

5. TRATAMIENTO PRIMARIO

| | |
|---------------------------|----|
| Introducción..... | 2 |
| Fosas sépticas. | 3 |
| Tanques Imhoff. | 9 |
| Decantación primaria..... | 14 |

Introducción

El Real Decreto-Ley 11/95 define Tratamiento Primario como *“el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO5 de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50%”*.

Los tratamientos primarios tienen como objetivos:

- Retirar del agua residual la mayor parte de los sólidos en suspensión sedimentables.
- Eliminar del agua residual los objetos flotantes y algunas grasas que hayan pasado del pretratamiento.

Como se ha apuntado anteriormente, los procesos que satisfacen los objetivos del tratamiento primario son de tipo químico o físico.

Los fenómenos químicos se basan en fenómenos de coagulación-floculación que se consiguen mediante la adición de productos químicos. En una primera fase (coagulación), la adición de unos productos químicos (sulfato de alúmina, sulfato cúprico) en dosis determinadas en laboratorio (100-300 g/m³ de agua residual) persiguen la neutralización de las cargas de determinadas partículas. En una segunda fase (floculación), la adición de otros productos químicos (sustancias orgánicas) propicia la agregación de las partículas neutralizadas en flóculos o partículas de mayor tamaño. En una tercera fase, estos flóculos se depositan en el fondo del depósito en el que se realiza el tratamiento primario.

Los fenómenos físicos son los más empleados dada la menor complejidad que los químicos. Los físicos se basan en el fenómeno de decantación o sedimentación.

En el caso de pequeñas poblaciones urbanas, los tratamientos primarios más empleados son las fosas sépticas, los tanques Imhoff y los decantadores primarios.

Fosas sépticas.

Descripción y funcionamiento

Son unos dispositivos muy empleados para realizar un tratamiento primario a las aguas residuales procedentes de pequeñas poblaciones. Reducen el contenido de sólidos en suspensión (tanto sedimentables como flotantes) de las aguas residuales.

Los procesos que acontecen en estos dispositivos son:

- Físicos: los sólidos sedimentables, por la acción de la gravedad, van depositándose en el fondo de la fosa séptica (constituyendo los fangos). En superficie se van acumulando los flotantes (aceites y grasas).
- Biológicos: los sólidos que se acumulan en el fondo de la fosa contienen una fracción orgánica que experimenta reacciones de degradación anaeróbica, reduciendo su volumen y desprendiendo biogás (principalmente una mezcla de metano y dióxido de carbono y, en menor proporción, ácido sulfhídrico, mercaptanos,...).

Existen numerosas variantes de este sistema, entre las que destacan: fosa séptica de uno, dos o tres compartimentos.

- Fosa séptica con un solo compartimento.

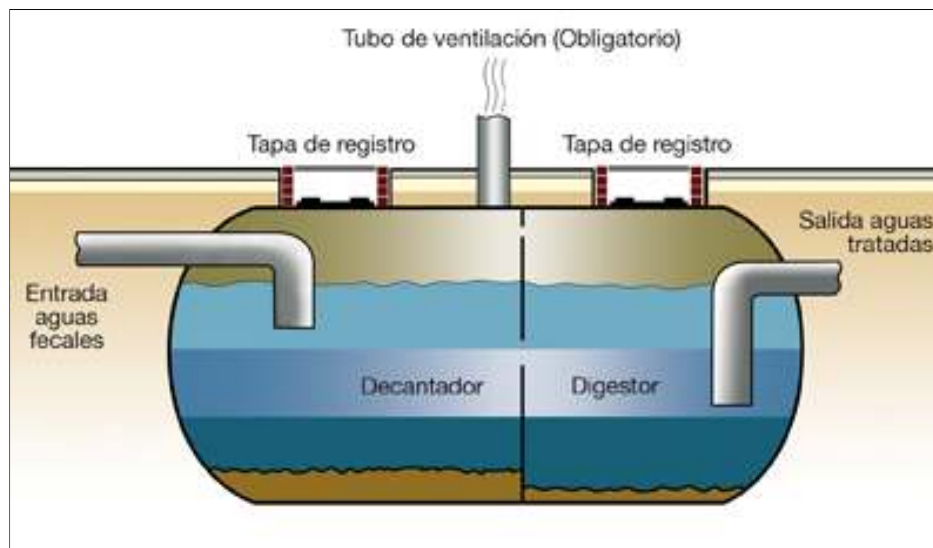
En un único compartimento acontecen los procesos citados anteriormente, sedimentación de sólidos sedimentables (constituyendo el fango) y flotación de sustancias más ligeras que el agua (espuma, aceites y grasas).

