

**GUIAS PARA DISEÑO DE SISTEMAS
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE, DISPOSICION DE
EXCRETAS Y RESIDUOS LIQUIDOS
PARA LOCALIDADES DEL AREA RURAL**

Preparado por:

Ing. M.Sc. Marcelo Muñoz R.

**GUIAS PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE, DISPOSICION DE EXCRETAS Y
RESIDUOS LIQUIDOS PARA LOCALIDADES DEL AREA RURAL**

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. ETAPAS DE UN PROYECTO	1
1.1 Actividades del estudio preliminar	1
1.2 Proyecto definitivo	2
2. BASES DE DISEÑO	2
2.1 Período de diseño	2
2.2 Población de diseño	2
2.3 Selección del nivel de servicio	3
3. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	4
3.1 Selección de la fuente de abastecimiento	4
3.2 Diseño de captaciones	5
3.2.1 Pozos someros	5
3.2.2 Pozos Profundos	6
3.2.3 Captaciones de fuentes superficiales	6
3.2.4 Captaciones de aguas subterráneas	7
3.2.5 Captaciones de vertientes	8
3.2.6 Captaciones mediante galerías de infiltración o con sistema de drenaje	9
3.3 Diseño de conducciones	9
3.4 Diseño de sistemas de tratamiento	10
3.5 Diseño del almacenamiento	11
3.6 Diseño de la distribución de agua potable	12
4. SISTEMAS DE DISPOSICION DE EXCRETAS Y RESIDUOS LIQUIDOS	14
4.1 Sistemas de disposición de excretas	14
4.2 Sistemas de disposición de residuos líquidos	15
4.2.1 Información básica	15
4.2.2 Criterios de diseño de la red	15
4.2.3 Sistemas de alcantarillado sanitario no convencionales	16
4.2.4 Sistemas de tratamiento	16

1.2 Proyecto definitivo

El diseño de los sistemas debe considerar tecnologías simples, adaptados a las necesidades de la localidad especial atención debe darse a la facilidad de operación y mantenimiento. En lo posible deben utilizarse los diseños tipo elaborados por el IEOS,

Los lugares seleccionados en el prediseño para la implantación de las obras deben ser visitados nuevamente con el objeto de verificar si los planos topográficos se ajusta bien a las características reales del lugar, o si es necesario, ampliar la información.

2. BASES DE DISEÑO

2.1 Período de diseño

Aunque las normas establecen un período de diseño, es importante analizar la conveniencia del valor propuesto considerando los siguientes factores específicos:

- Oportunidad de capital
- Factores de economía de escala.
- Sobredimensionamiento inicial exagerado de las obras.
- Durabilidad de los materiales.

Debe tenerse en cuenta que el período de diseño involucra el tiempo de construcción y puesta en marcha de los sistemas, el mismo que varía entre uno y dos años.

2.2 Población de diseño

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, deberá analizarse la información censal disponible para la localidad. En caso de no existir esta información para la localidad en estudio, es conveniente realizar el análisis en base a la información censal correspondiente a la población rural total de la parroquia a la que pertenezca la localidad.

Si al calcular la población futura de diseño en base al período de diseño propuesto en la norma y a la tasa de crecimiento poblacional determinada o asumida, esta población resulta mayor a 1.25 veces la población actual, deberá asumirse un período de diseño menor, de manera que la población de diseño no supere en más del 25% la población actual. De esta manera se cumple lo estipulado en la norma.

Es conveniente calcular una población flotante en localidades de reconocido atractivo turístico, en las que efectivamente se tenga una afluencia considerable de gente foránea

2.3 Selección del nivel de servicio

Para seleccionar el nivel de servicio, es muy importante tomar en cuenta la forma actual en la que se realiza el abastecimiento de agua, disposición de excretas o residuos líquidos, así como las necesidades, preferencias y sugerencias de los habitantes de la localidad.

Deberá también ponerse especial atención en la manera en la que será financiado el proyecto, y por consiguiente en la disponibilidad de recursos financieros asignados al proyecto por parte de la institución que financiará la construcción del sistema, así como la capacidad de aporte con recursos económicos y humanos por parte de la comunidad durante las fases de construcción y operación de los sistemas.

