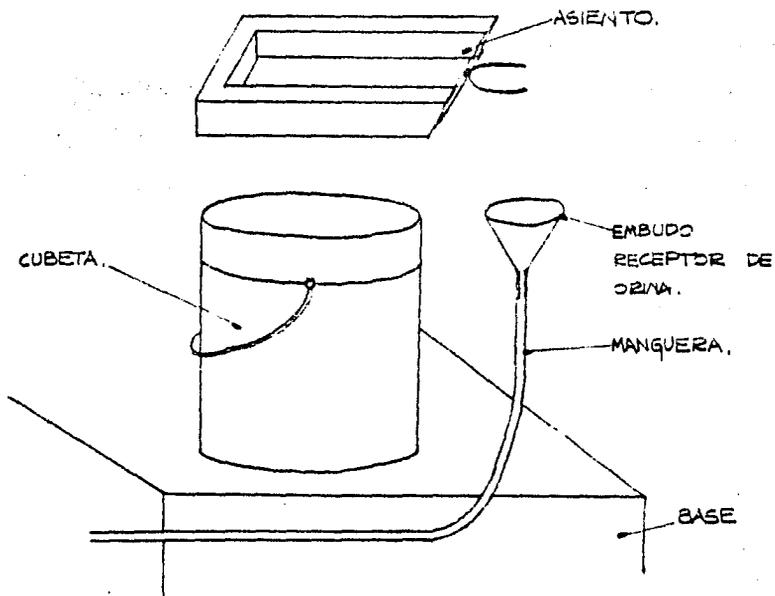


FIG.28  
CUBETA SEPARADORA.

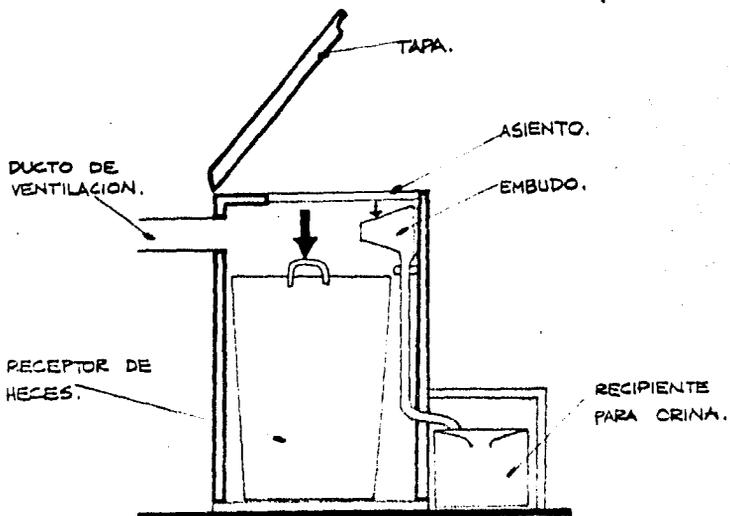


FIG.29  
DISPOSITIVO SEPARADOR DE MAYOR CAPACIDAD.

#### 4.1.3 Recomendaciones Generales para la Construcción, Instalación y Funcionamiento de los Sistemas Secos

##### - Asiento y Losa Turca

En los dispositivos descritos anteriormente la posición de defecación puede ser según la costumbre occidental mediante un asiento, o bien en cuclillas utilizando losa turca como generalmente se utiliza en los países orientales. Cualquiera de estas dos soluciones se puede adaptar en los sistemas secos.

La posición en cuclillas sin asiento, es fisiológicamente mejor. Bekus en su publicación Gastroenterology afirma: "La postura ideal para defecar es en cuclillas ya que con las rodillas dobladas contra el abdomen la capacidad de la cavidad abdominal se reduce y la presión intraabdominal aumenta ayudando así a la expulsión". (11)

Algunas personas consideran que el uso de los asientos occidentales o excusado puede contribuir al estreñimiento crónico. Estos cómodos asientos provocan deformaciones del colon y fermentaciones, puesto que la cavidad intestinal rara vez se vacía completamente.

Kira en su libro The Bathroom propone excusados en semicucullillas con resultados más saludables que los convencionales y más cómodos que la losa turca. (12)

Los asientos para los sistemas secos se pueden acondicionar de acuerdo a las necesidades y a los recursos económicos. Asimismo se pueden realizar de diferentes formas y de materiales diversos como: mampostería, madera, concreto, plástico, fibra de vidrio, cerámica, o bien usar simplemente una cubeta de material

plástico con capacidad de 5 galones, con el fondo recortado. (figs. 30 y 31)

Estos asientos, cualquiera que sea su forma o material, deberán estar provistos de una tapa hermética que evite la salida de olores y la entrada de insectos.

La llamada losa turca para defecar en cuclillas presenta la característica de ser muy sencilla ya que consta simplemente de una plataforma con un agujero y algunas veces con huellas sobreelevadas para evitar un posible contacto con los excrementos (fig. 32). La plataforma puede ser de concreto, madera, placa metálica, fibra de vidrio o cerámica. El hoyo puede ser circular o alargado según el material y la forma de la losa. Por razones de higiene son recomendables las losas de material impermeable.

#### - Dispositivos Separadores

Para el mejor funcionamiento de los sistemas recicladores descritos anteriormente y como se ha señalado en varias ocasiones en el curso de este trabajo, es muy recomendable mantener separada la orina de las heces. Para el efecto existen diversos dispositivos que son sencillos y que favorecen la descomposición de los excrementos, y que al mismo tiempo son adaptables en la mayoría de los sistemas secos. En las figuras 33 y 34 se muestran algunos de estos dispositivos.

#### - Ducto de Ventilación

Para lograr una ventilación adecuada, requisito indispensable para una buena descomposición, el ducto de ventilación debe subir verticalmente y tener una altura suficiente pero no excesiva, para que buscas y moscos que se

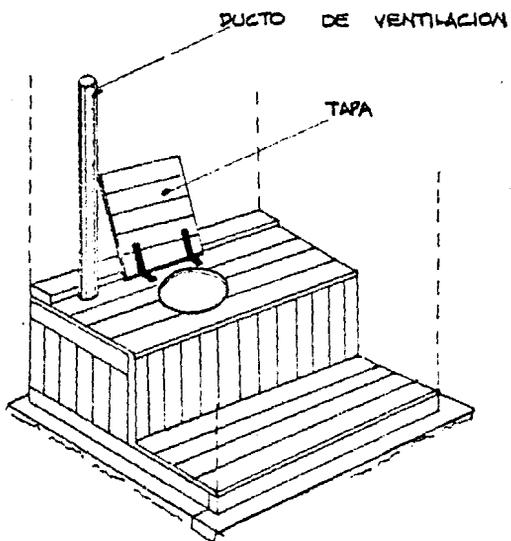


FIG. 30  
ASIENTO DE MADERA.

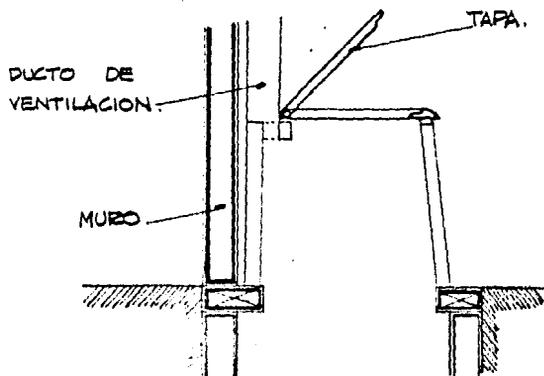
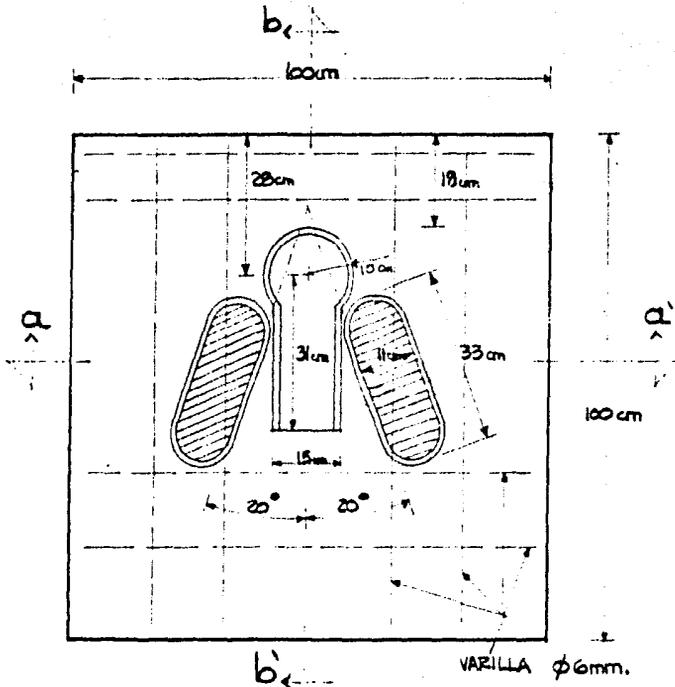
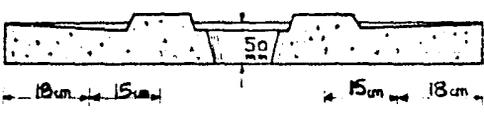


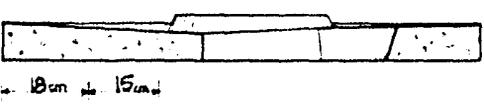
FIG. 31  
ASIENTO.



VARILLA  $\phi 6$ mm.



SECCION a-a'



SECCION b-b'

FIG.32  
LOSA TURCA.

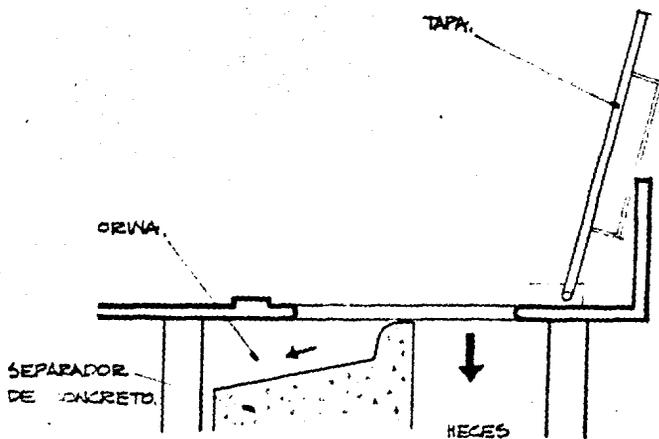
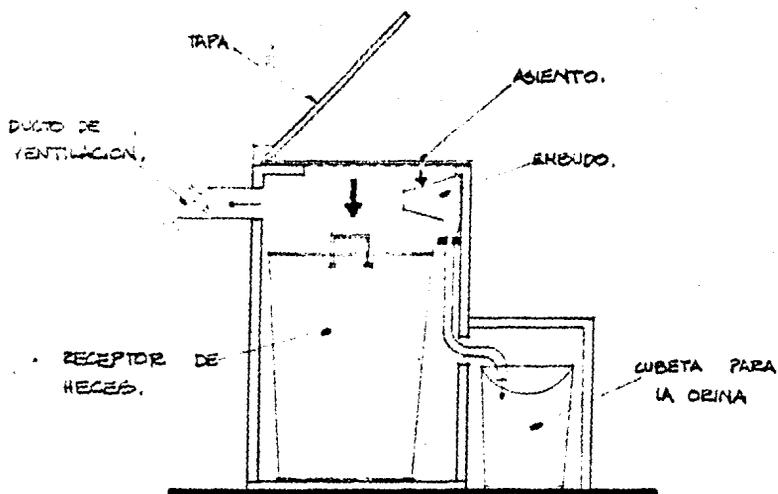


FIG. 33  
DISPOSITIVOS SEPARADORES.