El inconveniente de contar con un único compartimento es que las burbujas de biogás procedentes de la fermentación del fango pueden interferir en el proceso de sedimentación.

- Fosa séptica con dos compartimentos.

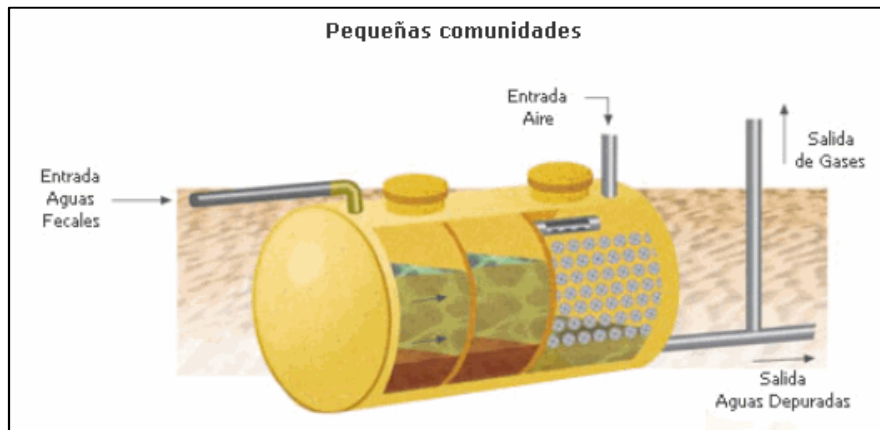
En ambos compartimentos acontecen los procesos de sedimentación y flotación. En el segundo compartimento, al haber menor concentración de sólidos sedimentables que en el primero, se dan mejores condiciones que en el primero para la sedimentación dado que la producción de biogás es inferior.

La comunicación entre ambos compartimentos se realiza a través de un orificio ubicado en un punto intermedio de la fosa con objeto de evitar el paso de la capa de flotantes y fangos del primer al segundo compartimento.



- Fosa séptica con tres compartimentos.

Existe otra posibilidad y es disponer una fosa séptica de tres compartimentos. En los dos primeros acontecen los procesos de decantación, degradación anaerobia y flotación. En el tercer compartimento, y de cara a aumentar los rendimientos de eliminación de contaminantes, puede disponerse un filtro percolador. En este tercer compartimento, el efluente procedente del segundo compartimento se reparte por la parte superior de un filtro percolador o volumen de material inerte (normalmente piezas de plástico de alta superficie de contacto o gravas de una granulometría determinada) sobre cuya superficie se forma una película biológica que metaboliza la materia orgánica que transportan las aguas residuales.



Ventajas e inconvenientes

Ventajas:

- Bajos costes de explotación y mantenimiento. La tarea fundamental de explotación es la extracción periódica de los lodos digeridos.
- Las fosas sépticas prefabricadas son de rápida ejecución e instalación.
- Consumo energético nulo.
- Constituyen el tratamiento previo de muchas de las tecnologías no convencionales.
- Al ejecutarse bajo el terreno no produce impacto visual.

Inconvenientes:

- Efluentes sépticos debido a los bajos rendimientos en reducción de carga orgánica y de patógenos (se precisan tratamientos secundarios).
- Escasa estabilidad frente a sobrecargas hidráulicas.
- Acumulación de aceites y grasas en superficie.
- Generación de malos olores si no se mantienen adecuadamente.

