

Manual de Planificación de Alcantarillado

Octubre de 2009

Equipo de Planificación de Alcantarillado



Este “Manual para el Desarrollo de la Planificación de Alcantarillado”, fue preparado como uno de los beneficios del Proyecto de Cooperación Técnica de JICA “Desarrollo de la capacidad de ANDA para la mejora operativa”

El Equipo se estableció entre el personal de ANDA para lograr uno de los objetivos del Proyecto “Mejorar la capacidad de ANDA en el desarrollo de la planificación del Sistema de Alcantarillado”. El Equipo de ANDA preparó por primera vez un manual a través de la capacitación y asistencia de parte de los expertos de JICA.

Ya que este es el primer Manual para ANDA, pueden existir partes que requieran mayor profundización. Es importante mejorar el contenido del Manual a través de la revisión continua basado en las experiencias de la aplicación real del Manual.

Además, se espera que el Manual también sea mejorado con comentarios valiosos de personas involucradas con el desarrollo de los sistemas de alcantarillado y del medio ambiente hídrico.


Arq. Yanet Margarita Díaz
Directora Técnica



MANUAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO

INTRODUCCION

En las zonas altamente pobladas, se hace necesario el recolectar y disponer de las aguas residuales provenientes de todo lugar habitado. Además de cumplir con una necesidad sanitaria e higiénica, este proceso contribuye a mantener una calidad de vida adecuada.

La recolección, disposición y tratamiento de las aguas residuales representa un factor de costo que no responde a beneficios a corto plazo, sin embargo, la disposición de las aguas residuales es una de las necesidades más elementales a satisfacer. En El Salvador, la ANDA es la entidad estatal encargada de operar y mantener los sistemas de alcantarillado sanitario que están bajo su administración.

La ANDA fue creada en el año de 1961, por el Decreto No. 341 del Directorio Cívico Militar. En 1967, se promulgaron las primeras Normas Técnicas de ANDA y en el año de 1997 con el objeto de contar con normativa actualizada que regulara los proyectos de acueductos y alcantarillados, se le realizaron modificaciones, las cuales fueron aprobadas por Junta de Gobierno de ANDA según ACTA No. 1705 PUNTO VIGÉSIMO del 9 de Octubre de 1997.

El presente manual tiene como objetivo el dotar de herramientas básicas a los técnicos de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA, para la proyección, diseño, instalación y supervisión de redes de alcantarillado sanitario, de acuerdo a las normas técnicas de ANDA.

Tabla de Contenidos

Introducción

Capítulo 1 Planificación de Alcantarillados	1
1-1 Planificación general de alcantarillados	1
1-2 Períodos de planificación.....	1
1-3 Procedimientos generales para el desarrollo de planes de alcantarillado.....	2
1-4 Estudio de Reconocimiento-Información básica	9
1-5 Planificación de población	11
1-5-1 Proyección de población	11
1-5-2 Proyección basada en el crecimiento aritmético (lineal) de la población ..	12
1-5-3 Proyección basada en el crecimiento geométrico de la población.....	13
1-5-4 Proyección basada en el crecimiento exponencial de la población	13
1-5-5 Población en base a la densidad poblacional	15
1-6 Caudal de aguas residuales	15
1-6-1 Consumo de agua	15
1-6-2 Cálculo para caudal de aguas residuales.....	16
1-6-3 Variación de caudal de aguas residuales.....	17
1-6-4 Caudal pico de aguas residuales	18
1-6-5 Delimitación de áreas de drenaje para colectores	20
1-7 Planificación de colectores	21
1-7-1 Criterios de planificación de colectores	21
1-7-2 Tipo de sistema y trazado de la red	22
1-7-3 Separación del sistemas	22
1-8 Planificación de estaciones de bombeo.....	22
1-8-1 criterios de planificación	22

1-8-2 Área del terreno necesaria	23
1-9 Planificación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.....	23
1-9-1 criterios de planificación	23
1-9-2 Área del terreno necesaria	24
1-10 Estudios alternativos.....	25
1-11 Evaluación	25
1-11-1 Factores de evaluación.....	25
1-11-2 Análisis de multi-criterios	26
1-12 Plan de implementación.....	28
Capítulo 2 LEGISLACION PARA LA PLANIFICACION DEL ALCANTARILLADOS	30
2-1 Ley de ANDA	30
2-2 CODIGO DE SALUD	30
2-3 NSO 13.49.01:09 AGUA. AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR	31
2-4 Ley de Medio Ambiente	32
2-5 REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES.....	34
2-6 CRITERIOS DE CATEGORIZACION	38
2-7 Reglamento Especial de normas técnicas de calidad ambiental.....	41
2-8 Ley de Urbanismo y Construcción	43
2-9 Código Penal de la República de El Salvador	44
2-10 Ley de Riego y Avenamiento	44
Capítulo 3 Diseño de alcantarillado	46
3-1 Colectores.....	46
3-1-1 Caudal de diseño de colectores	46

3-1-2 Velocidad de los colectores.....	47
3-1-3 Pendiente mínima en colectores parcialmente llenos	48
3-1-4 Diámetro mínimo en colectores.....	48
3-1-5 Profundidad mínima del colector.....	48
3-1-6 Materiales para colectores	49
3-1-7 Ancho de zanja para instalación de colectores	49
3-1-8 Pozo de visita	51
3-1-9 Diámetro interno de los pozos de visita.....	52
3-1-10 Caja de inspección	53
3-1-11 Pozos de visita con cajas de sostén.....	53
3-1-12 Materiales necesarios para la construcción de un pozo de visita	54
3-1-13 Acometidas domiciliarias.....	54
3-2 Estaciones de bombeo	55
3-2-1 Diseño del Flujo.....	55
3-2-2 Diseño de la Bomba	55
3-3 Planta de tratamiento de aguas residuales.....	57
3-3-1 Diseño del Flujo.....	58
3-3-2 Pre-tratamiento o tratamiento preliminar	58
3-3-3 Tratamiento primario.....	72
3-3-4 Tratamiento secundario o biológico.....	75
3-3-5 Desinfección	99
3-3-6 Tratamiento de lodos	100
3-4 Fosa séptica.....	104
Capítulo 4 Operación y mantenimiento	107
4-1 Red de Alcantarillado Sanitario.....	107
4-1-1 Mantenimiento correctivo.....	107

4-1-2 Desobstrucción de colectores, pozos y acometidas	108
4-1-3 Reparación de colectores o acometidas fracturadas	109
4-1-4 Sustitución de colectores	109
4-1-5 Sustitución o reparación del tapón completo para pozos de visita	110
4-1-6 Programa de mantenimiento preventivo de la red de alcantarillado sanitario	110
4-2 Planta de Tratamiento para Aguas Residuales Ordinarias	111

Capítulo 5 Cronograma de futuro desarrollo del Manual de Planificación de Alcantarillados 113

Apéndice

A-1 Definiciones	114
A-2 Presentación de proyectos de alcantarillado	117

Capítulo 1 Planificación de Alcantarillados

1-1 Planificación general de alcantarillados

La planificación de alcantarillado deberá estar a cargo de personal especializado y deberá de estar de acuerdo con los planes de desarrollo urbanístico e industrial del área en donde se ubicará el proyecto. De acuerdo a las normas el alcantarillado sanitario deberá proyectarse para funcionar exclusivamente para aguas residuales, no se permite el ingreso de aguas lluvias.