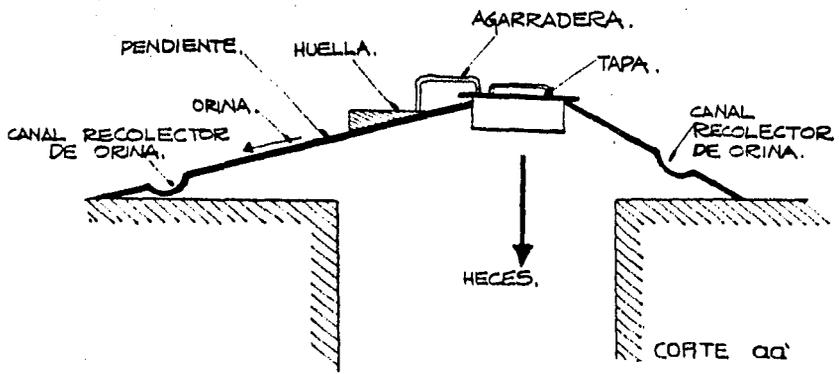
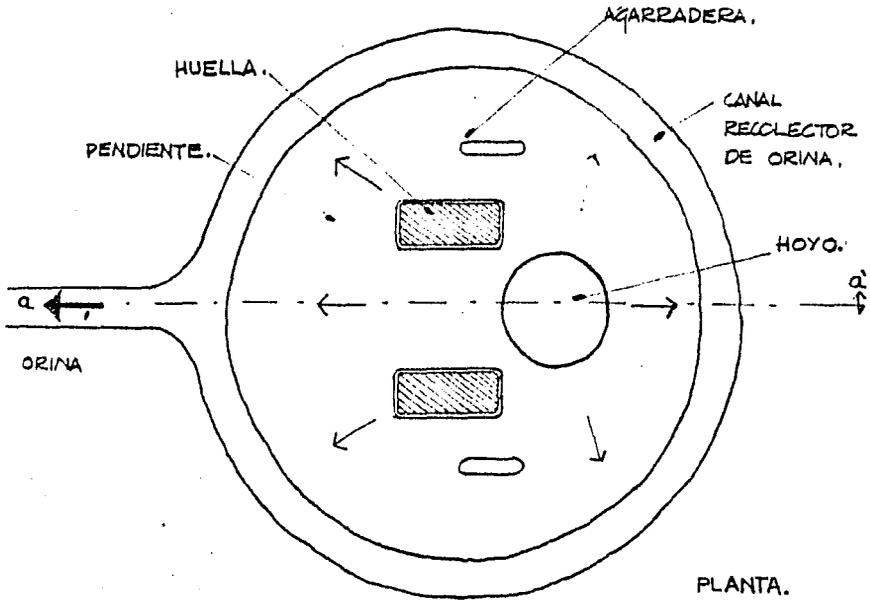


FIG. 34  
DISPOSITIVO SEPADOR - CONICO.

encuentren en la fosa sean atraídos hacia la parte superior, donde es recomendable instalar una trampa para éstos.

El tubo debe tener como mínimo 7.5 cm de diámetro, 14 cm es considerado apropiado, y debe estar bien sellado en sus uniones para evitar malos olores y la entrada de insectos.

El colocar el tubo o ducto en el lado mayormente expuesto al sol y pintarlo de negro propiciará una mayor ventilación.

No debe olvidarse al instalar una malla o trampa para evitar el acceso y la salida de insectos en general, así como un cono en el extremo superior que impedirá la entrada de las aguas de lluvia.

Aún con las anteriores mejoras el ducto de ventilación corre el riesgo de resultar ineficaz durante la época de frío ya que se puede crear una corriente inversa que enfríe el montón.

La instalación de un ducto de ventilación es útil para la aireación, el control de moscas y de la humedad pero su principal función consiste en eliminar los malos olores.

#### - Trampa de Insectos

Esta trampa está constituida por un cono truncado, de malla, un cubo sin base, también de malla y una base metálica que deberá embonar perfectamente con el tubo de ventilación [fig. 35]. Las moscas que se encuentren dentro de las fosas o tanques compostadores serán atraídas por la luz que entra por el cono, subirán, saldrán por la punta de éste y quedarán atrapadas entre el cono y el cubo. Su limpieza deberá efectuarse periódicamente, con el fin de obtener un buen funcionamiento. Con este dispositivo no será necesario colocar una protección adicional

para las aguas de lluvia.

- Caseta

Cuando no se puedan incorporar los sistemas secos a lo ya construido o por construir se adaptará a éstos una caseta. Esta puede ser muy sencilla o muy sofisticada según el gusto, las posibilidades económicas y los materiales disponibles [fig. 36].

Los materiales de construcción podrán ser: madera, lámina (de asbesto, cartón, metal), fibra de vidrio, tabique, concreto o palma según su disponibilidad.

- Fosa o Tanque

Independientemente del tamaño y del material empleado para construir las fosas o tanques, éstos deberán ser, dado el caso, perfectamente impermeables para que el sistema no represente peligro de contaminación para el medio. En el caso del concreto es muy importante la calidad de éste para que no se fisure y evitar así filtraciones, para esto se recomienda aplicar una lechada con aditivo impermeabilizante.

En cuanto a la cubierta del tanque se recomienda hacerla de concreto y no de madera por razones de durabilidad, seguridad y limpieza.

#### 4.1.4 Guía de Soluciones a los Problemas más Usuales en la Utilización de los Sistemas Secos

Los principales problemas que suelen presentarse en el funcionamiento de los sistemas secos son: malos olores (amoníaco, huevo podrido), presencia de insectos (moscas, moscos, etc.),

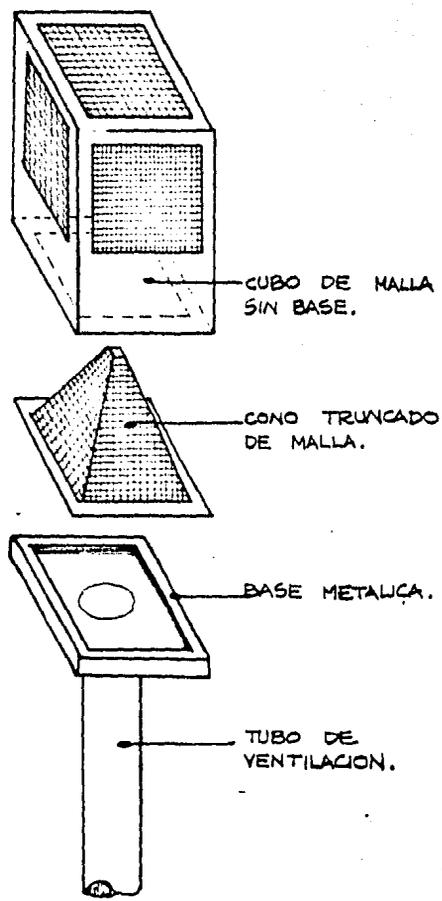
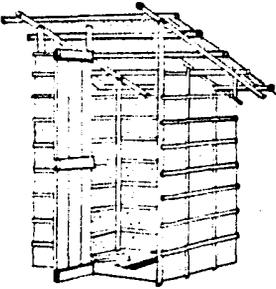
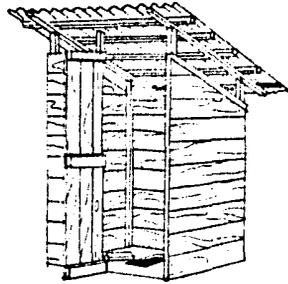


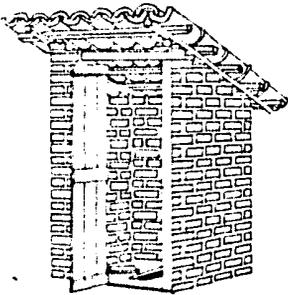
FIG.35  
TRAMPA DE INSECTOS.



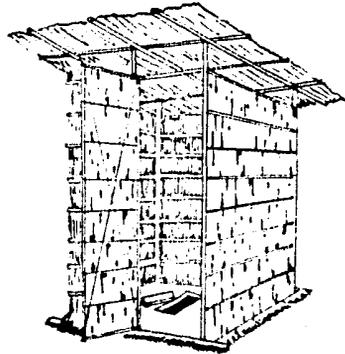
CASETA DE ADOBE CON  
TECHO DE PALMA.



CASETA DE MADERA CON  
TECHO DE LAMINA DE  
ACERO Ó DE ASBESTO-CEMENTO.



CASETA DE TABIQUE Y  
TECHO DE TEJA.



CASETA DE PALMA.

FIG.36  
DIFERENTES TIPOS DE CASETA.

insuficiente calentamiento del montón en compostaje y presencia de un líquido negro en el fondo del tanque o recipiente. Estos inconvenientes que resultan desagradables e insalubres para los usuarios son causados por una mala descomposición debido al exceso de líquidos (orina), falta de aireación y/o ventilación inadecuada.

A continuación se presentan algunas soluciones a dichos problemas:

- o Instalación de dispositivos separadores y de mingitorios.
- o Localización adecuada del dispositivo (orientado hacia el lado más soleado o colocado en un lugar protegido del frío).
- o Instalación apropiada de ductos de aireación así como realización de remociones periódicas.
- o Agregar tierra o materia orgánica seca al montón.
- o Instalar un ventilador o en su defecto mejorar el tiro del ducto de ventilación.
- o Instalación de trampa de insectos.
- o Utilización correcta, no agregar productos perjudiciales para la descomposición (líquidos, insecticidas, productos no degradables y químicos).
- o Efectuar mantenimiento y limpieza con frecuente periodicidad.

Su uso de manera incorrecta podría dar origen a la falsa idea de que los sistemas secos son sucios, insalubres e ineficaces, por lo tanto habrá que hacer hincapié en la

mencionado anteriormente: para obtener un funcionamiento libre de problemas es necesario crear cierta conciencia acerca del cuidado que el usuario debe conceder al dispositivo.

## 4.2 SISTEMAS INTERMEDIOS

### 4.2.1 Generalidades

Los sistemas intermedios no son sistemas secos pero sí economizadores de agua y a veces recicladores. Estos sistemas funcionan bajo diferentes principios pero tienen en común la economía de agua.

Los sistemas intermedios se pueden clasificar en 4 grupos:

- o Los anaeróbicos o productores de gas metano.
- o Los químicos.
- o Los de descarga económica.
- o Los de reuso de agua.

Varios de ellos reducen la cantidad de agua normalmente utilizada en los sistemas convencionales, pero siguen siendo dependientes del drenaje colectivo o de la fosa séptica.

Algunos son complejos pero también hay sistemas sencillos y fáciles de adaptar, con los cuales se logran buenos resultados.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de algunos sistemas intermedios y de sus características que permitirá seleccionar, en función de los recursos y necesidades que se tengan, el sistema que más convenga a la situación particular.

### 4.2.2 Descripción

A continuación se hará una breve descripción de estos sistemas.

SISTEMAS INTERMEDIOS	ZONA DE APLICACION			NECESIDAD DE ELECTRICIDAD	AUTOCONE-TRUIBLE	COMERCIA-LIZADO	COSTO		CARACTERISTICAS
	URBANA	SEMI URBANA	RURAL				INICIAL	UTILIZA-CION	
<b>ANAEROBICOS</b>									
-Fosa septica China		X	X		X		M;E	B	Destruccion efectiva de patogenos/Vaciado y limpieza poco frecuentes/Funciona para descargas sinuos Doblemente reciclador/Productor de biogas/Necesidad de tratamiento complementario de la pasta efluenta
-Barril gasogeno		X	X		X		B	B	
<b>QUIMICOS</b>									
-Porta Potti		X	X			X	M	E	Alto costo de operacion debido al uso de productos quimicos/Requieren saneamiento continuo No soporta sobrecarga/Contribuye a contaminar el medio/Versatilidad de aplicacion
-Casetas sanitarias		X	X			X	M	E	
<b>DESCARGA ECONOMICA</b>									
-Vacumatic		X			X		E	E	92.5% de ahorro del agua utilizada en excusados convencionales/Económico en grandes concentraciones Requiere una tubería separada para las aguas jabonosas Su aplicación generalizada representa un ahorro de agua significativo Recomendable adaptarse a nivel de casapa/Modificaciones sencillas
-Excusados conv. con modif. en tanque		X					-	M	
-Excusado conv. con tanque elevado		X	X			X	M	M	
-Excusado con descarga regulable		X	X			X	M	M	
<b>REUSO DE AGUA</b>									
-Lavabo-N.C.		X	X			X	M	B	Ahorro de agua y de espacio Considerable ahorro de agua/Requiere un sistema de tuberías adicional, trampa de grasas y bomba
-Reuso agua lavabos y regaderas		X	X		X		E	B	

B.- bajo  
M.- mediano  
E.- elevado

## DESCOMPOSICION ANAEROBICA

### FOSA SEPTICA CHINA

#### - Descripción y Funcionamiento

Este sistema que consta de 3 tanques fue ideado en China para permitir la recuperación de las excretas como abono, en zonas rurales.