Rango de aplicación

El límite de utilización se establece en los 300-500 habitantes-equivalentes, si bien, conviene complementarlo con otra tecnología de tratamiento.

Criterios constructivos

Se presentan a continuación una serie de recomendaciones:

- Las fosas sépticas pueden construirse in situ (depósitos de hormigón armado) aunque hay tal variedad de equipos prefabricados en el mercado que es muy probable que alguno se adapte a nuestras necesidades.
- Normalmente se instalan enterradas en el terreno, a una distancia de 10-20 metros de la fuente del agua residual, al aire libre (nunca en un lugar cerrado) y a una distancia prudencial de grandes árboles con raíces de gran y potente desarrollo. Además, para evitar posibles contaminaciones, la fosa séptica se debe ubicar siempre más baja que los pozos y fuentes de agua potable cercanos y a una distancia mínima de 30 m de los mismos.
- La excavación será, en planta, 50 cm superior a las dimensiones de la fosa a cada lado y no deberá contar el plano de la excavación con ningún borde o canto cortante.
- Si el terreno es de buena resistencia mecánica, la fosa se instalará en el fondo de la excavación sobre una cama de arena compactada. Sin embargo, si el terreno es de escasa resistencia mecánica, la fosa se instalará sobre una solera de hormigón armado HA-25, de 20 cm de espesor, armada tanto en la parte superior como inferior con un mallazo de redondos de 12 mm en retícula de 30x30 cm. La solera se ubicará sobre una capa de hormigón de limpieza de 5 cm de espesor.
- El relleno de la excavación, una vez instalada la fosa, seguirá las prescripciones del fabricante.
- Las conexiones de entrada y salida serán flexibles (juntas de caucho o elastómero) para prevenir los asentamientos. Con el ajuste final de las conexiones de todas las tuberías, la instalación debe resultar estanca.
- La fermentación biológica (degradación anaerobia de los fangos) que tiene lugar en el fondo de la fosa genera gases (metano, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico, mercaptanos) y olores desagradables que hay que evacuar convenientemente mediante un sistema de ventilación.
- A las recomendaciones citadas habría que añadir las que proporcione el fabricante.

Parámetros de diseño

| Parámetros | Valores |
|---|------------|
| Velocidad ascensional a Q_{med} (m/h) | $\leq 1,5$ |
| Tiempo de retención hidráulica (día) | 2-3 |

Además:

- Cuando la fosa séptica conste de dos compartimentos, se recomienda que el primero ocupe un 66% del volumen total y cuando sean tres compartimentos, el primero no ocupará un volumen superior al 50% del volumen total y los dos restantes se repartirán a partes iguales el volumen restante.
- La altura útil del agua en el interior de los compartimentos oscila entre 1,2 y 1,7 m, dejando un resguardo de 0,3 m en la parte superior.
- La longitud total de la fosa séptica será de 2 a 3 veces la anchura de los compartimentos.

En el caso de que queramos construir in situ la fosa séptica, se explica el proceso de cálculo del volumen útil de la misma.

El volumen útil viene dado por:

$$V_{\text{útil}} = V_{\text{decantación}} + V_{\text{almacenamiento}} + V_{\text{libre o de resguardo}}$$

El volumen de decantación es el preciso para que produzca dicho proceso y viene dado por:

$$V_{\text{decantación}}(m^3) = Q_{\text{med, res}}(m^3/día) \times t_{\text{retención}}(días)$$

El volumen de almacenamiento cuantifica la pérdida de volumen efectivo de la fosa por la acumulación de fangos. Se considera una producción media de fangos de 0,15 m³/habitante x año y una cadencia en la limpieza de fosas sépticas de 1 a 3 años. El volumen viene dado por:

$$V_{\text{almacen.}} = 0,15 \left(m^3/habx\text{año} \right) \times Poblac. (habitantes) \times Limpieza fosa (años)$$

El volumen libre o de resguardo es el que hay que dejar en la parte superior de la fosa. Se suele adoptar un resguardo de 30 cm y su Volumen supone un 30% del volumen útil

En cualquier caso, cabe mencionar que es habitual recurrir al empleo de fosas sépticas prefabricadas, generalmente construidas con materiales plásticos, siendo necesario únicamente especificar la población equivalente a tratar.