Todo sistema de alcantarillado sanitario, deberá ser estudiado considerando las diferentes alternativas, con el fin de encontrar la mejor solución al menor costo económico. La mejor solución, se decidirá en base a criterios que consideren aspectos naturales, sociales, técnicos y económicos.

- Criterios de índole natural: se deberá tomar en cuenta, la capacidad del cuerpo receptor, topografía del terreno, condiciones climatológicas, extensión del área de drenaje, etc.
- Criterios de índole social: se refiere al grado de aceptación del sistema por parte de la comunidad, disponibilidad de terrenos y servidumbres, costumbres de la población, etc.
- Criterios Técnicos y económicos: se refiere a la aplicación de normas, leyes y reglamentos en la proyección de la red de alcantarillado, grado de cobertura, población a servir, fuentes de financiamiento, desarrollo por etapas, proyecciones de crecimiento, usos proyectados de suelo, calidad de las aguas residuales, etc.

1-2 Períodos de planificación

El período mínimo de planeación es de 20 años. El tiempo de planificación debe ser decidido en base al tamaño de la población y dependiendo de la situación social y ambiental.

De acuerdo a las normas técnicas, el período de diseño "n" del proyecto dependerá de la vida útil de las instalaciones y recursos financieros con un mínimo deseable de n de 20 años. Las normas técnicas de Bolivia, definen dos tipos de periodo de diseño, el primero basado en la población a servir y el segundo de acuerdo a los componentes del sistema, coincidiendo con las Guías para el diseño de alcantarillados de la OPS/CEPIS en lo que respecta a la población.

a) En función de la población	Periodo de diseño
• Entre 1000 y 15,000 habitantes	De 10 a 15 años
• Entre 15,000 y 50,000 habitantes	De 15 a 20 años

<ul style="list-style-type: none"> Más de 50,000 habitantes 	30 años, podrá ser mayor siempre que se justifique
b) En función de los componente	
<ul style="list-style-type: none"> Colectores primarios y secundarios 	De 20 a 30 años
<ul style="list-style-type: none"> Colectores interceptores y emisarios 	De 30 a 50 años
<ul style="list-style-type: none"> Equipos mecánicos 	De 5 a 10 años
<ul style="list-style-type: none"> Equipos eléctricos 	De 10 a 15 años

1-3 Procedimientos generales para el desarrollo de planes de alcantarillado

Nuevos desarrollos, o desarrollos existentes que buscan expansión, junto con esfuerzos de planes regionales, incluyen Planificación de Alcantarillados a ser conducidos en un área de influencia relacionada. Un procedimiento general sistemático para desarrollar un Plan de Captación de Alcantarillado se muestra en la Figura 1-3-1.

Se recomienda un enfoque de paso a paso, con un análisis de esquemas alternativos de manejo de alcantarillado, integrado en el procedimiento general.

(1) Tratamiento de alcantarillado, el enfoque principal de la planificación de captación de alcantarillado

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTA) son el componente más importante de un sistema de alcantarillado, ya que son utilizadas para producir un efluente aceptable para ser descargado en el medio ambiente. El proceso de identificar y evaluar esquemas alternativos del manejo de alcantarillados debe por tanto ser enfocado en el “donde” y el “como” las aguas residuales que se generen dentro de un área de captación deberán ser tratadas. La planta deberá ser diseñada partiendo del principio de que se deberán alcanzar los estándares de calidad que la ley exige para poder descargar en el medio ambiente.