El tamaño de una localidad, caracterizado por su número de habitantes, muchas veces tiene relación con la capacidad económica de la comunidad, con la magnitud de importancia de los sistemas de saneamiento para la localidad, y por consiguiente con el nivel de servicio adecuado. En el Cuadro 2.1, se proponen los niveles de servicio que de manera general son adecuados, según el tamaño de la localidad:

CUADRO 2.1
NIVELES DE SERVICIO POTENCIALMENTE APROPIADOS
SEGUN LA POBLACION DE LA LOCALIDAD

No. DE HABIT.	NIVEL DE SERVICIO	SISTEMA	DESCRIPCION
0-250	Ia	AP	- Grifos públicos
		EE	- Vehículos repartidores
			- Letrinas sin arrastre de agua
251-500	Ib	AP	- Grifos públicos y unidades de agua
		EE	- Letrinas sin arrastre de agua
501-2500	IIa	AP	- Conexiones domiciliarias, 1 grifo por casa
		EE	- Letrinas con o sin arrastre de agua
> 2500	I Ib	AP	- Conexiones domiciliarias, más de 1 grifo por casa
		ERL	- Alcantarillado sanitario

SIMBOLOGIA:

AP : Sistema de abastecimiento de agua potable

EE : Sistema de disposición de excretas

ERL: Sistema de disposición de residuos líquidos

A continuación se amplían algunos criterios para la selección del nivel de servicio:

2.3.1 Nivel Ia.

Es adecuado para localidades pequeñas, dispersas que disponen de fuentes alternas para lavado de ropa y baño.

2.3.2 Nivel Ib.

Apropiado para localidades concentradas en pequeñas áreas, que no disponen de fuentes adecuadas y de fácil acceso para baño y lavado de ropa.

2.3.3 Nivel IIa.

Este nivel es conveniente para localidades más desarrolladas, con capacidad económica para mantener un sistema con conexiones domiciliarias al nivel de patio, y con capacidad organizativa para administrar la operación y mantenimiento del sistema. El tipo de letrina con o sin arrastre de agua, se seleccionará a base de las preferencias de los usuarios y de las condiciones del suelo.

2.3.4 Nivel IIb.

Apropiado para localidades desarrolladas, en las que las viviendas prevén varios puntos de abastecimiento de agua (baños, inodoros, lavabos, fregadero de cocina, etc). Dado el volumen de aguas residuales a producirse, en este caso se requiere de un sistema de alcantarillado sanitario para su evacuación.

3. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

3.1 Selección de la fuente de abastecimiento

Es importante dar prioridad a aquellas fuentes cuyas aguas requieran un mínimo tratamiento para alcanzar la calidad de agua potable, aun cuando esto signifique tener conducciones de mayor longitud.

En este sentido, para los niveles de servicio Ia y Ib, se recomiendan las siguientes fuentes y sistemas de captación:

- Pozo raso, con bomba manual o molino de viento.
- Pozo mediano, con bomba de mano, molino de viento o bombeo mecánico.
- Vertientes.

- Para la alternativa Ia, alimentación a tanques de reserva, mediante tanqueros.
- A falta de las fuentes mencionadas anteriormente, se captará el agua de fuentes superficiales, contemplando el tratamiento requerido.

Para los niveles de servicio IIa y IIb, se sugiere considerar:

- Pozo mediano o profundo con bombeo mecánico
- Vertientes
- Fuentes superficiales.

3.2 Diseño de captaciones

3.2.1 Pozos someros

Son adecuados para aprovechar aguas subterráneas localizadas a poca profundidad.

3.2.1.1 Información básica

- Nivel freático mínimo en épocas de sequía.
- Rendimiento del pozo y niveles de explotación, especialmente en épocas de sequía.
- Calidad del agua en épocas lluviosas y de sequía.
- Localización de otros abastecimientos de agua subterránea en la zona.
- Estudios de suelos, en especial sobre su estabilidad y soluciones factibles para una explotación continua sin riesgo de colapso de la obra.
- Localización de posibles fuentes de contaminación.