Rendimientos del dispositivo:

| Parámetro | % Reducción |
|--------------------|-------------|
| SS | 50-60 |
| DBO ₅ | 20-30 |
| DQO | 20-30 |
| N | 10-20 |
| P | 0-5 |
| Coliformes Fecales | 50-75 |

La producción de fangos o lodos se puede estimar en 0,2 m³/habitante x año

Tanques Imhoff.

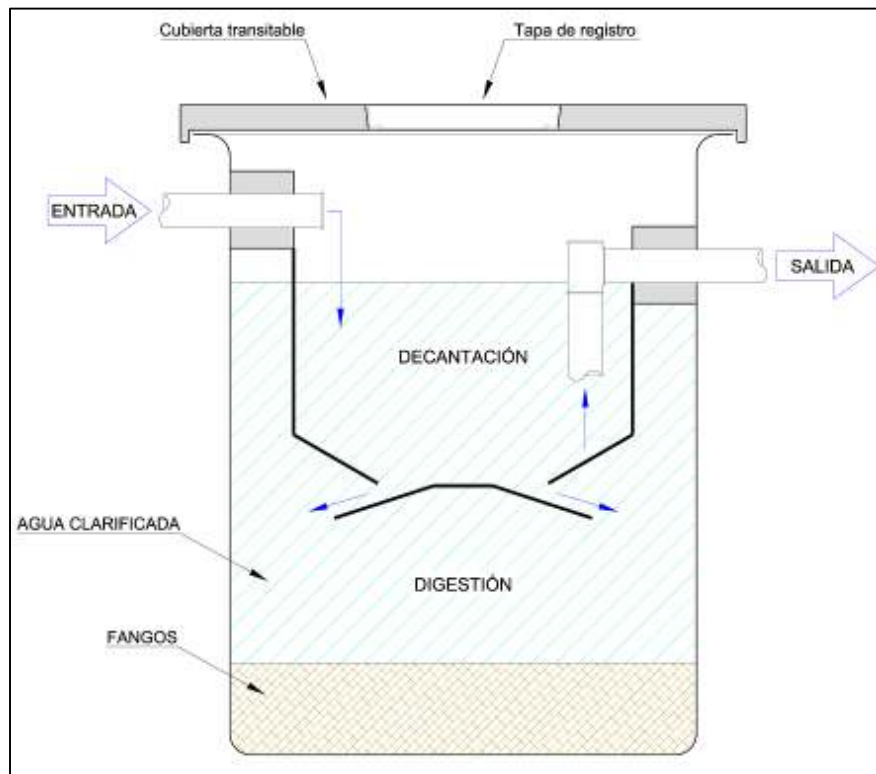
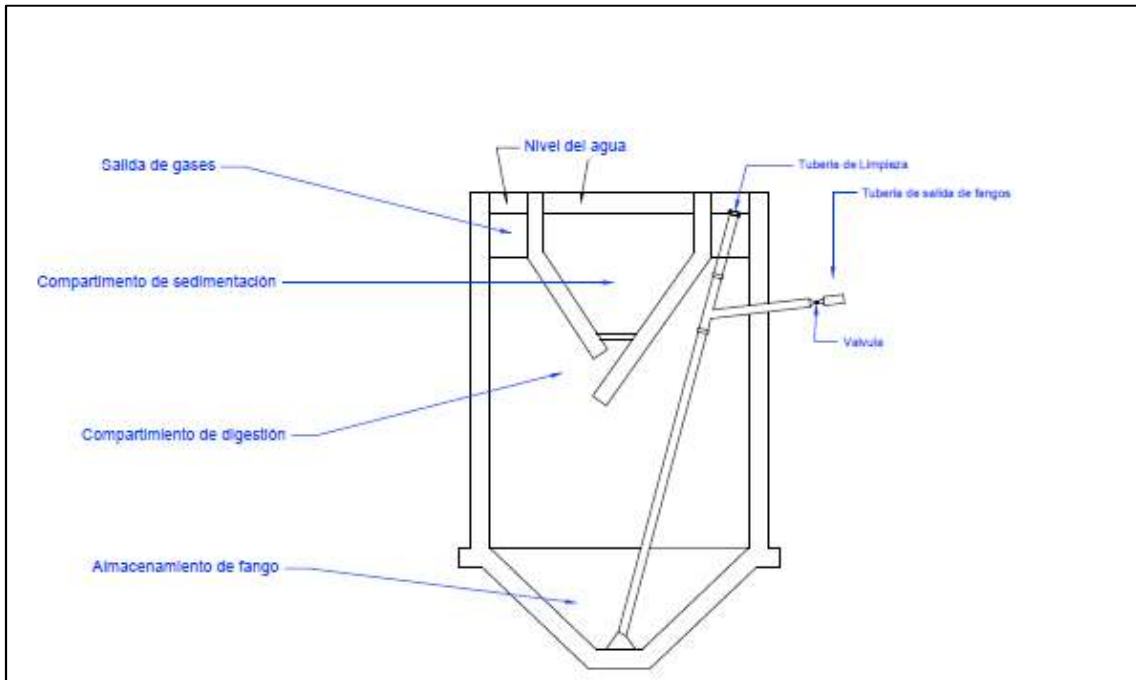
Descripción y funcionamiento