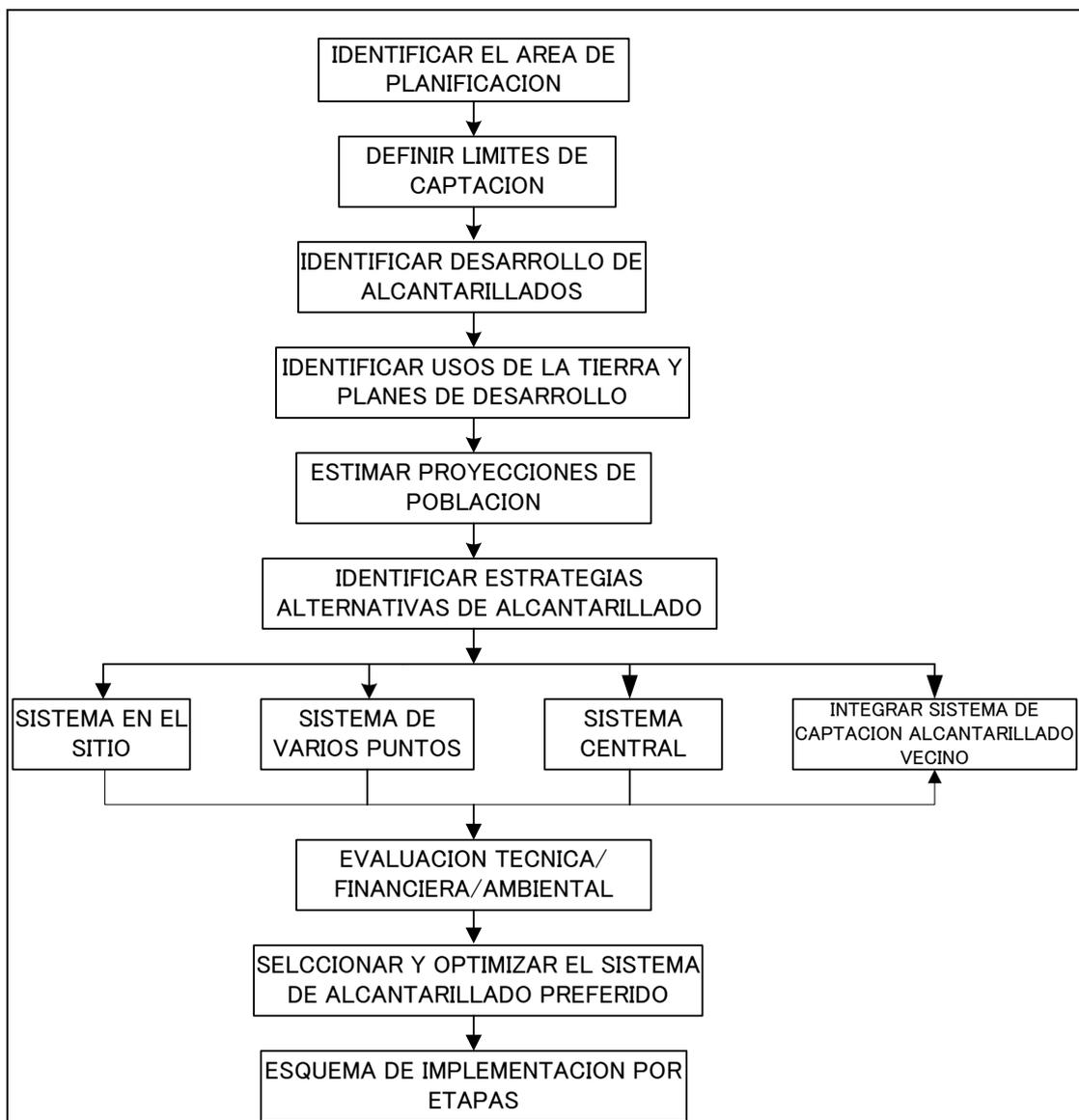


Fig. 1-3-1 Enfoque analítico para la identificación del alcantarillado apropiado y esquemas de manejo de lodos (Fuente: Informe de Estudio de JICA, Estudio sobre el Mejoramiento de la Capacidad de Planificación en el Sector de Alcantarillado en Malasia, 2009)

(2) Identificar el área de planificación

El paso inicial en la Planificación de la red para la recolección de las aguas residuales es la identificación y delimitación del área de intervención, para lo cual la ubicación, topografía, sistemas de drenaje natural y geología del lugar se deberán tomar en consideración. Se deberá describir la cobertura del servicio dentro del área total que se está planificando e identificar zonas que no podrán ser cubiertas dentro de la

planeación. La topografía y los drenajes naturales se deberán describir para mostrar una imagen de la posible ubicación de los colectores para que estos trabajen por gravedad. En cuanto a la geología, las condiciones de la estructura del suelo y de la superficie se describen para proporcionar la base de la discusión de los requerimientos constructivos para la instalación de los colectores y de la PTAs. Otro punto a considerar es el clima, se deberá tomar en cuenta las condiciones climáticas del área de planificación, condiciones de temperatura y lluvia son importantes y tiene un efecto directo sobre las instalaciones de tratamiento.

(3) Definir límites de captación

Cuando se definen los límites de cobertura, se deben de tomar en cuenta, la topografía, límites administrativos y barreras artificiales como vías férreas. Los límites de la cobertura no solamente incluyen las áreas en crecimiento, si no también se deberá considerar posibles desarrollos que en el futuro se podrían incorporar a la red ante un posible cambio en el uso del suelo y tomar en consideración estos caudales para el diseño de los colectores.

(4) Identificar el desarrollo de alcantarillados

El bosquejo del desarrollo de alcantarillados y la condición de las instalaciones existentes se deberán incluir dentro del documento. En el bosquejo, la ubicación y el número de conexiones, estimación de población por zona de drenaje, descargas directas y PTAs existentes, fosas sépticas y letrinas deberán ser consideradas. Se deberán incluir las condiciones de las instalaciones existentes, los inventarios de los alcantarillados y su condición, estaciones de bombeo y plantas de tratamiento. Las capacidades de tratamiento se examinarán con factores del diseño como tiempo de retención hidráulica, porcentaje de la carga removida, tiempo de contacto, etc. En base a las condiciones de las instalaciones de tratamiento, se estima la carga contaminante para expresar el estado de la contaminación en las aguas residuales domésticas.

(5) Identificar perfiles de catastro y desarrollo

Datos de catastro y de desarrollo territorial son importantes para estimar la población futura, los cuales se utilizan para la estimación del caudal futuro de aguas residuales. Estos datos describen el uso existente de la tierra y los desarrollos durante el período de planificación de alcantarillados de forma cuantitativa y espacial. Los datos deben mostrar la dispersión de la población existente en las zonas de captación, los niveles de población futura, las zonas de desarrollo urbano y las áreas industriales y comerciales futuras de acuerdo al plan de desarrollo.

(6) Estimación de proyecciones sobre el caudal de aguas residuales

Una vez se defina el área de cobertura, se determina el período de planificación o diseño. Consecuentemente, la estimación de los caudales actuales de aguas residuales y aquellos proyectados a ser generados en el futuro, pueden ser verificados en base a la población existente y futura, y los usos de la tierra actuales y futuros, así como tendencias de desarrollo económico espacialmente distribuidos en el área de cobertura. Dicha información se utiliza para verificar la capacidad de las instalaciones de alcantarillado existentes para atender los caudales actuales y futuros del sistema, así como las cargas contaminantes. Dicha información obtenida proporcionará un entendimiento sobre el alcance de la rehabilitación, el mejoramiento, o nuevas obras que deberán ser implementados a lo largo de varios intervalos del período de planificación.

(7) Identificando estrategias alternativas para el alcantarillado

Habiendo revisado los problemas e implicaciones relacionadas al mejoramiento y expansión de los servicios de alcantarillado, primeramente se debe hacer un esfuerzo consensuado para examinar alternativas de tratamiento de alcantarillado que puedan asegurar una disposición segura del efluente tratado. Esto incluye:

- En lo posible, erradicar el uso de sistemas de tanques sépticos que tienden a no ser mantenidos adecuadamente. A su vez, los hogares deben ser servidos con un sistema de varios puntos o con instalaciones de tratamiento de alcantarillado centralizado.
- Asegurar que las aguas residuales crudas sean conducidas directamente a los colectores y luego a las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Las medidas de protección ambiental deben ser tenidas en mente para proteger la salud pública y la calidad del agua.
- Eliminar o mejorar las PTAs que sean incapaces de llegar a los estándares aceptables del efluente descargado, y en caso de ser factible, re-organizar las rutas del flujo de aguas residuales a las plantas existentes y futuras que están proyectadas para alcanzar los estándares del efluente descargado.
- Determinar los tipos de nuevas PTAs que deben ser implementadas para lograr una calidad aceptable del efluente descargado y que pueda ser mantenido en el futuro.
- Verificar la posibilidad de mejorar las PTAs existentes para que sean utilizadas para servir caudales mayores de aguas residuales, y mantener la calidad aceptable del efluente descargado.
- La generación de lodos futura también se estima en base a caudales futuros para cada alternativa.
- El sistema de alcantarillados se desarrolla en base al concepto de trabajar por gravedad, en caso de ser necesario se deberá poner especial atención en las

necesidades de implementar estaciones de bombeo intermedias y determinar la disponibilidad de tierras para dicho propósito.