Las excretas y una cantidad mínima de agua (2 litros por persona al día) pasan por los tres tanques, comunicados entre sí, para ser finalmente retiradas del tercero [fig. 37].

El primer tanque funciona como cámara de sedimentación de los sólidos más pesados, el tiempo de retención es de 10 días; en el segundo, las excretas son licuadas y sufren una fermentación en un tiempo de retención también de 10 días. El tercero, de mayor volumen, es una cámara de almacenamiento; la extracción del contenido se realiza aproximadamente 30 días después de permanecer en él.

Los dos primeros tanques tienen un mismo nivel de líquido y el del tercero varía según la cantidad de lodo que entra. La salida del segundo tanque debe estar 15 cm abajo de la entrada de las excretas al primer tanque.

Normalmente los tanques son de planta circular aunque también puede ser rectangular. Es muy necesario cuidar su impermeabilidad ya que las filtraciones contaminarían el suelo. La capacidad de los tanques varía en relación al número de usuarios, pero la del tercero tendrá una capacidad 3 veces mayor a la de los dos primeros, debido al mayor tiempo de retención.

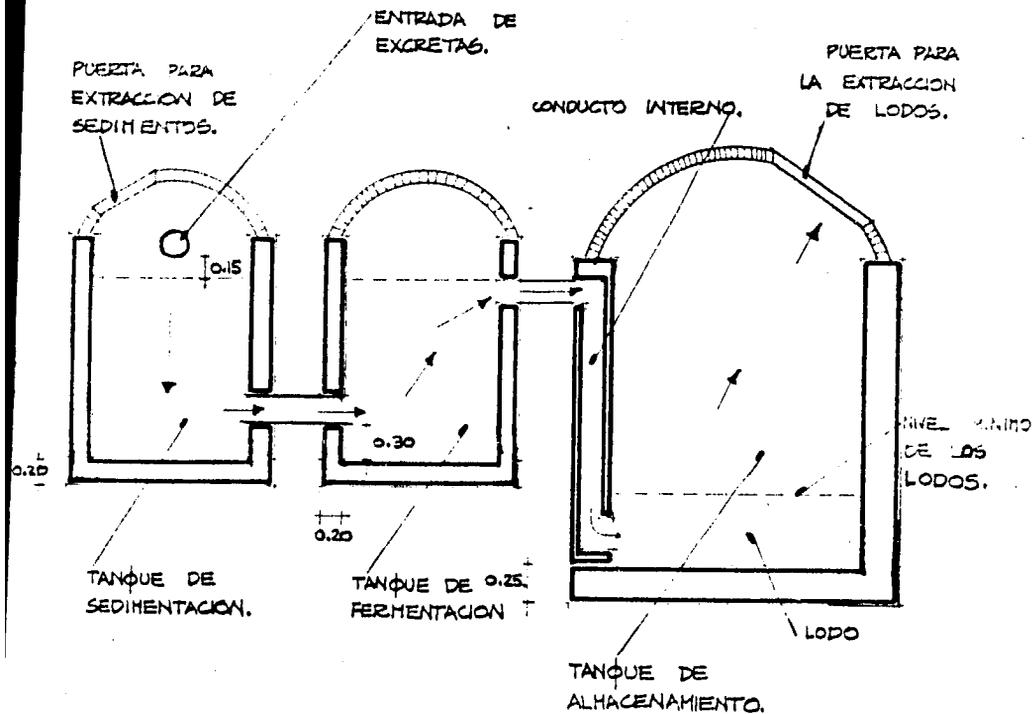


FIG. 37  
 FOSA SEPTICA CHINA.

- Características

. Aunque la temperatura del líquido no sube arriba de los 8 grados centígrados, pruebas de laboratorio mostraron que el sistema elimina en un 100% los huevos de ascaris (11). Siendo la ascaris uno de los parásitos más tenaces, todo hace pensar que los organismos patógenos sufren una destrucción total.

. Este dispositivo presenta las ventajas de ser autoconstruible y económico.

. No requiere mayor atención que el vaciado del tercer tanque periódicamente y de la limpieza de los dos primeros esporádicamente.

- Realizaciones

. Este sistema se usa en diversos lugares de China.

(3) y (11)

## DESCOMPOSICION ANAEROBICA

### BARRIL GASOGENO

#### - Descripción y Funcionamiento

Este sistema puede parecer semejante al barril compostador pero su principio de funcionamiento es la fermentación anaeróbica y el producto principal es el gas metano el cual puede ser utilizado como fuente energética.

Un barril de 220 litros es situado bajo el asiento o losa turca según sea el caso. Una vez lleno a una tercera parte se retira y se reemplaza por uno vacío. A aquel que se retiró se le agrega otra tercera parte de restos vegetales diversos y la que falta se llena con agua. Se cierra con una tapa hermética provista de una salida para el gas producido por la fermentación. La tapa debe contar además con un agitador [fig. 33]. A la salida de la tapa se le conecta un ducto o una manguera que desembocará en un tanque almacenador de gas; dicho conducto deberá estar provisto de una válvula que permita purgar el sistema. Se debe cuidar que la temperatura interna del barril no descienda de los 25 grados centígrados, temperatura media necesaria para la producción de gas. El gas metano no tarda en formarse pero la temperatura debe mantenerse cuando menos durante un mes.

El gas producto de la fermentación puede utilizarse como combustible en estufas y alumbrado doméstico; la pasta resultante tiene aplicación en la agricultura luego de un tratamiento secundario de compostaje. Cabe señalar que si la fermentación es regular y normal los gérmenes existentes inicialmente desaparecen.

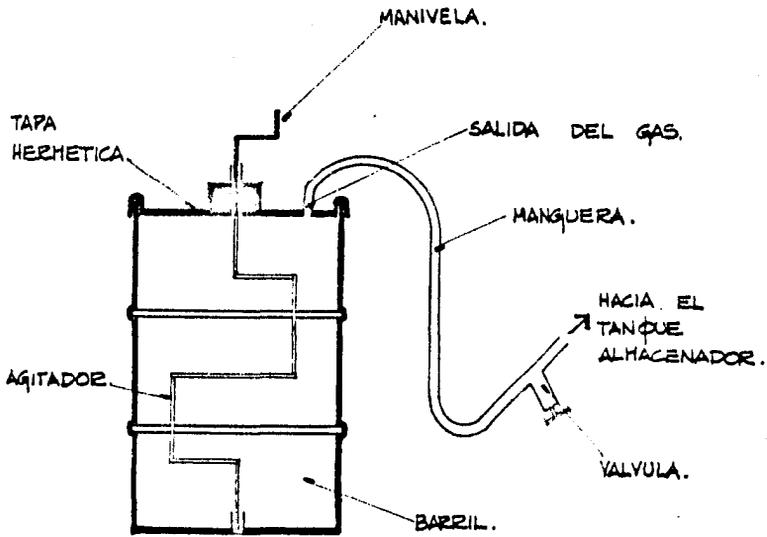


FIG. 38  
BARRIL GASOGENO.

#### - Características

. Este dispositivo presenta la ventaja de reciclar doblemente la materia fecal: produce gas y produce compost.

. No requiere ninguna manipulación durante la recepción ni durante la fermentación, únicamente se deben hacer remociones periódicas mediante la manivela del agitador.

. La digestión anaeróbica es más larga que la descomposición aeróbica por lo tanto se necesita un mayor número de barriles que con el sistema de barril compostador.

. Requiere cierta cantidad de materia orgánica, sin embargo resulta un método económico para el tratamiento de las excretas y con doble provecho.

#### - Realizaciones

. Actualmente se experimenta en diversas partes del mundo con buenos resultados, por ejemplo en la India, en Francia y en otros países de Europa.

(3)

## SISTEMAS QUIMICOS

Los dispositivos químicos tienen la ventaja indiscutible de estar a la venta prácticamente en todo el mundo. Se utilizan comúnmente en aviones, autobuses, ferrocarriles y "campers", principalmente. Existen numerosos fabricantes de estos dispositivos en el mundo.

### - Principios y Características

Estos sistemas están formados por dos módulos, un asiento que se encuentra en la parte superior y un tanque que contiene los productos químicos, los que a su vez matan las bacterias, esterilizan y disuelven las materias fecales.

Cuando el recipiente se llena, se separan los módulos, se vacía el módulo receptor y posteriormente se vuelve a llenar con los productos químicos. Existen dispositivos en los cuales se ejecuta el vaciado por succión.

Los sistemas químicos funcionan sin fosa y sin electricidad ni ruido. Por otra parte, tienen los siguientes inconvenientes:

- . Requieren un cuidadoso mantenimiento para evitar malos olores.

- . No soportan la sobrecarga.

- . El gasto de inversión es razonable pero el de funcionamiento es caro debido al costo de los productos químicos.

- . Contribuyen a contaminar el medio ambiente. En la mayoría de los casos el líquido que es tóxico y de color contamina los ríos o el suelo cuando es vertido directamente, y en el mejor de los casos se vierte al drenaje público.

A continuación se mencionan algunos de estos dispositivos:

#### FORTA FOTTI

Dispositivo holandés químico y portátil que se compone de un recipiente de agua clara en la parte superior [a], mismo que sirve de asiento, y de un pequeño tanque receptor [b], [fig. 39]. Entre los dos módulos, una válvula corrediza impide que los olores escapen. Una bomba manual sirve para lavar la taza por microinyección.

Una vez lleno el tanque receptor de 20 litros de capacidad se separan los dos módulos, el superior se recarga con agua y el inferior es vaciado y se le agregan productos químicos.

{3}

#### CASSETAS SANITARIAS

Estas casetas están acondicionadas con un tanque de captación donde caen los excrementos, los cuales se disuelven y esterilizan mediante productos químicos especialmente preparados. También cuentan con un asiento que en algunos casos tiene un dispositivo para enjuagarse.

Estas casetas no necesitan instalaciones hidráulicas, agua corriente, conexión al drenaje, ni fosa séptica, por lo que su uso resulta muy versátil ya que se puede emplear en obras en construcción, ferias, fiestas, etc..

Generalmente funcionan como un servicio que incluye: transportación; ubicación funcional; acondicionamiento y preparación; vaciado periódico del tanque de recepción y limpieza

del interior y exterior de la caseta; aplicación de productos químicos y retiro de las casetas.

- Realizaciones

En México y en otros países, existen varias compañías que proporcionan este servicio.