3.2.1.2 Criterios de diseño

- La tapa del pozo estará constituida por una losa de hormigón armado de diámetro mínimo igual a 1.6 veces el diámetro interior del pozo.
- El nivel de la superficie de la tapa se localizará a una altura mínima de 0.20 m sobre el nivel del terreno.
- La losa de la tapa deberá tener una inclinación mínima del 5%, desde el punto previsto para la localización de la tubería de succión, hacia la parte exterior.

- La pared del pozo, al menos en sus 3 metros iniciales deberá impermeabilizarse con una pared de concreto de 0.15 m de espesor.
- La manga para el paso de la tubería de succión, será de diámetro suficiente que permita la extracción de la misma, tomando en cuenta los accesorios instalados, será sellada en la parte superior con material plástico que evite cualquier tipo de contaminación.
- Todas las estructuras deberán protegerse del vandalismo.

3.2.2 Pozos Profundos

Pueden ser libres o confinados, de acuerdo con la naturaleza de la fuente de explotación. Este tipo de pozo que aprovechan acuíferos profundos no son comúnmente utilizados en el medio rural, salvo casos de excepción en que sea la única opción para abastecimiento.

Estos pozos requieren de tecnología especializada tanto para su prospección, construcción, desarrollo y operación.

De ser preciso se sujetarán a las normas que para el efecto se dispone en el área urbana.

3.2.3 Captaciones de fuentes superficiales

3.2.3.1 Información básica

- Plano topográfico del sector.
- Niveles máximo y mínimos de la fuente.
- Estudios de suelos en el sector.
- Datos sobre acarreo de material sólido y flotante de la fuente
- Localización de las posibles fuentes de contaminación

3.2.3.2 Criterios de diseño

- En cursos de agua con poco transporte de sólidos y bajas pendientes, se podrá utilizar captaciones localizadas en forma perpendicular al sentido de flujo.
- En cursos de agua de gran pendiente y con transporte de sólidos son adecuadas las captaciones laterales.
- Cuando la corriente arrastra muchos sólidos, es procedente considerar desripadores y/o desarenadores localizados entre la captación y la entrada de la conducción.

- En el caso de tomas laterales en fuentes superficiales, ubicar la rejilla de captación en el lado cóncavo de una curva de la corriente.
- La toma debe estar ubicada por lo menos a 0.50 m por debajo del nivel mínimo de la fuente.
- Cuando el nivel mínimo de la fuente sea muy reducido, deberá preverse estructuras que permitan elevar el nivel de agua y minimizar la entrada de sólidos:
- En captaciones de lagos o reservorios, donde la acumulación de material sedimentable sea significativa, la captación se ubicará por lo menos a 1.0 m por encima del fondo.
- La entrada de agua contará con rejillas de protección que permitan captar el caudal de diseño aún cuando ésta se encuentre obstruida en un 50% del área.
- Antes de la entrada a la conducción, deberá preverse una estructura adecuada para aforo de caudal.
- Se deberá diseñar estructuras que minimicen la entrada de sólidos flotantes.
- El diseño preverá elementos que faciliten el desalojo de material sedimentado, sea este grueso o fino.
- Las estructuras serán diseñadas para las condiciones más críticas, tanto en el aspecto hidráulico como estructural, tomando en cuenta que se pueden localizar en zonas de alto riesgo sísmico.
- Si los estudios geotécnicos indican en el sitio de captación, la existencia de suelos permeables, el proyectista deberá demostrar que la integridad de la obra como la eficiencia están garantizados a pesar de la infiltraciones que puedan ocurrir.
- La velocidad en tuberías y canales que formen parte de la captación no deberán ser inferior a 0.6 m/s.
- Las paredes laterales y obras de protección contra inundaciones, se elevarán al menos 1.0 m por encima del nivel máximo de crecida.
- Los materiales especificados deberán garantizar una adecuada duración.

1.2.4 Captaciones de aguas subterráneas

1.2.4.1 Información básica

- Levantamiento topográfico detallado del área que circunda el acuífero, en cuyo lugar se localizarán las obras de captación.

- Estudio del acuífero y características hidrogeológicas, determinación de las características principales del acuífero.
- Caudal máximo aprovechable del acuífero, determinado en época de sequía.
- Estudios de suelos en el sector.
- Catastro de otras explotaciones subterráneas en la zona de influencia del acuífero.
- Determinación de las posibles fuentes de contaminación del acuífero.