- Racionalizar las PTAs existentes reduciendo el número de plantas pequeñas, con capacidades limitadas e ineficientes, y a su vez implementar una sola o un número reducido de PTAs centrales (por ejemplo, posiblemente dentro de un área en desarrollo).
- Determinar la disponibilidad de tierra para implementar PTAs permanentes (incluyendo la disponibilidad dentro de un área en desarrollo propuesta; como por ejemplo una nueva urbanización).

La Figura 1-3-2 muestra ejemplos de estrategias alternativas.

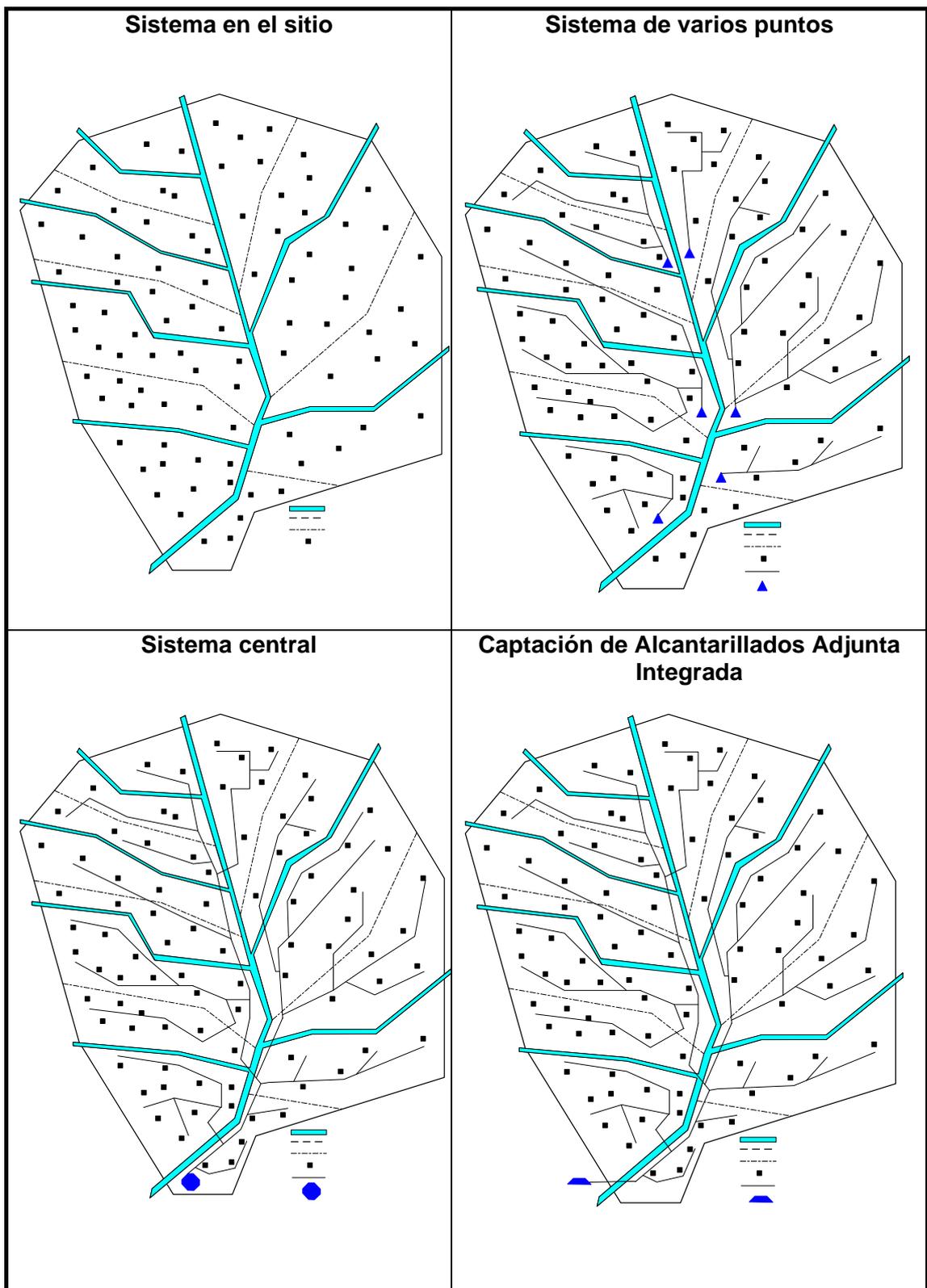


Fig. 1-3-2 Ejemplo de estrategia alternativa(Fuente: Informe de Estudio de JICA, Estudio sobre el Mejoramiento de la Capacidad de Planificación en el Sector de Alcantarillado en Malasia, 2009)

(8) Evaluación técnica/financiera/ambiental

Antes de llevar a cabo la evaluación técnica/financiera o ambiental, se deberá realizar un ejercicio para limitar el número de alternativas del tipo de tratamiento y la ubicación de los colectores así como el grado de cobertura.

Luego del proceso de selección inicial, se evalúan las alternativas en cuanto a costos de inversión, impactos ambientales, impactos sociales, costos operación, etc. Estos criterios son ponderados sistemáticamente para verificar la factibilidad general de los esquemas de alternativas listados, y categorizarlos por orden de preferencia.

Los esquemas de alternativas deben ser el menor número posible (por ejemplo, tres a lo sumo) para poder tener análisis más detallados de la comparación de sus ventajas y debilidades. Por lo general, se desarrolla un análisis crítico de los criterios cuantitativos tales como la tierra disponible y áreas ambientalmente sensibles como parte del proceso de selección inicial.

(9) Selección y optimización de los sistemas de alcantarillado

Los esquemas alternativos de alcantarillado por los que se opte, son sujetos a análisis más profundos con el objetivo básico de definir un programa de mejoras por etapas, en las cuales se incluirá el readecuar y mejorar las instalaciones existentes e instalar nuevas facilidades de alcantarillado; así como la estimación de costos por etapa para la implementación de los programas definidos.