Al igual que las fosas sépticas, son unos dispositivos muy empleados para realizar un tratamiento primario a las aguas residuales procedentes de pequeñas poblaciones. Reducen el contenido de sólidos en suspensión (tanto sedimentables como flotantes) de las aguas residuales.

Constan de un único depósito en el que están separadas la zona de sedimentación y la de digestión. En la parte superior acontece la sedimentación o decantación de partículas sedimentables y en la inferior la degradación anaeróbica (mineralización de la fracción orgánica de los sólidos sedimentados en la parte superior del tanque).

En el caso de las fosas sépticas se vio que la existencia de un segundo compartimento disminuía las interferencias entre los procesos de sedimentación y degradación anaeróbica. En los tanques Imhoff el diseño de la apertura que comunica ambas zonas impide el acceso del biogás producido en la zona inferior del tanque y, en consecuencia, su interferencia al proceso de sedimentación que acontece en la parte superior del tanque.

Los procesos que acontecen en estos dispositivos son los mismos que en las fosas sépticas: físicos (sedimentación de sólidos sedimentables y flotación de aceites y grasas) y biológicos (degradación anaeróbica o mineralización de la fracción orgánica de los sólidos sedimentados).



Ventas e inconvenientes

Ventajas:

- Consumo energético nulo.
- Bajos costes de explotación y mantenimiento.
- Rápida instalación del dispositivo en el caso de las unidades prefabricadas.
- Ausencia de averías electromecánicas.
- Constituyen el tratamiento previo de muchas tecnologías no convencionales.
- Cuando se ejecutan enterrados no producen impacto visual.

Inconvenientes:

- Bajos rendimientos de eliminación de contaminantes, por lo que los efluentes precisan tratamientos posteriores.
- Acumulación de grasas y aceites en la superficie.
- Escasa estabilidad frente a sobrecargas hidráulicas.
- Riesgo de contaminación de aguas subterráneas en caso de construcción deficiente.

Rango de aplicación

El límite de aplicación suele fijarse en 300-500 habitantes. También puede ampliarse el rango con la instalación de varios módulos aunque hay que precisar que es necesario complementarlos con otras tecnologías de tratamiento (los tanques Imhoff suelen emplearse como tratamiento previo a sistemas de aplicación al terreno y como tratamiento primario previo a Humedales Artificiales, Contactores Biológicos Rotativos o Lechos Bacterianos).