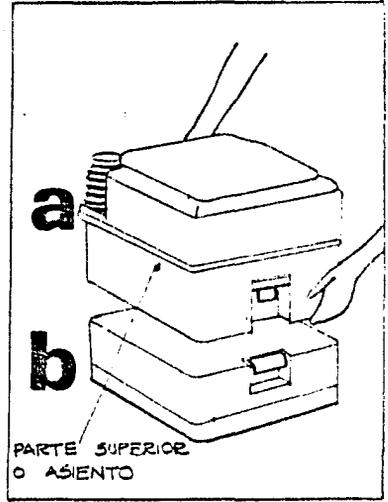
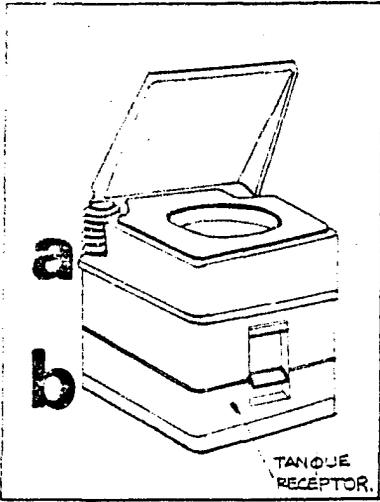
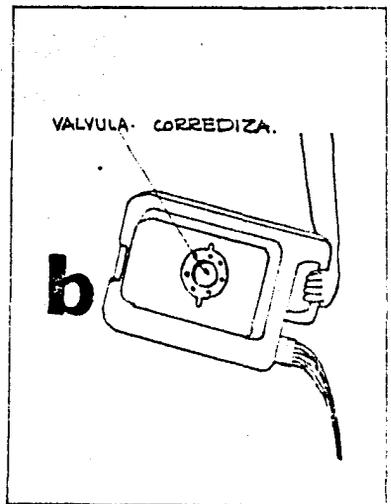
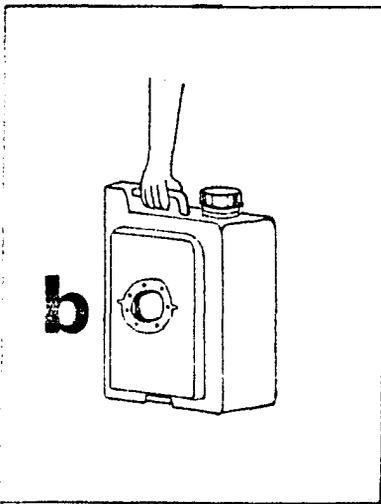


FIG. 39  
PORTA POTTI.



## DESCARGA ECONOMICA

### SISTEMA VACUMATIC

#### - Descripción y Funcionamiento

Su creador, el ingeniero sueco Joel Lylienthal desarrolló el sistema Vacumatic para el desalojo de las aguas residuales de los edificios. El principal atractivo de este sistema es el hecho de que consume 1.5 litros por cada funcionamiento de excusado en lugar de los 20 litros que se utilizan en el sistema convencional. Tal ahorro se debe a su funcionamiento mediante vacío.

Utiliza el vacío para el acarreo rápido y eficiente de las aguas de los excusados. El resto de los muebles sanitarios (fregadera, lavabo, fregadero, etc.) se maneja mediante los sistemas convencionales de desagüe por gravedad, pero en una red separada. Las aguas residuales son conducidas en primer término a un tanque de almacenamiento y de ahí a una planta de tratamiento o a la red de drenaje, según sea el caso.

Los muebles que se emplean son especialmente diseñados para este sistema y se operan mediante un mecanismo accionado por el mismo vacío existente en las tuberías de desagüe. Este mecanismo está patentado internacionalmente por el ingeniero Lylienthal.

Al operar el sistema para efectuar una descarga, llega agua para el lavado de la taza y al mismo tiempo se abre la válvula de descarga y se efectúa el vaciado a la tubería. La apertura de la válvula de descarga origina una diferencia de presión entre el excusado a presión atmosférica en un extremo de la tubería y el tanque a vacío en el otro. Esta diferencia de presión provoca que

el líquido dentro de la tubería se desplace hacia el tanque receptor donde las aguas residuales concentradas son conducidas a un tanque auxiliar llamado de descarga en el cual también se mantiene el vacío.

El vacío en el tanque receptor es del orden de 30 a 40 cm de columna de mercurio y se logra mediante bombas, eyectores o máquinas ex profeso.

El tanque de descarga se conecta al tanque receptor y al drenaje general mediante válvulas de retención que permiten vaciar periódicamente su contenido sin interrumpir el vaciado en el sistema de tuberías y excusados. Tanto los volúmenes de los tanques receptor y de descarga, así como la capacidad de las máquinas de vacío, están en función del número de muebles instalados atendiendo a la simultaneidad en su operación.

#### - Características

Con el sistema Vacumatic se reduce considerablemente la cantidad de agua requerida: si suponemos 4 usos de excusado por persona al día, en el sistema convencional tendremos un consumo de 80 litros al día, mientras que en el Vacumatic solamente 6 litros al día, lo que representa un ahorro del 92.5% del agua que se utiliza para los excusados.

El costo unitario es bastante alto por requerir equipo para hacer vacío, así como tanques e instrumentos auxiliares. Sin embargo a medida que el número de excusados aumenta y se concentran, el valor unitario se reduce en virtud del uso común del equipo. Este sistema es muy recomendable para concentraciones con más de 100 baños, por ejemplo: en edificios de departamentos,

conjuntos habitacionales, hospitales, y en general, en edificios altos y concentrados en un área relativamente pequeña.

Las edificaciones requieren de una instalación separada para las aguas jabonosas. Las tuberías requeridas con este sistema son de diámetros menores a las que se utilizan en un sistema convencional debido a la alta velocidad con que son transportados los líquidos (12 m/s).

A causa de la relativa gran velocidad con que se desplaza el líquido dentro de la tubería al vacío es conveniente disminuir los cambios bruscos de dirección del flujo instalando codos de radio largo e "Y" combinadas en lugar de "T" simples para las conexiones de las tuberías.

## DESCARGA ECONOMICA

### EXCUSADOS CONVENCIONALES CON MODIFICACIONES EN EL TANQUE

Los excusados convencionales con determinadas modificaciones sencillas y baratas reducen su consumo de agua. Unitariamente no significan un gran ahorro, pero si se utilizan en forma generalizada en una población, ciudad o municipio, totalizarán un ahorro considerable. A continuación se describen las principales modificaciones que se realizan.

#### - Descripción y Funcionamiento

La finalidad de estos sistemas es reducir el volumen de agua de las descargas al reemplazar una parte de este líquido por un cuerpo: un tabique; botellas o recipientes llenos de agua, arena o grava debidamente cerrados; cualquier objeto que desplace agua siempre y cuando no interfiera con el debido funcionamiento del excusado.

El volumen de agua desplazado varía entre 1 y 3 litros según el objeto o cuerpo que se introduzca en el tanque. Dicho objeto se escogerá de acuerdo a la forma y tamaño del tanque. Los objetos más usados con este fin son los tabiques. Para evitar las molestias inherentes a su disgregación se pueden meter dentro de una bolsa de plástico debidamente cerrada. Ultimamente también se han utilizado bolsas de plástico rellenas de agua, que tienen la ventaja de amoldarse.

Esta reducción de la descarga de agua del tanque también se puede lograr modificando el brazo del flotador, es decir, torciéndolo hacia abajo, pues de esta manera se provoca un bloqueo

más rápido de la válvula de alimentación durante el llenado. Debe cuidarse de no torcerlo demasiado ya que con un nivel de agua demasiado bajo en el tanque disminuye, la velocidad del agua y como consecuencia se tiene un mal funcionamiento.

#### - Características

. Estas modificaciones son muy sencillas y prácticamente sin costo alguno.

. Su impacto en el ahorro de agua es considerable si se utilizan en forma generalizada, por lo cual se aconseja manejar su implantación a través de campañas por parte de las autoridades locales.

#### - Realizaciones

. Un ejemplo de aplicación de una de las modificaciones mencionadas, es el caso de la población de Cherry Hill, Nueva Jersey, donde a iniciativa de una vecina las autoridades distribuyeron 34,000 tabiques (2 por casa) a los ciudadanos y lograron economizar 130 millones de litros de agua al año. (3)

. En la Ciudad de México, en Padierna (delegación Tlalpan) se realizó una campaña de distribución de tabiques, organizada por la junta de colonos con la ayuda de la delegación. Se notó entusiasmo y cooperación por parte de los vecinos, aunque no se cuenta con datos para cuantificar el ahorro.

. También en la Ciudad de México, en algunas delegaciones se distribuyeron bolsas de plástico a domicilio para ser colocadas, llenas de líquido, en el interior de los tanques a fin de reducir el volumen de cada descarga hasta en 2 litros. Los resultados preliminares de esa acción indicaron que si hubo

una reducción en el consumo de agua. Este intento se inició en 1983.

#### EXCUSADO CONVENCIONAL CON TANQUE ELEVADO

Este sistema, cada vez menos utilizado, debería reconsiderarse puesto que representa la posibilidad de un gran ahorro de agua. La elevación del tanque provoca una presión hidrostática que reduce la cantidad de agua en la descarga. Este sistema permite economizar más de la mitad del agua requerida para una descarga de un excusado de tanque bajo.

Tiene dos ventajas más: su uso puede ser con excusado o losa turca y favorece el ahorro de espacio gracias a la elevación del tanque [fig. 40].

El mecanismo del tanque es igual al del tanque bajo a excepción del dispositivo accionador de la descarga.

En cuanto a su costo, es similar al de un excusado convencional con tanque bajo pero puede ser menor cuando se usa losa turca en lugar de taza.

#### - Realizaciones

Todavía muy utilizado en Europa, principalmente con losa turca en lugares públicos.

#### EXCUSADO CON DESCARGA REGULABLE

Este dispositivo es similar al excusado convencional pero tiene un regulador manual de la descarga, de esta forma sólo se utiliza la cantidad necesaria de agua para la desaparición de

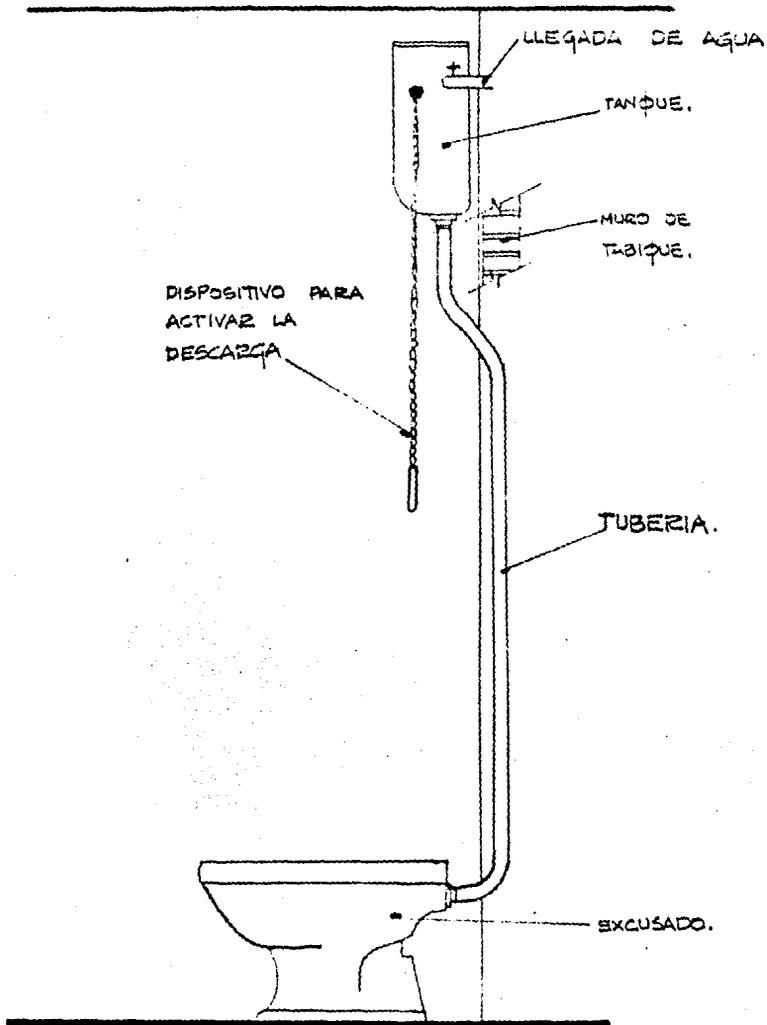


FIG. 40  
EXCUSADO CONVENCIONAL  
CON TANQUE ELEVADO.

heces y/o orina. El costo de este sistema es similar al del  
excusado convencional pero permite un considerable ahorro de  
agua, principalmente cuando se desaloja orina.

Este dispositivo es ampliamente utilizado en Europa.