La viabilidad económica asociada con la implementación por etapas de las instalaciones se evalúa. Esto requiere una evaluación de los ingresos potenciales que pueden ser generados para pagar los gastos de capital.

(10) Dos planes de captación similares

Para cada plan de instalación o ampliación de la red de alcantarillado hay diferentes problemas que deben ser considerados. Por tanto, un formato prescriptivo no puede ser proporcionado. Sin embargo, el enfoque general y los contenidos serán similares. El enfoque es sobre el desarrollo de un entendimiento exhaustivo del sistema existente, desarrollo propuesto y temas pertinentes, y luego hacer una comparación válida de las alternativas disponibles. La opción seleccionada puede ser definida en suficiente detalle para permitir el plan de formar la base del diseño sobre los componentes individuales del sistema.

(11) Base de referencia

En el desarrollo de los Planes de Desarrollo de Redes de Alcantarillado Sanitario se deberá tomar en consideración los Planes de Desarrollo Urbano en lo que respecta a usos de suelo, Normas Técnicas de ANDA, en lo referente al diseño de redes de alcantarillado sanitario, Ley del Medio Ambiente, en lo referente a la evaluación de los

impactos ambientales y medidas de mitigación, Norma Salvadoreña Obligatoria en lo relacionado con la calidad de agua descargada al cuerpo receptor y otras leyes y reglamentos relacionados con las aguas residuales. Cuando no se cuente con información específica para el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario, se deberá recurrir a otros materiales de referencia que cubran criterios de diseño aceptados internacionalmente.

Además, se deben celebrar discusiones con los beneficiarios del sistema y con las agencias de gobierno y privadas pertinentes para obtener información específica sobre el tema de captación.

1-4 Estudio de reconocimiento-Información básica

Se deberán realizar los siguientes estudios, para identificar el área de planificación debieran ser realizados:

- Topografía y sistema de drenaje natural: Las características topográficas por lo general limitan el tamaño del área de planificación. Deberá describirse la ubicación y área total cubierta dentro del área de planificación. Se deberá describir la topografía y el sistema de drenaje natural para mostrar posibles ubicaciones de los colectores que favorece que trabajen por gravedad.
- Temperatura y condiciones climáticas: Datos sobre temperatura, precipitación y condiciones climáticas del área de planificación, deberán ser incluidas dentro del estudio de reconocimiento.
- Administración: se deberá incluir datos sobre número de ciudades, colonias, etc. que estarán consideradas dentro del plan.
- Incidencia de enfermedades hídricas: Las enfermedades causadas por el agua como disentería, cólera, etc., son información importante para mostrar la necesidad del sistema de alcantarillado. Se deberá incorporar datos sobre las incidencias de de dichas enfermedades.
- Infraestructura de servicios públicos: Electricidad, calles de acceso, recolección y disposición final de desechos, salud, comunicaciones, y disposición de excretas y redes de aguas lluvias se describen para mostrar las condiciones de los servicios públicos en el área de planificación
- Sistema de abastecimiento de agua: Se describe el sistema de abastecimiento de agua como las fuentes, caudal disponible, caudal extraído, horas de bombeo, demanda de agua, población servida, cobertura de acometidas domiciliarias y letrinas, horas de servicio, calidad de agua y tratamiento, horas de servicio, hidrometría, tarifas, deficiencias y problemas de operación, volumen de almacenaje, estado físico y vida útil de las unidades, etc., para mostrar las condiciones del sistema de abastecimiento de agua.

- Sistema de alcantarillado existente: Se deberá describir, el caudal y las características de las aguas residuales en el sistema existente, para mostrar las condiciones existentes del alcantarillado
- Accidentes geográficos y obstáculos artificiales: Obstáculos artificiales (hechos por el hombre) tales como carreteras principales, vías férreas, puentes, etc. y los accidentes geográficos, tales como ríos, cerros, montañas, etc., limitan el área de cobertura y pueden incrementar los costos del proyecto, al hacer necesario obras de paso y estaciones de bombeo para poder lograr una cobertura máxima con el plan.
- Cuerpo receptor: Se deberá incluir una evaluación de la situación del cuerpo receptor, así como de la calidad del agua, características hidrológicas del cauce, usos del agua aguas abajo del punto de descarga y posibles daños al cuerpo receptor en caso de mal funcionamiento de la planta y estructuras de rebose. Además se describe la potencial presencia de tóxicos químicos en las aguas residuales provenientes de agricultura y con las concentraciones químicas específicas del cuerpo receptor.
- Ubicación de manantiales y pozos: Se describe para mostrar el potencial riesgo de contaminación a falta del sistema de alcantarillado
- Ubicación de sitios de botadero, letrinas, fosas sépticas y hogares sin servicio para disposición de excretas: La ubicación de estos sitios se describe para mostrar el potencial de contaminación de suelo en estos lugares
- Aguas residuales industriales y agro-industriales: El volumen y la calidad de aguas residuales descargadas en los alcantarillados y directamente descargados en cuerpos receptores se describen para mostrar las condiciones de las aguas residuales industriales.
- Catastro y Planes de desarrollo territorial: Los usos de la tierra y datos de desarrollo territorial, son importantes para estimar la población futura, la cual es utilizada para la estimación del caudal futuro de aguas residuales.
- Planificación de alcantarillados y sistema de alcantarillado existente: El nuevo plan de alcantarillado debiera integrar los planes de desarrollo y los sistemas existentes en el área de planificación para prevenir duplicidad en la inversión y mejorar el sistema de alcantarillado.
- Leyes relacionadas: el plan de alcantarillado debiera seguir las leyes y reglamentos relacionados. Se deberá tomar en cuenta las leyes y reglamentos relacionados a la planificación de alcantarillados así como el área de planificación.

1-5 Población de diseño

Un dato importante para partir con el diseño de una red de alcantarillado sanitario, es la población de diseño. Se pueden tener dos casos, el primero en el cual la población corresponde a un proyecto urbanístico de vivienda, en el cual la población se puede considerar constante a lo largo del tiempo, y el segundo caso en el cual la población tendrá variación a lo largo del tiempo, como es el caso de las ciudades.

De acuerdo a las normas, para el caso de proyectos urbanísticos, la población se calculará tomando en cuenta el número de viviendas y el número de habitantes por vivienda; para la estimación de la población futura de otros proyectos, se deberá escoger el apropiado en base a una comparación de los métodos de proyección lineal y geométrica, exponencial y otros métodos de densidad de población.