Criterios constructivos

- Los tanques Imhoff pueden ser circulares o rectangulares, siendo en estos últimos la relación longitud:anchura más habitual de 3:1.
- El agua residual se introduce en el tanque por la zona de decantación, la cual cuenta con un deflector (sumergido 30 cm) para evitar la salida de la misma de sustancias flotantes
- Las paredes inferiores de la zona de sedimentación presentan pendientes 1,5:1, sobresaliendo uno de los laterales unos 25 cm con objeto de evitar la entrada de gases y fangos. La apertura de la conexión entre las zonas de decantación y de digestión es de 25 cm.
- Desde la superficie de agua se deja un resguardo de 60 cm.
- Se instala una tubería en la zona de digestión con objeto de extraer periódicamente los fangos acumulados.
- Los tanques Imhoff construidos in situ son de hormigón armado (con espesores del orden de 10 cm) y los prefabricados suelen ser de materiales plásticos (PE, PRFV) con un espesor de 6 mm.
- Si se opta por la ejecución in situ de un tanque Imhoff de hormigón armado hay que tratar ese hormigón con agentes protectores dado que el ácido sulfhídrico puede dar lugar a ácido sulfúrico.
- En el fondo de la excavación se extenderá una capa de hormigón de limpieza de 5 cm de espesor y sobre ésta una losa de hormigón armado HA-25, de 20 cm de espesor, armada tanto en la parte superior como inferior con un mallazo de redondos de 12 mm en retícula de 30x30 cm. Una vez nivelado el tanque y situado sobre la losa se procede al relleno del foso. Hasta una altura de 1/3 del tanque se rellenará con hormigón en masa y el resto con arena o gravilla fina lavada, cribada y libre de polvo, sin arcilla ni materia orgánica y totalmente libre de objetos pesados gruesos que puedan dañar el depósito
- En el caso de instalar varios equipos, la distancia entre los tanques debe ser como mínimo de 4 m.

Parámetros de diseño

El dimensionamiento de las zonas de decantación y de digestión se lleva a cabo en función de criterios diferentes:

- Zona de decantación:

| Parámetros | Valores |
|--|---------|
| Velocidad ascensional a $Q_{m\acute{a}x}$ (m/h) | 1,0-1,5 |
| Tiempo de retención hidráulica a $Q_{m\acute{a}x}$ (h) | 1,5-2,0 |

- Zona de digestión:

| Parámetros | Valores |
|---|---------|
| Tiempo mínimo de digestión del fango (mes) | 6 |
| El valor recomendado para la zona de digestión es de 0,07 m³/hab-eqx año (Metcalf&Eddy, 2000) | |

En cualquier caso, cabe mencionar que es habitual recurrir al empleo de tanques Imhoff prefabricados, generalmente contruidos con materiales plásticos, siendo necesario únicamente especificar la población equivalente a tratar.

Rendimientos del dispositivo

| Parámetro | % Reducción |
|---------------------------|-------------|
| SS | 60-70 |
| DBO₅ | 30-40 |
| DQO | 30-40 |
| N | 10-20 |
| P | 0-5 |
| Coliformes Fecales | 50-75 |

Decantación primaria.

Descripción y funcionamiento

Dispositivo en el que se introduce el agua residual con objeto de eliminar gran parte de los sólidos sedimentables y materias flotantes aprovechando la acción gravitatoria.