## REUSO DE AGUA

Otra manera de economizar agua es reutilizándola en aplicaciones que toleren agua menos pura que la potable, como es el caso de los excusados. El agua de lavabos y regaderas puede ser reutilizada para llenar los tanques de los excusados. También es posible captar y almacenar el agua de las lluvias con este fin. A continuación se describen dos de estos sistemas.

### LAVABO - W.C.

Este dispositivo consiste en un lavabo adaptado al tanque del excusado [fig. 41]. Este sistema economiza agua y espacio ya que dos muebles sanitarios están reunidos en uno solo.

Este mueble sanitario austriaco existe en el comercio bajo el nombre de Waterbi. El tanque es de mayor capacidad que los convencionales para permitir el almacenaje; la descarga es regulable con el fin de no utilizar más agua de la necesaria. Cuando no se proporciona el agua suficiente por medio del lavabo, el nivel mínimo de agua para una descarga lo proporciona una válvula de flotador.

### REUSO DEL AGUA DE LAVABOS Y REGADERAS

Esta alternativa, más integrada y más compleja que la anterior, consiste en recuperar el agua de regaderas y lavabos, filtrarla someramente y almacenarla en un tanque elevado mediante una bomba [fig. 42]. Esta agua servirá para los tanques de los excusados convencionales que posteriormente vierten a una fosa séptica o al drenaje público. El sobrante del tanque de almacenamiento se dispersará en el jardín mediante drenes o

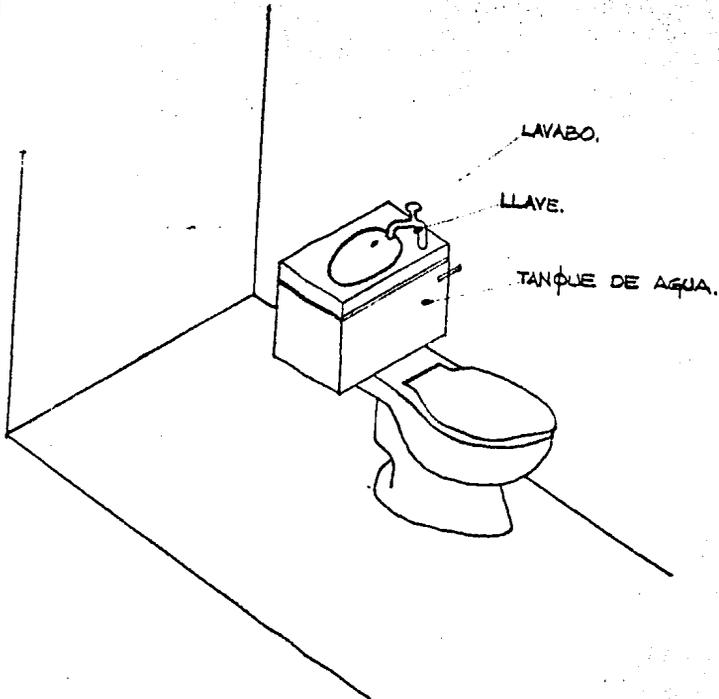


FIG.41  
LAVABO - W.C.

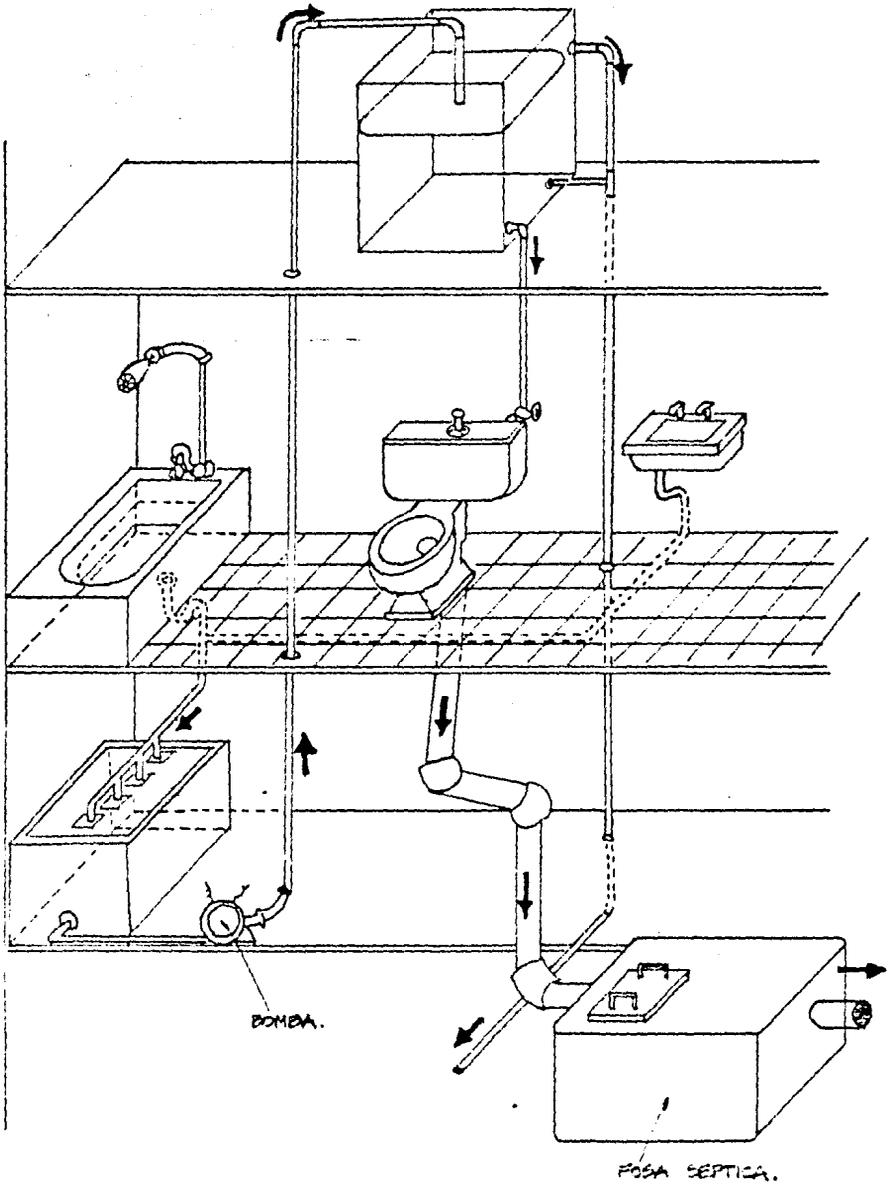


FIG. 42  
 REUSO DE AGUA DE LAVABOS Y  
 REGADERAS.

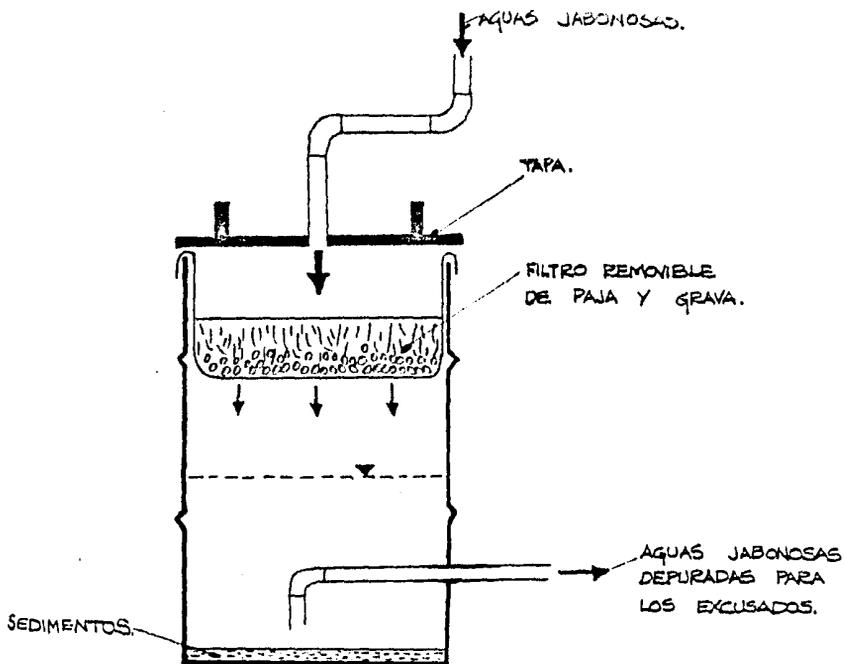


FIG. 43  
 FILTRO SENCILLO.

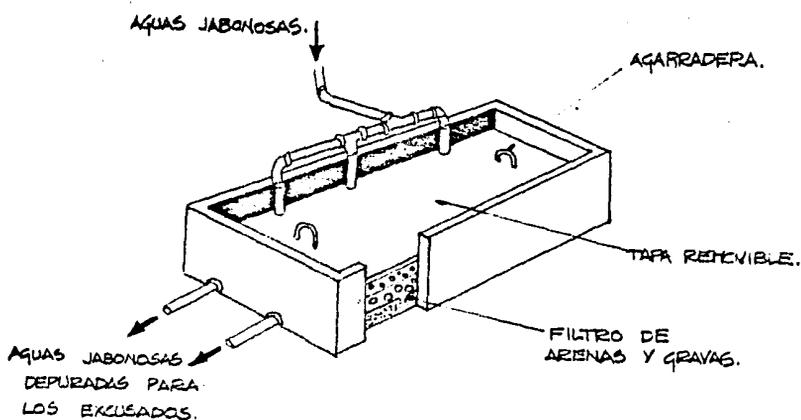


FIG. 44  
 FILTRO DE ARENAS Y GRAVAS.

complemente se vertirá al drenaje.

El filtro puede ser un dispositivo muy simple, en el que pasan las aguas jabonosas a través de una capa de paja y grava, tal como se muestra en la figura 43. El resultado será agua suficientemente limpia para utilizarse en excusados. Este filtro natural de paja se debe cambiar periódicamente. Un filtro de mayor capacidad y más efectivo que el anterior es el representado en la figura 44, en el cual las aguas jabonosas provenientes de los lavabos y regaderas pasan a través de capas de arenas y gravas, produciéndose un filtrado lento.

La potencia de la bomba que sube el agua de la salida del filtro al tanque de almacenaje variará según el caso.

Este sistema representa un ahorro significativo aunque no resuelve el problema de la contaminación, ya que las aguas residuales, producto de los excusados, son vertidas a la manera convencional.

Esta alternativa requiere la instalación de un sistema adicional de tuberías para captar las aguas jabonosas y almacenarlas, lo que representa un gasto adicional y limita su uso a edificaciones por construirse o en construcción.

#### - Realizaciones

En el sur de la Ciudad de México, el INFONAVIT, en sus llamados "edificios ecológicos" instaló un sistema completo de reuso, en el cual las aguas jabonosas y las pluviales se almacenan después de ser filtradas para posteriormente ser utilizadas en excusados y en el riego de áreas verdes. (1984)

## CAPITULO V

### IMPLANTACION

#### 5.1 Los Problemas Actuales del Saneamiento y La Necesidad de Implantar Sistemas Alternativos

Un gran número de países vive en condiciones sanitarias deplorables. Ello se debe principalmente a la falta de higiene en el medio, es decir a la carencia de abastecimiento de agua potable y de medios adecuados para el manejo y la disposición de las excretas. Si a la solución de estos problemas se aunara una correcta educación sanitaria se abriría el camino para luchar contra las enfermedades generadas y transmitidas en dichas condiciones. La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) declaró al periodo 1981-1990 como "La Década Internacional del Suministro de Agua y del Saneamiento", a fin de acelerar los programas de investigación y los proyectos de este tipo, en particular para los países en vías de desarrollo.

Es urgente tomar conciencia de la importancia que representa el manejo y la disposición de las excretas, así como encontrar soluciones diferentes al sistema convencional de descarga hidráulica, puesto que en la mayoría de los casos el problema se resuelve de manera parcial, desperdiciándose grandes volúmenes de agua y contaminando este recurso tan valioso como difícil de conseguir.