Es necesario el realizar una distribución de la población y determinar los usos del suelo para el diseño y trazado de la red. La población se estima en base datos catastrales y el uso del suelo de acuerdo a planes de desarrollo urbano, para cada caso en particular

1-5-1 Proyección de la población

La cantidad o longitud de alcantarillado sanitario que se construirá depende de la población beneficiada y de su distribución espacial. Los tipos de población que normalmente se toman en cuenta para el diseño son:

- Población actual: es la población existente en el momento de la elaboración de los diseños de ingeniería.
- Población al inicio del proyecto: es la población que va a existir en el área estudiada al inicio del funcionamiento de las redes. Cabe observar que entre la población actual y esta población puede haber una diferencia significativa, en función del tiempo de implantación de las obras.
- Población al final del proyecto, es la población que va a contribuir para el sistema de alcantarillado, al final del período del proyecto.

En caso de proyecciones de redes de alcantarillado en sectores no desarrollados, las Guías de la OPS/CEPIS recomiendan realizar dos estudios de población y definir la opción más probable.

El primer estudio se refiere al cálculo de la población futura, tomando en consideración la ocupación total del área, de acuerdo a un plan maestro de desarrollo o un plan regulador del uso del suelo. En este caso, se obtendrá la población de saturación, la cual será el producto del número de viviendas multiplicadas por la densidad de ocupación prevista, esta proyección de población no es función del tiempo.

El segundo estudio se relaciona con el crecimiento de la población en función del tiempo, a partir de la población verificada al inicio mediante datos censales en el área de proyecto y tasas de crecimiento anual, en este caso no se consideran las limitaciones o estimaciones del plan regulador. El proyectista deberá tener cierta

precaución en utilizar la tasa promedio más representativa del crecimiento de la población en base a datos censales.

Para el caso de urbanizaciones, se deberá tomar en cuenta que generalmente el número de habitantes por vivienda y la densidad de ocupación tiene relación directa con los ingresos de la comunidad, para áreas con altos ingresos el número medio de habitantes por vivienda tiende a ser menor que en zonas de ingresos bajos.

La proyección de la población, se basa en comportamientos anteriores que ha tenido la población, los cuales son el resultado de factores tales como la inmigración, emigración, nacimientos, muertes, mejoras en las condiciones de vida, disponibilidad de recursos y otros.

Al aplicar las formulas de proyección de población, se deberá tomar en consideración que para periodos demasiado largos, podríamos sobre estimar la población futura. Las formulas no consideran la influencia de diferentes factores sobre el crecimiento de la población, solamente proporcionan una estimación futura tomando como base el comportamiento anterior. Es de tomar en consideración que para periodos muy largos la proyección de población tiende a salir del contexto lógico.

La población de diseño será igual, según el caso, al 100% de la población futura o un porcentaje menor. El uso de un porcentaje menor, deberá ser justificado tomando en consideración limitaciones de orden físico, natural o legal que restrinjan el desarrollo de áreas de la ciudad y de sus habitantes.

1-5-2 Proyección basada en el crecimiento aritmético (lineal) de la población

Este es el método más sencillo de extrapolación. Consiste en calcular la cifra media de aumento de la población en un lapso de tiempo y aumenta o disminuye una cantidad uniforme por cada año transcurrido después del último registro. Los incrementos de la población son una constante para cada período, lo que indica que la velocidad de crecimiento es constante

Para la proyección del crecimiento de la población basándonos en el crecimiento lineal, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_f = P_o + K \Delta t$$

Donde:

P_f es la población futura

P_o es la población inicial

K es la tasa de crecimiento anual

Δt es período de tiempo

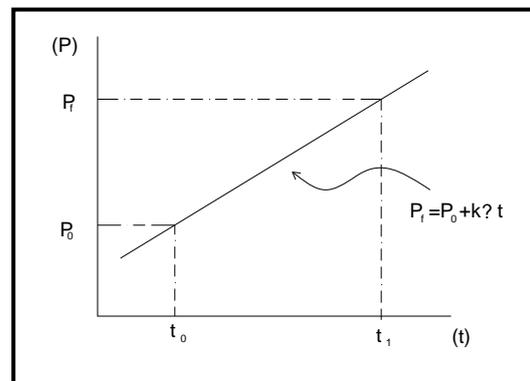


Fig. 1-5-1 crecimiento aritmético

La tasa de crecimiento anual (k) se calcula con la siguiente fórmula:

$$k = \frac{P_{(\text{ultimo censo})} - P_{(\text{censo anterior})}}{\Delta t}$$

Donde

P es la población para cada condición

Δt es el número de años entre censos

1-5-3 Proyección basada en el crecimiento geométrico de la población

La aplicación de este método supone que la población aumenta constantemente en una cifra proporcional a su tamaño cambiante. En este caso, la velocidad de crecimiento es variable bajo un patrón de aceleración constante. La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$P_f = P_o(1 + k)^{\Delta t}$$

Donde:

P_f es la población futura

P_o es la población inicial

K es la tasa de crecimiento anual

Δt es período de tiempo

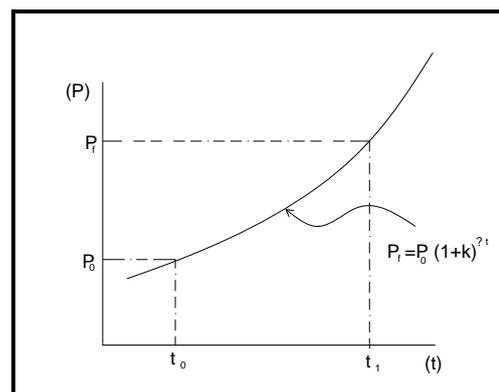


Fig. 1-5-2 crecimiento geométrico

La tasa de crecimiento anual (k) se calcula con la siguiente fórmula:

$$k = \left(\frac{P_{(\text{ultimo censo})}}{P_{(\text{censo anterior})}} \right)^{\frac{1}{\Delta t}} - 1$$

Donde:

P es la población para cada condición

Δt es el número de años entre censos

1-5-4 Proyección basada en el crecimiento exponencial de la población

La fórmula que se utiliza para realizar la proyección de la población, asumiendo un crecimiento exponencial, es la siguiente:

$$P_f = P_o e^{k\Delta t}$$

Donde

P_f es la población futura

P_o es la población inicial

K es la tasa de crecimiento anual

Δt es el tiempo

$e=2.7182818$

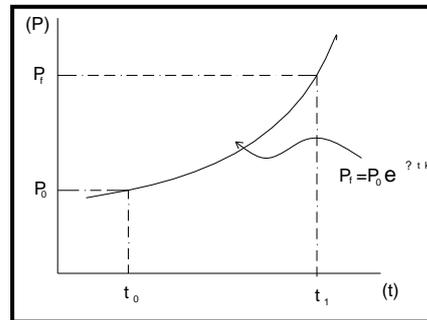


Fig. 1-5-3 crecimiento exponencial

La tasa de crecimiento anual (k) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$k = \frac{\ln P_{(\text{ultimo censo})} - \ln P_{(\text{censo anterior})}}{\Delta t}$$