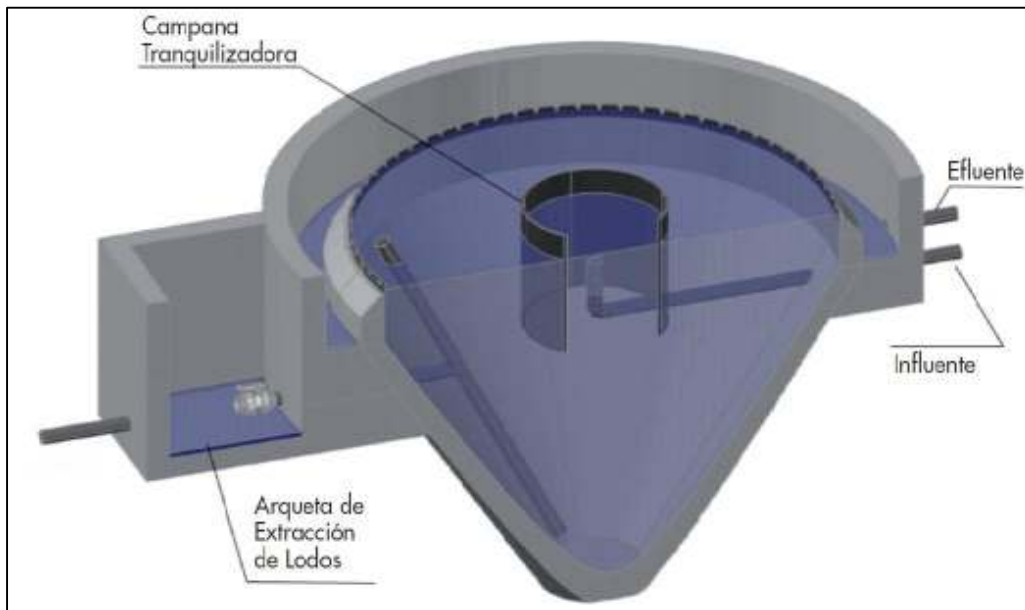
Este sistema de depuración se utiliza como tratamiento primario de las aguas residuales como etapa previa a otros sistemas de depuración.

Los decantadores primarios pueden ser estáticos o dinámicos.

- Decantadores estáticos: sin partes mecánicas.
 - o Decantadores cilindrocónicos: se emplean para caudales pequeños (20 m³/h), en poblaciones inferiores a 2000 habitantes.
 - o Decantadores lamelares: emplean un elemento físico (lamela), que se dispone inclinado con objeto de que las partículas choquen y se deslicen contra él. Con la inclusión de este elemento se consigue un ahorro en volumen de decantación.

- Decantadores dinámicos: tienen elementos electromecánicos para recoger flotantes y evacuar fangos. Pueden ser rectangulares o circulares.

En poblaciones pequeñas, especialmente en las de menos de 1000 habitantes, se suele sustituir la decantación primaria por una decantación-digestión (tanques Imhoff) para garantizar la digestión de los fangos producidos.



Ventajas e inconvenientes

Ventajas:

- Bajos costes de explotación y mantenimiento.
- Facilidad en la instalación de decantadores prefabricados.
- Bajo impacto visual (suelen estar parcialmente enterrados) y sonoro (especialmente los estáticos).

Inconvenientes:

- No favorece el proceso de digestión de los fangos producidos (únicamente su decantación).
- Escasa estabilidad frente a sobrecargas hidráulicas.
- Impacto por olores, especialmente cuando no se gestionan bien los lodos.
-

Rango de aplicación

De 500-2000 habitantes.

Criterios constructivos (decantadores estáticos cilindrocónicos)

Geometría del decantador:

- En decantadores circulares (los más utilizados), la relación radio/altura es de 2,5-8,0.
- El calado es de 2,0-3,0 m.
- Las pendientes de las paredes de los decantadores estáticos cilindrocónicos son del orden del 45-65% con objeto de facilitar la acumulación de fangos en el fondo del decantador. Los decantadores dinámicos no necesitan pendientes tan acusadas (2% aproximadamente) dado que los elementos electromecánicos que van barriendo la superficie y fondo del decantador facilitan la acumulación de los fangos producidos en el fondo del mismo, en un compartimento denominado poceta de fangos.