3.2.4.2 Criterios de diseño

La ubicación del sitio de captación deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Asegurar la conservación de la calidad del agua y evitar contaminación, razón por la cual al captación deberá ubicarse al menos a 10 m de cualquier otra estructura y en una cota superior a cercanas letrinas o campo de infiltración de efluentes de tratamiento de aguas servidas.
- Localizarse a una distancia mínima de 30 m de letrinas o campos de infiltración.

3.2.5 Captaciones de vertientes

3.2.5.1 Información básica

- Plano topográfico del sitio
- Caudal de la vertiente, determinado en época de sequía.
- Estudios de suelos

3.2.5.2 Criterios de diseño

- Las estructuras de captación no deben alterar las condiciones hidráulicas del acuífero.
- La descarga del acuífero en las estructuras de captación deberá ser libre.
- El acuífero será protegido contra la erosión.
- Las estructuras no deben permitir el ingreso de luz.
- Deberá evitarse cualquier tipo de contaminación y proteger las estructuras contra el vandalismo.

3.2.6 Captaciones mediante galerías de infiltración o con sistema de drenaje

Estos sistemas son apropiados en los siguientes casos:

- Cuando los afloramientos de agua no sean puntuales sino que se hallen diseminados en un área.
- Cuando se desea captar agua de lechos aluviales cercanos a fuentes de recarga como ríos, lagos embalses, etc.

3.2.6.1 Información básica

- Plano topográfico del sitio
- Caudal total de los varios puntos de afloramiento
- Estudios de suelos

3.2.6.2 Criterios de diseño

- La galería debe funcionar a flujo libre.
- Debe existir una capa de material granular filtrante entre el acuífero y el sistema de drenaje.
- El sistema debe protegerse contra el vandalismo y la contaminación.
- Se evitará la entrada de luz, tanto en las galerías como en sitios de recolección.
- Para los drenes e interconexiones se recomienda tuberías de 100 mm de diámetro.
- Es conveniente diseñar canaletas de desvío del escurrimiento superficial.

3.3 Diseño de conducciones

3.3.1 Información básica

- Plano topográfico y perfil de la ruta seleccionada.
- Estudios de suelos y si es del caso estudios geológicos para determinar la estabilidad del terreno.
- Calidad físico-química del agua a ser conducida.

3.3.2 Criterios de diseño

- La conducción estará dotada de tanques rompedores, válvulas de compuerta, de aire, de purga y además accesorios que garanticen un continuo funcionamiento y permitan una eficiente operación y mantenimiento.
- Deberán diseñarse estructuras como anclajes, tensores, etc. que permitan mantener la estabilidad física de la tubería.

3.4 Diseño de sistemas de tratamiento

3.4.1 Información básica

- Plano topográfico detallado del sitio
- Estudios de suelos
- Análisis de la calidad del agua cruda

3.4.2 Criterios de diseño

- Los procesos de tratamiento garantizarán que el agua tratada cumpla los requisitos de calidad estipulados para el agua potable. Especial énfasis debe darse al cumplimiento de los parámetros I y II, según se especifica en las normas de diseño. (turbiedad, cloro residual, pH coliformes fecales, color, olor y sabor)
- El sistema debe protegerse contra el vandalismo y la contaminación.
- Antes de la entrada del agua a las unidades de tratamiento, deberá preverse una estructura para aforo del caudal.
- Deberá preverse de una área para almacenamiento de materiales y herramientas, con las respectivas seguridades, así como vivienda para el guardián, de ser necesario.
- Deben considerarse procesos simples, de tal manera que no se requiera personal especializado para su operación y mantenimiento.
- En el diseño se evitará en lo posible la utilización de equipo móvil o que requiera de energía externa para su operación.
- La operación y mantenimiento de cada una de las unidades estarán perfectamente definidas a través de sendos manuales escritos en forma sencilla que permita una fácil comprensión e interpretación en el medio rural.