Donde:

P es la población para cada condición

Δt es el número de años entre censos

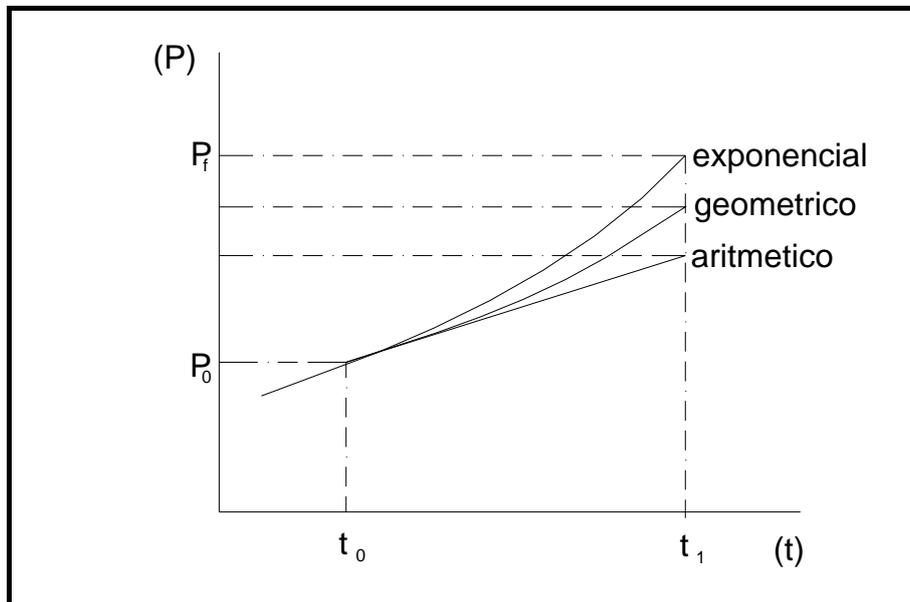


Fig. 1-5-4 Comparación de resultados de los métodos de proyección poblacional

1-5-5 Población en base a la densidad poblacional

La distribución de la población en un área por lo general no es homogénea, lo cual es un factor que no se toma en cuenta para proyectar la población en los métodos anteriores, en los cuales se asume una distribución homogénea dentro del área de estudio

Un cuarto método para estimar la población futura, es en base a las densidades de población. La densidad de población se define como la relación que existe entre los individuos y el área que habitan, expresándose la densidad en habitantes por unidad de área. Para la aplicación de este método, se tendrá que contar con datos de la densidad poblacional por área y realizar la proyección de la población en base al comportamiento histórico de la población en cada sector o área.

Este método presenta la ventaja de que si se toma en cuenta la población del área de drenaje, se podrán obtener datos de caudal más acordes a la demanda del servicio, lo cual implica que se tendrán diámetros de tuberías de acuerdo a la demanda. Un inconveniente es el cambio en las preferencias de las personas, lo cual puede incidir grandemente en la densidad poblacional. Se han dado casos en los cuales se tiene un incremento anormal en el crecimiento poblacional, debido a las preferencias de las personas, se puede tomar como ejemplo la construcción de vivienda en altura (condominios) en zonas en las cuales históricamente se ha tenido vivienda de baja densidad. Esta situación conlleva a un sub dimensionamiento de los colectores, haciéndose necesaria la sustitución de los colectores existentes por uno de mayor diámetro.

1-6 Caudal de Aguas Residuales

El caudal de aguas residuales es estimado en base al consumo de agua de las residencias, del área comercial, industrial, e infiltración de aguas subterráneas y aguas lluvias.

1-6-1 Consumo de Agua

Cada persona tiene costumbres diferentes en cuanto al uso o consumo de agua. El consumo de agua de cada persona está influenciado por una serie de factores de tipo social, económico y de disponibilidad de agua.

De acuerdo a estudios estadísticos realizados, se estima que el consumo per cápita de agua puede variar entre 80 y 350 litros al día. El volumen de agua que una persona consume por unidad de tiempo se denomina Dotación y de acuerdo a las Normas Técnicas de ANDA, se tienen las siguientes dotaciones:

D= dotación doméstica urbana 80 a 350 l/p/d	
Consumos específicos	
Dotación total urbana \geq	220 l/p/d
Locales comerciales	20 l/m ² /d
Hoteles	500 l/hab/d
Pensiones	350 l/hab/d
Restaurantes	50 l/m ² /d
Escuelas	
Externos	40 l/alumno/d
Internados	200 l/p/d
Personas no residentes	50 l/p/d

Hospitales	
Cama	600 l/cama/d
Clínicas	
Médicas	500 l/consultorio/d
Dentales	1000 l/consultorio/d
Vivienda	
Mínima	80 - 125 l/p/d
Media	125 - 175 l/p/d
Alta	175- 350 l/p/D
Otros	
Cines, teatros	3 l/asiento/d
Oficinas	6 l/m ² /d
Bodegas	20 l/m ² /d
Mercados, puestos	15 l/m ² /d
Gasolineras	300 l/bomba/d
Estacionamientos	2 l/m ² /d
Industria	80 l/p/turno
Jardines	1.5 l/m ² /d
Lavanderías	50 l/kg/r.sec.
Cantareras	≥ 30 l/p/d

De acuerdo al análisis de los volúmenes de agua factura, en el **anexo xx**, se muestran las dotaciones de agua potable y caudales de aguas residuales para los municipios servidos por la ANDA

1-6-2 Calculo del caudal de aguas negras

El volumen de agua residual fluctúa como consecuencia de la actividad humana y de los fenómenos naturales (infiltración de agua subterránea y la precipitación) y es una proporción del agua que se suministra para consumo.

El caudal, se define como el volumen de agua consumido o transportado por una unidad de tiempo.

El caudal medio de aguas negras comprende el caudal doméstico, comercial, institucional, industrial y de infiltración. El componente doméstico se compone de los flujos del local residencial e institucional. El componente comercial se compone de flujos de oficinas, las tiendas y los restaurantes. El componente institucional incluye los flujos principalmente de escuelas y universidades. El componente industrial incluye esos flujos de varios procesos industriales.