Materiales de construcción:

Pueden construirse en hormigón armado aunque dadas las pequeñas dimensiones de los requeridos para pequeñas poblaciones se instalan con mucha frecuencia los decantadores prefabricados contruidos en materiales plásticos (PRFV).

Entrada y salida del agua residual.

- En decantadores circulares, la entrada del agua residual se produce por el centro de los mismos y la salida por un canal periférico.

- El diseño del sistema de entrada y salida del agua es fundamental para el correcto funcionamiento del decantador. Ante todo debe garantizarse una distribución equitativa del caudal (tanto en la entrada como en la salida) y la minimización de las perturbaciones a la masa de agua en decantación.
- La campana deflectora garantiza la disipación de energía del agua entrante al decantador y que ésta pudiera perturbar el normal funcionamiento del mismo. De ahí que se denominen también campanas tranquilizadoras.
- La salida del agua del cuerpo del decantador hacia el canal periférico se realiza a través de un vertedero, siendo el triangular el más empleado. Normalmente el vertedero suele ser de aluminio o acero inoxidable. También suele instalarse una chapa deflectora para retener flotantes.





Producción y extracción de fangos.

- Los fangos, en decantadores estáticos, se van acumulando y almacenando en el fondo de los mismos debido a la acción gravitatoria y ayudados por la pendiente de las paredes. La extracción o purga de fangos tiene lugar de forma periódica (mediante el empleo de bombas de fangos o, si la topografía lo permite, por medio de válvulas automáticas).
- La producción de fangos se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{Q_{med,res} \times SS_{(i)} \times \rho}{100}$$

Donde:

C es la cantidad de fangos producida diariamente en el decantador expresada en kg de materia seca/día.

$Q_{med,res}$ es el caudal medio de aguas residuales expresado en m³/día.

$SS_{(i)}$ es la concentración de sólidos en suspensión en el agua residual influente al decantador expresada en kg/m³.

ρ es el rendimiento de eliminación de sólidos en suspensión en la decantación primaria expresado en %.

Una vez conocida la masa de fangos producida diariamente, se determina su volumen mediante:

$$V = \frac{C}{\gamma \times (X/100)}$$

Donde:

V es el volumen de fangos producidos expresado en m³/día.

C es la masa de fangos producidos expresada en kg de materia seca/día.

γ es la densidad de los fangos. Se acepta que la densidad de los fangos extraídos es igual a la del agua, $\gamma = 1000 \frac{kg}{m^3}$

X es la concentración de fangos expresada en %. En fangos primarios suele estar comprendida entre el 3 y el 5%. A mayor tiempo de retención, mayor concentración.

Parámetros de diseño

| Parámetros | Valores |
|--|------------------|
| Velocidad ascensional a $Q_{m\acute{a}x}$ (m/h) | 2,0-3,0 |
| Velocidad ascensional a Q_{med} (m/h) | 0,6-2,0 |
| Tiempo de retención hidráulica a $Q_{m\acute{a}x}$ (h) | >1,5 |
| Tiempo de retención hidráulica a Q_{med} (h) | >2,5 |
| Carga sobre vertedero (m ² /h) | < 40 |
| Diámetro campana deflectora (ϕ_1) | 0,10-0,15 ϕ |
| Altura campana deflectora (h_1) | 1/3 - 1/5 h |

Fijando las velocidades ascensionales para las dos hipótesis de funcionamiento de la EDAR (caudal medio y máximo) se obtendría la superficie de decantación necesaria. Con el tiempo de retención hidráulica y los caudales se determina el volumen de decantación. Con ambos datos se puede definir la geometría del decantador. Las dimensiones máximas son 40 m de diámetro y 3 m de altura.

La última comprobación a realizar es la carga sobre vertedero que no debe superar los 40 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{xh}$ (ó m^2/h), limitación impuesta para garantizar que no se produce arrastre de los fangos decantados.

Rendimientos del dispositivo

| Parámetro | % Reducción |
|------------------------|-------------|
| SS | 60-65 |
| DBO₅ | 30-35 |