En las condiciones actuales, debido a las limitaciones económicas, en muy pocas ocasiones se les da el tratamiento adecuado a las aguas producto de la descarga hidráulica, por lo que tal recurso y su fuente se contaminan. En algunos casos el

sistema de descarga hidráulica no se puede instalar por falta de agua, por factores físicos o por razones económicas, como en el caso del medio rural de ciertos países en desarrollo. Para que la implantación generalizada del alcantarillado convencional sea factible, es necesario también proveer de agua entubada a las viviendas, lo cual implica otra inversión inicial bastante considerable. En América Latina y en otros países en desarrollo no se dispone de recursos financieros suficientes para afrontar el problema del suministro de agua. Por lo tanto es difícil resolver el saneamiento si se pretende utilizar exclusivamente el sistema convencional.

En tal virtud, es conveniente optar por los sistemas alternativos, sobre todo en los países en desarrollo. Los sistemas secos e intermedios descritos en las páginas anteriores tendrán que tomarse en cuenta por las diferentes ventajas que presentan. En general su construcción y su funcionamiento son sencillos, son higiénicos cuando se usan en forma debida, no contaminantes, a veces recicladores y no requieren de agua o bien de muy poca. Desafortunadamente no están muy difundidos en el mundo por considerarse poco higiénicos o bien por falta de atención de las autoridades. En el medio rural de los países en desarrollo casi son desconocidos y se continúa con la costumbre de defecar a cielo abierto. Por otra parte, en China y Vietnam tradicionalmente se reciclan los excrementos. Las autoridades deben propiciar una mayor toma de conciencia a nivel individual así como divulgar los sistemas alternativos. Para lograr una cooperación efectiva por parte de los futuros usuarios, es necesario implementar programas y campañas de educación sanitaria

y de capacitación de agentes que brinden asesoría y orienten hacia la selección de estos sistemas.

## 5.2 Factores que Intervienen en la Selección de un Sistema de Saneamiento

Para que la selección de un sistema de saneamiento sea lo más acertada posible es fundamental tomar en cuenta factores de carácter físico, técnico, económico y financiero. La misma importancia habrá que conceder a las condiciones climatológicas, demográficas y socioculturales del lugar así como al análisis del estado del saneamiento actual y del suministro de agua, a fin de tener un punto de referencia para la selección de la alternativa más indicada para el lugar. De no considerarse los aspectos socioculturales en un programa de implantación, se dará un gran margen al fracaso. A continuación se explican brevemente los factores más importantes para la selección.

### 5.2.1 Servicio de Abastecimiento de Agua

Se deben analizar las condiciones del abastecimiento de agua actuales y futuras: disponibilidad, confiabilidad y niveles de este servicio así como su costo; puesto que de ellas dependerá en gran parte el sistema de saneamiento a implantar. La selección del sistema deberá de estar acorde a dichas condiciones.

Existen diversos niveles en el servicio de este recurso: acarreo lejano en botes, abastecimiento mediante pipa, toma domiciliaria sin instalación hidráulica en baños y toma domiciliaria con instalación hidráulica en baños.

En los dos primeros casos, no se cuenta con agua corriente,

por lo tanto la opción del sistema convencional con descarga hidráulica debe ser desechada y se debe recurrir a los sistemas secos, pues ellos presentan una mejor solución.

Si se contara con agua corriente, pero no con la instalación hidráulica en los baños, la utilización de excusados de descarga hidráulica tampoco sería aconsejable ya que la dotación no resultaría apropiada para transportar las excretas a las distancias requeridas. En tal situación también deben escogerse los sistemas secos o bien los intermedios como solución para economizar el agua.

En el caso de que se cuente con instalación hidráulica en los baños así como con la cantidad de agua suficiente, el uso del excusado convencional con descarga al alcantarillado o a la fosa séptica, es factible técnicamente y la decisión de instalarlo es de índole económica y financiera. Sin embargo es aconsejable analizar el problema de la descarga, ya que si no se trata con el debido cuidado, como en la mayoría de los casos, será fuente de contaminación.

### 3.2.2 Estado Actual del Saneamiento

Este factor se analizará detalladamente: cobertura, funcionamiento, eficiencia, costo y niveles de contaminación; con el objeto de determinar si es el adecuado, o bien si puede ser mejorado o modificado. Si se cuenta con instalación hidráulica y el sistema utilizado es el convencional con descarga a la red de drenaje, difícilmente se podrá implantar un sistema seco, pero si se podrá considerar un sistema intermedio que permita el ahorro de agua.

### 5.2.3 Condiciones Socioculturales

Los niveles de educación e higiene, la religión y las costumbres revisten particular importancia cuando se desea implantar un nuevo sistema. De no tomarse en cuenta estos factores se podría provocar un rechazo a la innovación. El sistema por implantarse no sólo debe ser técnica y económicamente factible, sino que también tendrá que respetar ciertas condiciones sociales para lograr la aceptación.

### 5.2.4 Condiciones Físicas y Climatológicas

Al estudiar las alternativas para la implantación de un sistema de saneamiento se revisarán los siguientes factores: rangos de temperaturas, precipitaciones, topografía, geología e hidrología del lugar. Con dicho análisis se descartarán los sistemas que por sus características no resulten adecuados a las condiciones físicas y climatológicas existentes.

Desde el punto de vista de la construcción y la contaminación, el tipo de suelo y sus características así como el nivel freático podrían representar una limitante para la selección. Por ejemplo, si el nivel freático es alto no es conveniente usar la letrina mejorada ni el ROED.

### 5.2.5 Análisis Económico y Financiero

Una vez eliminados los sistemas no factibles técnicamente, es necesario jerarquizar los restantes mediante una escala significativa para elegir el apropiado. El análisis costo-beneficio sería el ideal pero como ocurre en la mayoría de los servicios públicos, resulta muy difícil cuantificar la totalidad

de los Beneficios. Una comparación de menor costo tampoco ofrece la solución, ya que la opción menos costosa no necesariamente será la económicamente óptima; sin embargo, si se aplica con propiedad será un parámetro objetivo razonable que hará resaltar las variaciones de costo de los diferentes sistemas. El análisis económico, como ya se mencionó, es difícil de elaborar debido a la falta de herramientas. Al igual que el análisis económico es necesario un análisis financiero que permita a las autoridades conocer el costo del proyecto y su calendario de erogaciones. Al usuario le será de gran utilidad saber la cantidad a pagar y la forma de pago por el nuevo sistema.

A manera de síntesis sobre el tema se presenta la siguiente tabla.

## PRINCIPALES FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO

### CONDICIONES CLIMATOLOGICAS

- . Rangos de temperatura
- . Precipitación, períodos de sequía y de inundaciones.

### CONDICIONES FISICAS

- . Topografía
- . Geología; estabilidad del suelo.
- . Hidrología, fluctuaciones temporales del nivel freático.
- . Riesgo de inundaciones.

### CONDICIONES DEMOGRAFICAS

- . Población actual y futura, tasa de crecimiento.
- . Densidad.

### CONDICIONES SOCIOECONOMICAS

- . Niveles de ingreso.
- . Niveles de salud.
- . Tipos de vivienda
- . Servicios municipales disponibles, incluyendo el saneamiento y el abastecimiento de agua (niveles, accesibilidad, confiabilidad y costos).
- . Materiales y componentes, disponibilidad local.

### CONDICIONES SOCIOCULTURALES

- . Niveles de educación e higiene.
- . Factores religiosos o culturales que afectan la selección técnica.
- . Concepción e interés de la gente sobre la situación actual y del interés y/o susceptibilidad al cambio.
- . Actitudes hacia las instalaciones públicas o compartidas, así como a previos intentos al cambio.

### CONDICIONES ECONOMICAS Y FINANCIERAS

- . Costos.
- . Análisis Económico.
- . Análisis Financiero.

Nota: La prioridad de los factores dependerá de las opciones consideradas, la lista anterior indica los principales puntos a investigar por las autoridades o por los encargados de un programa de saneamiento, sin embargo deben tomarse en consideración todos aquellos factores locales que se estimen importantes.

### 5.3 Selección de un Sistema de Saneamiento

Para la selección de un sistema alternativo debe ante todo definirse un criterio de comparación con el apoyo de una tabla que muestre las características de cada uno de ellos. Tablas de este tipo son las mostradas en el capítulo anterior, que integran la descripción breve de los sistemas sin jerarquizarlos ni pretender concluir sobre uno en particular, y constituyen una guía para lectores no muy familiarizados con el tema así como un resumen útil para los que lo conocen.

Existen herramientas complejas para efectuar comparaciones entre los diferentes sistemas, con las cuales se obtienen resultados numéricos, pero éstos, en la mayoría de los casos, son irrelevantes para los usuarios.

El análisis detallado de los factores mencionados en el subcapítulo anterior permitirá desechar sistemas técnicamente inadecuados y seleccionar el o los más apropiados a las necesidades y recursos de sus futuros usuarios.

Los algoritmos mostrados a continuación también servirán como herramienta para la selección de un sistema apropiado, cualesquiera que sean las condiciones. Estos algoritmos son ilustrativos de lo que es factible hacer, pero requieren de un análisis más detallado y perfeccionado según el caso particular.

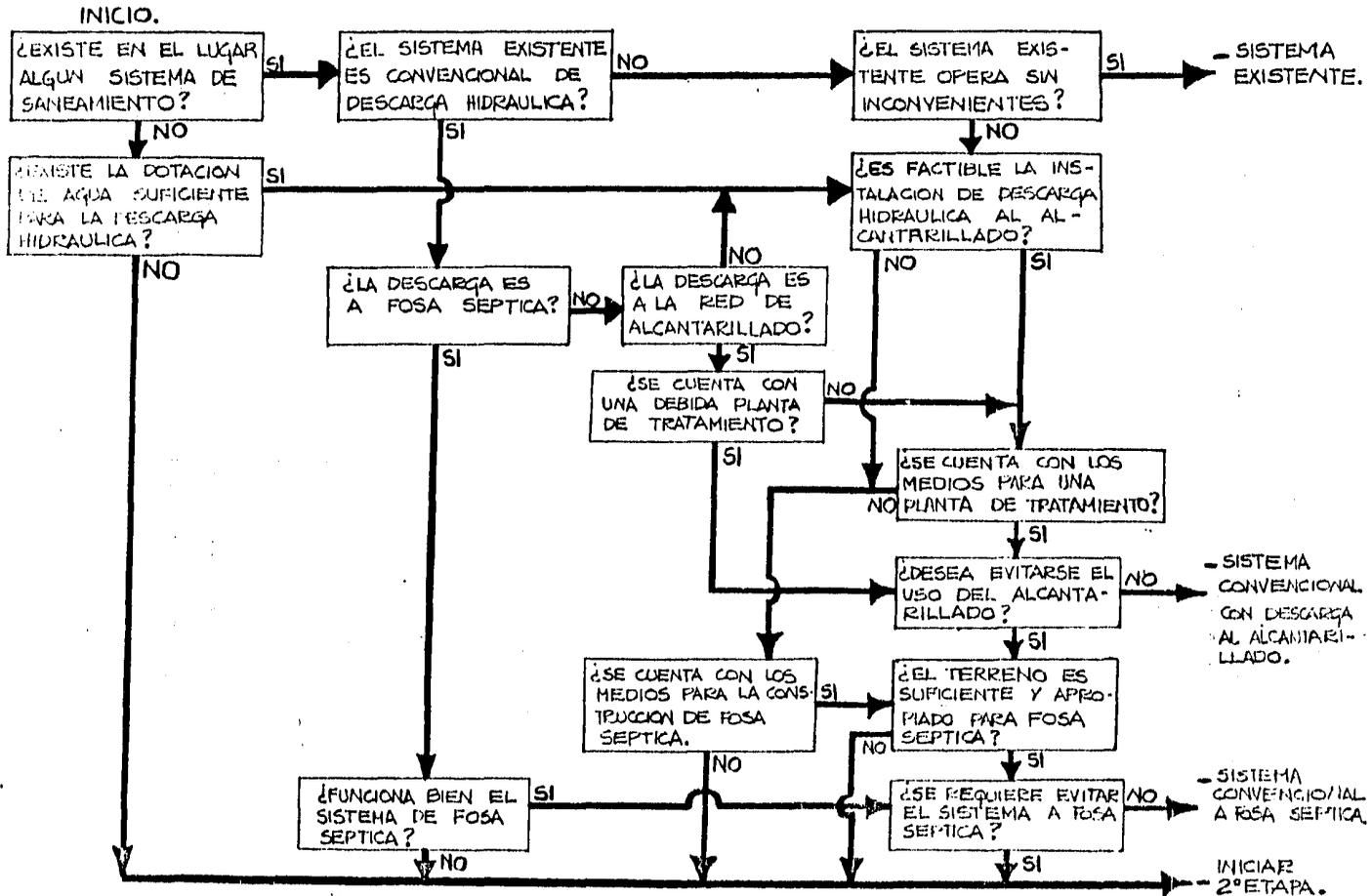
## 5.4 Medidas de un Programa para la Implantación de un Sistema Sanitario

### 5.4.1 Objetivos, Medidas y Propósitos de un Programa de Saneamiento

Los gobiernos de los países en desarrollo deben cuidar sus recursos naturales y económicos por una parte y por otra dotar de servicios a la mayoría de sus habitantes, en especial en lo que se refiere al suministro de agua y al saneamiento ya que de estos servicios depende en gran medida la salud pública. Cada gobierno procurará ser realista al fijar sus propios objetivos y centrará su atención en los grupos de bajos ingresos, tanto de los medios rurales como de las zonas semiurbanas, puesto que son ellos los que carecen de dichos servicios. Dentro de las políticas y planes nacionales de desarrollo social y económico debería otorgarse prioridad a la implementación de estrategias apropiadas para el logro de tales objetivos.