3.4.3 Procesos de tratamiento

De manera general, dependiendo del tipo de fuente, se recomienda considerar los procesos de tratamiento indicados en el Cuadro 3.1

CUADRO 3.1
PROCESOS DE TRATAMIENTO SUGERIDOS EN FUNCION
DEL TIPO DE FUENTE DE ABASTECIMIENTO

FUENTE	PROCESOS DE TRATAMIENTO
- Pozo somero	Desinfección
- Pozo profundo	Disposición de hierro, CO ₂ y desinfección.
- Vertientes	Desinfección
- Superficiales	Prefiltración, filtración lenta y desinfección

3.5 Diseño del almacenamiento

3.5.1 Información básica

- Plano topográfico detallado del sitio
- Estudios de suelos

3.5.2 Criterios de diseño

- En lo posible deberán utilizarse los diseños tipo preparados por el IEOS.
- El tanque deberá diseñarse de manera que su forma proporcione la máxima economía, considerando los costos de cimentación, estructura y utilización de área.
- El fondo del tanque se localizará por lo menos a 0.50 m sobre la cota del nivel freático o de la máxima cota de inundación, en caso de existir esa posibilidad.
- En el caso de que el tanque sea construido, en su totalidad o parcialmente, bajo el nivel del suelo, la distancia mínima a una alcantarilla de aguas servidas, será de 30 m.
- Toda el área de implantación del almacenamiento, debe estar protegida del escurrimiento superficial.
- La cimentación del tanque se diseñará sobre drenes que descarguen libremente a una caja de revisión y de ésta a un curso superficial.

3.6.2 Criterios de diseño

Para el diseño de las redes de distribución se recomienda considerar lo siguiente:

- Se procurará que las presiones dinámicas sean lo más homogéneas, para propiciar un consumo igual de todos los usuarios y evitar los desperdicios y fugas en puntos de elevada presión.
- En caso de que en determinados sectores existan presiones altas, deberá dotarse a la conexión domiciliar de un dispositivo para reducir la presión de servicio intradomiciliar.
- Se ubicarán válvulas de purga en los puntos bajos de la red, así como las llaves de evacuación de aire en sus puntos altos.
- Los tanques rompe presión en la red, deberán tener una válvula flotadora en la entrada, para evitar el desperdicio de agua tratada.
- Deberá reducirse al mínimo indispensable el número de válvulas en la red.

En el diseño de unidades para abastecimiento público, es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- Las llaves públicas estarán ubicadas sobre una base sólida que permita el sostén de los recipientes. La altura de las llaves será de aproximadamente 0.50 m.
- El grifo será empotrado en muro o pedestal que permita su seguridad física y sanitaria.
- La válvula o llave especificada será de servicio continuo y pesado.
- Cada llave estará provista además de una válvula de paso sin volante, que permita suspender el servicio.
- Alrededor de la plataforma se diseñará un sistema de desagüe que facilite el drenaje de aguas.
- El tanque de almacenamiento en unidades de agua estará equipado con válvula flotadora y válvula de paso a la entrada y salida.
- Se diseñará un sistema de drenaje que conduzca al agua utilizada hasta un curso de agua o un campo de infiltración.

4. SISTEMAS DE DISPOSICION DE EXCRETAS Y RESIDUOS LIQUIDOS

4.1 Sistemas de disposición de excretas

4.1.1 Información básica

- Preferencias de la gente.
- Materiales de construcción disponibles en la zona.
- Forma de abastecimiento de agua.
- Características del suelo en cuanto a capacidad de infiltración, estabilidad y posición del nivel freático.
- Usos del agua subterránea en las áreas adyacentes al proyecto.

4.1.2 Criterios de diseño

- El tipo de letrina deberá seleccionarse a base de las preferencias de la gente, su capacidad económica para solventar parte de los costos de la construcción de la letrina, la forma de abastecimiento de agua y las características del suelo.
- Las excretas no deben estar accesibles a ningún tipo de vector biológico.
- Los sistemas de disposición de excretas deben estar libres de olores y por lo tanto suficientemente ventilada.
- La superficie interior de la caseta no será menor a 1.0 m²
- La altura mínima de la caseta será 1.9 m.
- El piso será en lo posible de concreto y estará a una altura de 0.20 m sobre el nivel del terreno.
- Los materiales utilizados en la construcción deberán garantizar la durabilidad a las condiciones climáticas locales.
- Exteriormente se diseñarán canaletas para drenaje de las aguas de lluvia.
- Es aconsejable que la distancia entre la letrina y la vivienda sea definida conjuntamente con el usuario.
- La letrina debe localizarse aguas abajo de cualquier fuente de abastecimiento de agua.