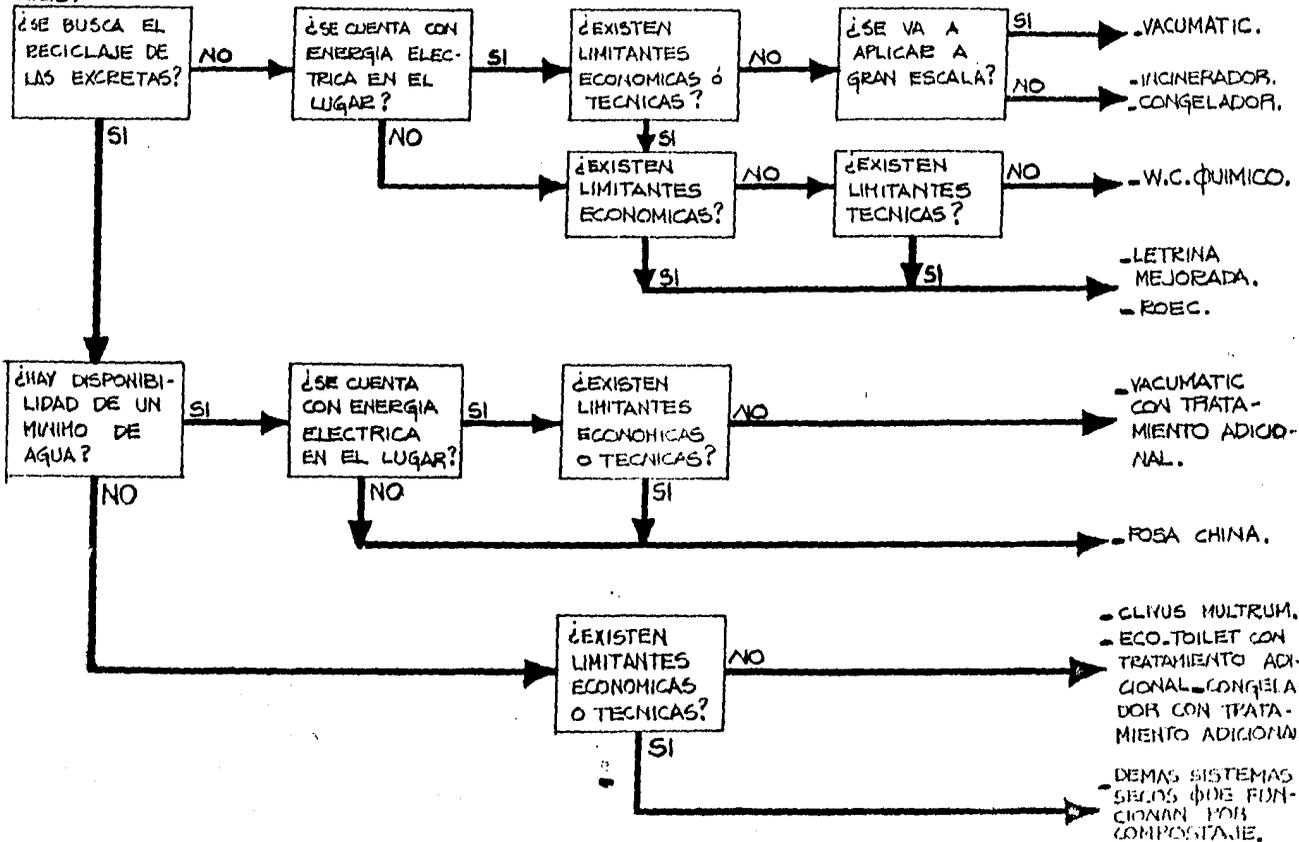
En general las autoridades han fijado su atención en el suministro de agua y en los sistemas de alcantarillado de las zonas densamente pobladas y han descuidado las zonas semiurbanas y el medio rural. Es necesario ampliar la cobertura con sistemas de bajo costo. Desafortunadamente los programas para mejorar el saneamiento no se han concebido con este propósito. La solución a este problema exigirá de las autoridades las siguientes acciones: analizar minuciosamente el estado actual de saneamiento; ponderar las cualidades de los sistemas a escoger; seleccionar el sistema más adecuado; reorientar de manera significativa las asignaciones presupuestales para el saneamiento; establecer

# ALGORITMO PARA LA SELECCION DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO. PRIMERA ETAPA.



# ALGORITMO PARA LA SELECCION DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO. SEGUNDA ETAPA.

INICIO.



mecanismos para evaluar y aprovechar los recursos humanos y materiales existentes en el lugar; desarrollar mecanismos de financiamiento; capacitar grupos para orientar y dar asesoría técnica sobre el funcionamiento, construcción, uso, mantenimiento y reparación de los sistemas sanitarios; y conceder la debida importancia a la organización de campañas para apoyar la implantación, sin olvidarse de efectuar un seguimiento y una evaluación.

Los programas de implantación de sistemas de saneamiento se pueden realizar a nivel nacional, estatal, municipal, regional o local. No se descarta la posibilidad de adoptar un sistema individualmente.

#### 5.4.2 Formación de un Equipo Capacitado para Llevar a Cabo la Campaña de Implantación

Una vez analizados los diferentes factores del saneamiento actual y habiendo seleccionado el sistema o sistemas más adecuados, las autoridades deberán formar un equipo capacitado para orientar y dar asesoría sobre el funcionamiento, la construcción, la utilización y el mantenimiento de los sistemas por implantar. Este grupo también se encargará de realizar, en coordinación con las autoridades, la campaña para la implantación (manuales, guías) y realizará la evaluación sobre su uso y funcionamiento por medio de encuestas.

La falta de personal capacitado constituye una amenaza potencial para un programa de este tipo. La escasez de personal calificado ha contribuido en el pasado a la deficiente planificación, ejecución, funcionamiento y conservación de

proyectos. En algunos países, los esfuerzos desplegados en años anteriores en cuanto a capacitación han creado un grupo de personas técnicamente idóneo. Sin embargo se requiere multiplicar el número de personas, lo que implica la organización de sistemas de capacitación que se sostengan en el mejor de los casos con sus propios recursos, o bien con la ayuda del gobierno local. Es necesaria la colaboración de instituciones y técnicos expertos en el ramo para la preparación de manuales, cursos y conferencias que divulguen los sistemas de saneamiento.

Las autoridades tratarán de recaudar fondos con objeto de capacitar a la gente y establecer locales para este fin. Incluso en el caso de que se cuente con personal suficiente, el mejoramiento de sus conocimientos mediante cursos podría contribuir a una mayor productividad.

La mayoría de los sistemas descritos en este trabajo no requieren necesariamente ser implantados a gran escala, sino también pueden adaptarse a nivel unifamiliar. La implantación colectiva de sistemas alternativos al convencional presenta ahorros de agua significativos, e inclusive un menor costo de instalación.

Hay que insistir en que aún cuando un grupo de trabajo como el mencionado será necesario en el caso de la implantación de sistemas de saneamiento a gran escala, deberá también tomarse en cuenta muy seriamente su divulgación. Es fundamental que la gente conozca la existencia de sistemas de saneamiento que no contaminan el medio y que ella misma puede construir.

#### 5.4.3 La Campaña

Una vez seleccionados uno o varios sistemas de saneamiento para su implantación y habiéndose formado un equipo de trabajo para realizar la campaña, ésta se iniciará utilizando la publicidad, pláticas, cursos y brindando estímulos. La campaña se caracterizará por su entusiasmo y persistencia así como por lograr la participación activa de los futuros usuarios en la implantación. Sólo así se obtendrán buenos logros, pues de lo contrario será de esperar el fracaso tanto de la campaña como del programa de implantación.

A continuación se discuten diversos puntos para llevar a cabo una campaña de implantación.

#### - Difusión

La difusión juega un papel muy importante en una campaña de este tipo, ya que al mismo tiempo que se da a conocer la existencia de sistemas alternativos al excusado de descarga hidráulica y al fecalismo a cielo abierto, se tiene que formar conciencia sobre las ventajas que se obtienen con su uso. Es de vital importancia lograr esta toma de conciencia a todos los niveles y por el mayor número de personas posible. Estos dos objetivos se tratarán a través de diferentes medios de comunicación: la televisión, la radio, la prensa, carteles, folletos.

La televisión parece ser el medio ideal, más no el único, para llevar a cabo la difusión de una campaña de este tipo, transmitiendo anuncios y programas especiales en los cuales se mostrarían los sistemas alternativos y su funcionamiento así como

detalles para su construcción. También sería de gran utilidad hacer hincapié en las desventajas del fecalismo a cielo abierto y en las limitaciones del sistema convencional. La difusión cuidadosa del aspecto técnico tenderá a la sencillez e ilustratividad con el objeto de que el mensaje sea entendido y asimilado por el mayor número de personas.

#### - Pláticas

Las pláticas representan un factor complementario para la difusión de los diferentes sistemas alternativos en los lugares donde se cuenta con medios de comunicación, y donde estos últimos no existen significarán el principal medio para su introducción. A través de ellas se orientará y se tratará de que la gente tome conciencia sobre los beneficios del uso de los sistemas alternativos. Se deberá tomar en cuenta la educación y las costumbres de los asistentes. Cuando se trate de gente del medio rural, que en algunos casos no cuenta con agua entubada, se le hará notar que los sistemas secos presentan la alternativa al fecalismo a cielo abierto. En el caso de los habitantes de zonas semiurbanas o urbanas además de lo anterior se les señalará la importancia del ahorro de agua y las ventajas que en cuanto a contaminación presentan los sistemas alternativos. Para obtener resultados útiles de estas pláticas su enfoque estará de acuerdo a los recursos y las necesidades de las personas hacia quienes van dirigidas.

#### - Cursos y Asesoría

Una vez que la gente haya sido informada, orientada y esté consciente de la necesidad de implantar nuevos sistemas, se debe

proceder a dar cursos y mantener un servicio de asesoría. Los cursos tienen que contemplar: funcionamiento, construcción, utilización y mantenimiento de los sistemas y aún entrar en detalles técnicos según sus características. Es importante que se entiendan los principios del funcionamiento para que los sistemas sean utilizados adecuadamente, en especial los que funcionan por descomposición, pues requieren de un uso con cierta disciplina y de un cuidado periódico. Se estudiarán los principales problemas de construcción y de ser posible se elaborarán manuales para fomentar la autoconstrucción. Durante el periodo de implantación se mantendrá un servicio de asesoría que responda inquietudes y asegure un buen funcionamiento. Para promover el interés y la participación, los cursos se impartirán gratuitamente.