- Se recomienda observar el manual sobre letrinas familiares y escolares para el áreas rural preparado por el IEOS.

4.2 Sistemas de disposición de residuos líquidos

4.2.1 Información básica

- Plano topográfico detallado de la localidad y del área para implantar las unidades de tratamiento y descarga
- Perfiles de la nivelación geométrica de las calles y emisario.
- Estudios de suelos en la red y en el área para implantar las unidades de tratamiento.
- Información sobre la posibilidad de que existan conexiones ilícitas o aguas de infiltración, para adoptar estos parámetros de diseño.
- Características de las aguas residuales a ser tratadas.

4.2.2 Criterios de diseño de la red

- Las tuberías seguirán en lo posible la pendiente del terreno.
- Se recomienda que el caudal de diseño para los diferentes tramos se calcule en función del caudal máximo horario, afectado por un coeficiente de mayoración:

$$Q_d = M * Q_{MH}$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño

M : Coeficiente de mayoración

Q_{MH} : Caudal máximo horario de aguas residuales

El coeficiente M , puede ser calculado con la siguiente ecuación:

$$M = a/P^b$$

Donde:

a, b : Coeficientes a obtenerse en base a experiencias de campo.

P : Población en miles de habitantes

- Se recomienda considerar además de las tuberías de hormigón simple, otros tipos de material, como es el caso de tuberías plásticas, de PVC, etc.

- Debe preverse algún dispositivo en la caja de revisión de la conexión domiciliaria para evitar la entrada de sólidos gruesos a las tuberías de la red. Estos dispositivos pueden ser: una rejilla, un sifón o la combinación de los dos.

4.2.3 Sistemas de alcantarillado sanitario no convencionales

Se diseñarán sistemas de alcantarillado especial cuando la población tenga capacidad económica, financiera y administrativa para asumir las responsabilidades de construcción operación y mantenimiento de la red y del sistema de tratamiento de las aguas servidas.

4.2.4 Sistemas de tratamiento

El sitio seleccionado para implantar las unidades de tratamiento y para realizar la descarga, deberá seleccionarse de mutuo acuerdo con los habitantes de la población.

El sistema de depuración adoptado debe ser de tecnología simple, de manera que pueda ser operado por la comunidad. Debe darse especial importancia a la eficiencia de remoción de microorganismos patógenos, sin necesidad de recurrir a utilización de agentes químicos.

Antes de establecer el sistema de tratamiento, deberá considerarse las limitaciones de orden técnico y económicas de la localidad. Normalmente las principales son:

- Limitados recursos financieros para la construcción
- Insuficiente preparación del personal de operación
- Reducidas o nulas recaudaciones para operación y mantenimiento
- Insuficiente capacidad administrativa

Por lo tanto el sistema de tratamiento estará diseñado tomando en cuenta todos los aspectos mencionados anteriormente. Fundamentalmente, contemplará los siguientes criterios:

- Ser de fácil y bajo costo de operación
- Que no contemple equipo especial o importado
- Que pueda ser operado y mantenido al mínimo costo y con personal con reducidos conocimientos técnicos
- Que presente facilidad y seguridad en el manejo de los lodos y del efluente
- Que requieran un mínimo número de parámetros ,para su evaluación en períodos largos de tiempo.

Bajo estas circunstancias el tratamiento se limitará a reducir la carga orgánica y microorganismos patógenos a niveles que el medio ambiente permita asimilarlos sin provocar su contaminación.

Por tanto, los métodos más adecuados para el tratamiento de aguas crudas como de aquellas provenientes de unidades de retención de sólidos son:

- Lagunas de estabilización.
- Procesos anaerobios, principalmente filtros biológicos o reactores con manto de lodos.
- Aplicación al terreno

Una vez que se hayan estabilizado los lodos procedentes de los procesos mencionados, deberán tener un tratamiento acorde a la tecnología utilizada. Los procesos más aplicables son:

- Reducción de la humedad en lechos de secado.
- Aplicación del lodo deshidratado en el terreno, para que cumpla la función de acondicionador del mismo.