#### - Estimulos

Es difícil convencer a la gente para que cambie sus costumbres, especialmente en este campo. Es por esta razón que la campaña deberá contemplar ciertos estímulos para los futuros usuarios.

Sería conveniente que las autoridades, acorde a los beneficios directos e indirectos que reportará la implantación de un sistema de saneamiento, ofrecieran alicientes para entusiasmar a la comunidad. Un estímulo para el cambio podría ser la reducción en el impuesto predial. Por otro lado se haría notar el ahorro que se obtendría a partir del menor consumo de agua. Por lo que se refiere al medio rural se podría estimular a la población ofreciendo atractivos descuentos en la compra de materiales u obsequiando parte de éstos. Es necesario revisar el

tipo de estímulos a ofrecer en cada lugar, atendiendo a los recursos de las autoridades y de la propia comunidad.

#### 5.4.4 Supervisión, Funcionamiento y Evaluación

El programa para la implantación de sistemas de saneamiento no termina con la instalación de éstos. Debe continuar con la supervisión de su uso y mantenimiento, así como de su funcionamiento. Es fundamental realizar una buena evaluación como referencia para futuros programas de implantación. Dicha evaluación no sólo será técnica sino también económica y financiera.

La supervisión del funcionamiento deberá hacerse por agentes sanitarios, llevándose un control periódico y estadístico del comportamiento de los sistemas, y en caso de existir fallas deberá detectarse la causa para determinar un remedio inmediato. Para cumplir con lo anterior es recomendable usar una guía inicial de soluciones a los principales problemas previstos, esta guía se afinará con las observaciones prácticas.

La supervisión se hará por medio de visitas al lugar, pero también se apoyará en entrevistas y encuestas elaboradas específicamente.

La vigilancia del funcionamiento de los sistemas incluye el verificar su uso correcto así como el debido mantenimiento. Podría suceder que el uso y mantenimiento fuesen los correctos y no así el funcionamiento. En circunstancias particulares como ésta, habrá que revisar minuciosamente el sistema para determinar la falla y proceder a solucionarla. De esta manera también se retroalimentará la guía de soluciones.

Sin una supervisión adecuada, el funcionamiento deficiente de los sistemas podría conducir a que los usuarios abandonaran el sistema, y en consecuencia al fracaso de la implantación.

También se deberá llevar un control estadístico de los efectos del o los sistemas implantados en cuanto a las enfermedades transmitidas por las materias fecales. Estas estadísticas permitirán una evaluación más completa de los sistemas implantados.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es necesario tomar conciencia de la importancia que reviste el problema del saneamiento, es decir del manejo y la disposición de las excretas, ya que el nivel de saneamiento es un factor que se refleja directamente en la salud pública debido a que los excrementos contienen organismos patógenos. En vez de soslayar este problema, debe concedérsele la debida atención, sobre todo en los países en vias de desarrollo, como lo es México, donde los habitantes del medio rural y del semiurbano generalmente viven en condiciones deplorables a causa de la carencia o la deficiencia del suministro de agua y/o del saneamiento. Cabe señalar que en Latinoamérica el índice de mortalidad infantil a causa de enfermedades entéricas ocupa uno de los primeros lugares.

Así como las excretas pueden contaminar el suelo y los cuerpos de agua cuando se vierten directamente, también pueden ser aprovechables en la agricultura como abono natural y en la acuicultura, siempre y cuando se les dé el debido tratamiento que para estos casos es mínimo. También se pueden utilizar en la producción de biogas.

El agua es un recurso vital y no debe desperdiciarse como agente transportador de las excretas, como es el caso del sistema convencional de descarga hidráulica, ya que resulta cada día más difícil y costoso conseguirla. En muchos casos es escasa o inexistente, teniéndose que llevar de lugares muy lejanos. Tal es

el caso de México y particularmente del altiplano, lugar en el cual se concentra la mayor parte de la población. Gran parte del territorio mexicano carece de agua por lo que no se debe seguir pensando en solucionar el problema del saneamiento con el "excusado inglés" (Water Closet), concebido en un país donde el agua es abundante. Por lo mismo la solución convencional de descarga hidráulica está fuera de las posibilidades de la mayor parte de los países en desarrollo.

Hay que pensar en sistemas alternativos para resolver el saneamiento. En este trabajo se analizan y describen brevemente diversos sistemas que están enfocados al ahorro de agua y a la prevención de la contaminación. Estos sistemas, que van desde lo muy simple hasta lo complejo, presentan una gama de posibilidades para el manejo y la disposición de excretas, y la elección será de acuerdo a las necesidades y posibilidades de cada caso particular. Estas soluciones alternativas no son las únicas; existe una gran variedad de éstas y valdría la pena analizarlas y hacer una guía por región de los principales sistemas que sería posible implantar.

Debe tomarse en cuenta que la implantación de los sistemas alternativos requiere de cierta educación y concientización de la gente. La implantación debe realizarse por cuenta de las autoridades pero exige de la participación activa de los futuros usuarios. Para este efecto se planearán programas y campañas una vez estudiados y seleccionados cuidadosamente el o los sistemas

alternativos más convenientes.

De la misma forma, posteriormente a la implantación, deberá hacerse el seguimiento y la debida evaluación, mediante encuestas y estadísticas, para conocer los resultados de dicha implantación y contar así con herramientas para futuros programas de saneamiento.

Deberá profundizarse en la investigación de sistemas alternativos para resolver el problema del saneamiento convencional, causante en muchos casos de enfermedades, de contaminación y de un gran desperdicio de agua.

## GLOSARIO

Aeróbico	Que vive o se lleva a cabo en presencia de aire u oxígeno. Un proceso aeróbico es aquel que se realiza por bacterias que necesitan aire o más bien oxígeno para su desarrollo.
Aguas Jabonosas	Aguas de desecho domésticas que no contienen excretas pero sí grasas. Por ejemplo: aguas de regaderas, lavabos y fregaderos.
Aguas Residuales	Son los residuos líquidos que se generan en las diversas actividades de una población. En este trabajo se refiere a las aguas domésticas, es decir a la combinación de aguas jabonosas y de excretas diluidas en agua.
Anaeróbico	Que vive o se lleva a cabo sin (o con muy poco) aire u oxígeno. Al proceso anaeróbico también se le denomina putrefacción.
Bacterias	Microorganismos unicelulares clasificados como miembros del reino vegetal.
Biogas	Gas producto de una digestión anaeróbica, constituido principalmente por metano.
Coliforme	Grupo de bacterias. Algunas de éstas, los coliformes fecales, normalmente se encuentran en las heces animales o humanas.
Compost	Producto similar al humus, resultante del compostaje aeróbico o anaeróbico de excretas o lodos.
Compostaje	Proceso de oxidación y mineralización de la materia orgánica mediante acción biológica. El proceso puede ser aeróbico o anaeróbico.
Digestión	Proceso de oxidación y mineralización de desechos orgánicos que se lleva a cabo bajo el agua o en condiciones muy húmedas. El proceso usualmente es anaeróbico.
Efluente	Líquido que fluye de sistemas de tratamiento, de fosas sépticas o del alcantarillado.
Entérica	Perteneciente o relativa a los intestinos.

Estabilización	Proceso mediante el cual la materia orgánica se vuelve estable y ya no sufre descomposición.
Excrementos	Materia que se despiden por las vías naturales. En este trabajo se refiere a las heces y a la orina.
Excretas	Heces y orina, normalmente de origen humano a menos que se especifique otro.
Heces	Excremento que abandona el cuerpo al defecar. Constan de las excreciones de los intestinos y órganos relacionados con el aparato digestivo.
Helminto	Lombriz de vida libre o parasítica.
Humus	Tierra vegetal, formada por la descomposición de materias orgánicas de origen generalmente vegetal.
Lagunas de Maduración	Estanques finales de una serie de estanques de estabilización de desechos. Son totalmente aeróbicos.
Lodos	Materia sólida (con un gran contenido de humedad) que se forma cuando las aguas residuales se retienen y los sólidos más densos se asientan, o también es el producto de varios procesos de tratamiento.
Losa Turca	Dispositivo de origen oriental para defecar en posición de cuclillas.
Macrofitas	Algas macroscópicas.
Metano	Gas que se desprende de las materias en putrefacción.
Micción	Acción de orinar.
M.A.F.	Nivel de aguas freáticas. Es el nivel o profundidad a la cual se encuentran las aguas subterráneas.
Oligoelemento	Elemento que en dosis muy pequeña interviene en el organismo como catalizador participante en el ciclo químico de la vida.
Patógeno	Un patógeno u organismo patógeno es un organismo que causa una enfermedad. Estos son generalmente macroscópicos.

Futrefacción	Proceso anaeróbico de descomposición. Se caracteriza por la emanación de malos olores.
Reciclaje	Proceso mediante el cual una materia se transforma para darle cierta aplicación.
Relación C/N	Relación carbono-nitrógeno de una materia orgánica.
Reuso	Utilización de una materia o un elemento que ya ha sido usado.
Saprotítico	Pertenece o relativo al saprófito, o que participa de su naturaleza.
Saprófito	Dícese de ciertas plantas que viven o se nutren a expensas de sustancias orgánicas en descomposición o sobre partes muertas de otras plantas.
Sedimentación	Proceso mediante el cual los sólidos en suspensión en aguas residuales se asientan bajo fuerzas gravitacionales.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Agua Potable y Saneamiento Ambiental en América Latina 1981-1990. Estudios e Informes de la CEPAL. Naciones Unidas, 1983.
- 12) Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales. Fair, Geyer y Okun. Limusa, 1979.
- 13) Water sans Eau, alternative au tout à l'égout. Beatrice Trelaun Geyser. Editions Alternatives, 1983.
- 14) Water Supply and Pollution Control. John W. Clark, Warren Viessman. International Text Book Company, Scranton, Pennsylvania.
- 15) Contaminación en México. Francisco Viccaino Murray. Fondo de Cultura Económica, 1977.
- 16) Health Aspects of Excreta and Sullage Management. Richard G. Feachem, David J. Bradley, Hemda Garrellick and D. Duncan Marra. Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation (3). World Bank, June 1981.
- 17) A Planners Guide. John M. Kalbermatten, De Anne S. Julius, D. Duncan Marra and C. Gunnerson. Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation (2). World Bank, December 1980.
- 18) Sistema Hidráulico de la Ciudad de México.
- 19) Composting, Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes. Harold B. Gotaas. World Health Organization, 1956.
- 110) Goodbye to the Flush Toilet, Water saving alternatives to cesspools, septic tanks and sewers. Carol Hopping Stoner. Rodale Press, 1977.
- 111) Low-Cost Technology Options for Sanitation. W. Rybczynski, Chongrak Polprasert and Michael McGarry. International Development Research Centre, 1978.
- 112) The Bathroom Alexander Kira Viking Press, 1974.

- (112) Meeting the Needs of the Poor for Water Supply and Waste Disposal.  
Fredrick L. Golladay.  
Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation (13).  
World Bank, December 1983.
- (113) Tecnologías Apropriadas para Saneamiento Básico.  
F. Tzucá.  
CEPAL, ONU, febrero 1983.
- (114) Instalaciones Sanitarias en Viviendas.  
José Ortega García.  
Ediciones CEAC, España.
- (115) Manual de Tratamiento de Aguas Negras.  
Departamento de Aguas Negras del Estado de Nueva York.  
Linnear-Wiley, 1962.
- (116) Apuntes del Curso "Temas Especiales de Ingeniería Sanitaria".  
Facultad de Ingeniería, UNAM.
- (117) "Ahorro de Agua en la Vivienda Usando Letrinas y Atomizadores".  
Francisco J. Aceves H.  
La Hidráulica en el Desarrollo Urbano-Industrial, VIII Congreso Nacional de Hidráulica, Toluca, México, octubre 1984.
- (118) Potabilización y Tratamiento. Notas de Clase.  
Luis Alejandro Gutiérrez Morales.  
Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1983.