En cada comunidad, de acuerdo con sus propias características y disponibilidades de área de terreno, cuerpos receptores, etc., se deberá escoger uno de los métodos de tratamiento indicados, tomando en cuenta el destino final que deberá darse al efluente.

4.2.4.1 Lagunas de estabilización

Es la opción normalmente recomendada para países en desarrollo y fundamentalmente en el área rural.

En general, se recomiendan lagunas facultativas por la facilidad de los procesos de operación y mantenimiento.

Las lagunas anaerobias son más susceptibles de presentar problemas, debido a los olores desagradables que se generan como consecuencia de su acidificación, causada por la suspensión del proceso metanogénico ante pequeños cambios ambientales.

Aunque en las lagunas de estabilización, se reduce notablemente la carga orgánica y la concentración de microorganismos patógenos, el efluente deberá ser manejado con cuidado, por cuanto todavía representa un riesgo para la salud, y deberá disponerse de manera que no contamine el ambiente.

Si las condiciones económicas y de disponibilidad de espacio lo permiten, se diseñarán lagunas de maduración en serie, para minimizar el contenido de microorganismos patógenos.

4.2.4.2 Procesos anaerobios

Su operación y mantenimiento suelen ser más delicados que en el caso de las lagunas, razón por la cual conviene considerarlos solo en el caso de no existir espacio suficiente para la construcción de lagunas.

El tamaño del reactor es mucho menor que el de las lagunas, consecuentemente es de esperar que las condiciones ambientales varíen muy poco.

Al igual que las lagunas, tienen una capacidad de reducción de la carga orgánica y de microorganismos patógenos de alrededor del 80%, en consecuencia, los efluentes deben ser manejados con mucho cuidado.

4.2.4.3 Aplicación en el terreno

El suelo es un excelente reactor para remover contaminantes, sin embargo, el agua contaminada, debe ser aplicada en forma técnica, de lo contrario, se corre el riesgo de convertirlo en un sistema peligroso para la salud pública.

La aplicación en el terreno debe cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- Previa a su aplicación, el agua debe tener al menos un tratamiento primario que remueva los sólidos suspendidos.
- Cuando la aplicación en el terreno constituya riesgos a los cultivos, podrá efectuarse solo en aquellos de tallo alto y/o productos industrializables.
- La carga orgánica y el método de aplicación, serán tales que garanticen en el suelo un ambiente fundamentalmente aerobio.
- Los operadores del sistema deben estar conscientes del peligro que involucra el contacto directo con estas aguas, de tal manera que se tomen las debidas precauciones.
- Se deberá instruir al personal, la forma de operación durante la cosecha de los productos, evitando su contaminación.

4.2.4.4 Manejo del lodo estabilizado

El lodo estabilizado proviene de las lagunas de estabilización o de los procesos anaerobios. Su estabilización se produce por la acción de procesos anaerobios, obteniéndose como producto final un lodo mineralizado.

Se considera que un lodo está estabilizado, cuando se cumple la relación:

$$\text{SSV/SST} < 0.3$$

Donde:

SSV: Sólidos en suspensión volátiles

SST: Sólidos en suspensión totales

Lo cual implica que un porcentaje igual o mayor al 70% constituye material mineralizado, es entonces cuando debe realizarse la última etapa de tratamiento que consiste en la deshidratación, antes de su destino final.

4.2.4.5 Deshidratación del lodo estabilizado

Este proceso es indispensable para facilitar el manejo del lodo por cuanto se reduce substancialmente su volumen y el material se torna manejable.

Es importante indicar que el manejo del lodo debe realizarse con mucha precaución, puesto que todavía contiene gran cantidad de microorganismos.

El lodo estabilizado y deshidratado puede ser aplicado como material para acondicionar el suelo. Su aplicación se realizará por lo menos con un mes de anticipación a la siembra de cultivos que sean de tallo alto y que no sean consumidos crudos.