Tomando en cuenta las unidades es que se expresa la dotación, el caudal de agua potable se calculará multiplicando la dotación por el número de individuos para los cuales se proyecta el suministro.

El caudal de agua que se tendrá que proporcionar a un proyecto, será la sumatoria de todos los caudales de acuerdo a los diferentes usos. El caudal medio de aguas residuales, será el caudal medio de agua potable multiplicado por un coeficiente de aporte, el cual de acuerdo a las normas será de 0.8.

El caudal de infiltración, según la norma técnica debe ser de 0.20 L/s/ha para tuberías y 0.10 L/s/ha para tuberías de PVC.

$$Q_{an} = 0.8 \left(\frac{PD}{86400} \right)$$

Donde:

Q_{an} es el caudal promedio de aguas residuales en l/s

P es la población en habitantes

D es la dotación en l/hab/d

Q_i es el caudal de infiltración en l/s

En los casos en los cuales se cuente con una red de agua potable existente, se recomienda se determinen las dotaciones de agua potable por uso, con el objeto de contar con una buena aproximación del caudal de aguas residuales.

1-6-3 Variación de caudales de aguas residuales

La demanda de agua tiene variaciones debido a los usos que se da al agua, teniéndose caudales máximos, medios y mínimos durante el transcurso del día. En redes existentes, los momentos en los cuales se dan los consumos máximos y mínimos dependerán de las condiciones de la localidad.

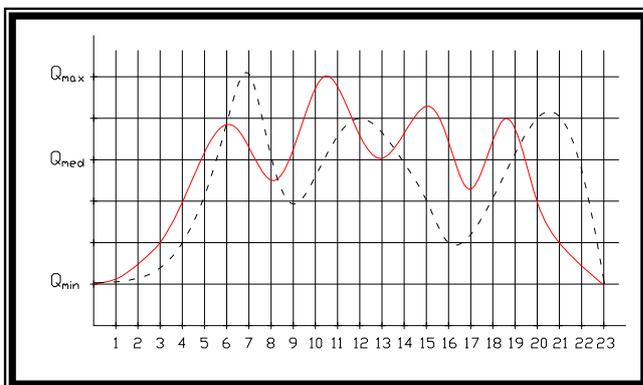


Fig. 1-6-1 Variación del caudal y carga a lo largo del día

1-6-4 Caudales pico de aguas residuales

En vista que el caudal de aguas residuales es una función del consumo de agua potable, se tendrán variaciones en el caudal considerando los caudales máximo horario, máximo diario y mínimo horario. De acuerdo a las Normas Técnicas, el caudal máximo horario será igual al caudal medio multiplicado por un coeficiente de variación horaria (k_2), el cual tendrá un valor entre 1.8 y 2.4 de acuerdo a las siguientes formulas:

Caudal máximo diario de aguas residuales:

$$Q_{daily\ max} = 0.8K_1 \left(\frac{PD}{86400} \right) + Qi$$

Caudal máximo horario de aguas residuales:

$$Q_{hourly\ max} = 0.8K_2 \left(\frac{PD}{86400} \right) + Qi$$

Caudal mínimo horario de aguas residuales:

$$Q_{hourly\ min} = 0.8K_3 \left(\frac{PD}{86400} \right) + Qi$$

Donde:

$Q_{daily\ maxim}$ es el caudal máximo horario de aguas residuales en l/s

$Q_{hourlymax}$ es el caudal máximo horario de aguas residuales en l/s

Q_{min} es el caudal mínimo horario de aguas residuales en l/s

K_1 es el coeficiente de variación diario (de 1.2 a 1.5)

K_2 es el coeficiente de variación horario (de 1.8 a 2.4)

K_3 es el coeficiente de variación mínima horaria (de 0.1 a 0.3)

P es la población en habitantes

D es la dotación en l/p.d

Qi es el caudal de infiltración en l/s

El caudal de aguas residuales industriales, deberá ser calculado tomando en consideración el tipo de industria y la generación de aguas residuales por unidad procesada. De acuerdo a la Norma para Regular la Descarga de Aguas Residuales de Tipo Especial a la Red de Alcantarillado de ANDA, no se permite la realización de descargas discontinuas a la red, por lo que toda industria deberá contar con dispositivos que permitan una descarga continua y evitar el realizar descargas puntuales. Se recomienda que para el cálculo del volumen de agua residual industrial, se investigue sobre los caudales que descarga cada industria en especial.

Se deberá de definir área de drenaje (A_d) y la densidad poblacional de cada tramo de colector, a fin de poder cuantificar el caudal que ingresará a cada tramo. Para definir el área de drenaje de cada colector, en zonas con desarrollo urbanístico, se utiliza la bisectriz del ángulo formado por los límites de la cuadra y se unen los puntos de intercepción de dichas bisectrices. En caso no se tenga una definición de bloques, la delimitación se hará utilizando las curvas de nivel del área a desarrollar. Se deberá tomar en consideración que para lograr la mayor cobertura del sistema, los colectores deberán ser proyectados en la parte más baja de área a desarrollar.

El caudal de aguas negras será:

$$Q_{av} = 0.8 \frac{A_d \rho_p D}{86400} + Q_i$$

Donde :

Q_{av} es el caudal medio de aguas residuales en l/s

A_d es el área de drenaje en Ha

ρ_p es la densidad poblacional en h/Ha

D es la dotación media en l/h.d

Q_i es el caudal de infiltración en l/s

1-6-5 Delimitación de áreas de drenaje para colectores

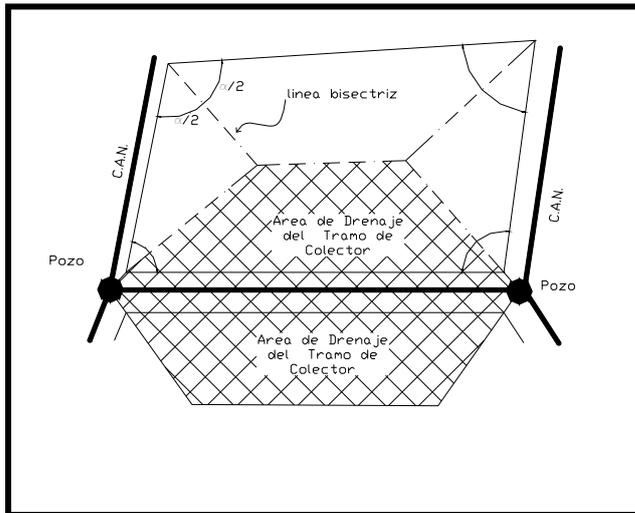


Fig. 1-6-2 delimitación de áreas de drenaje

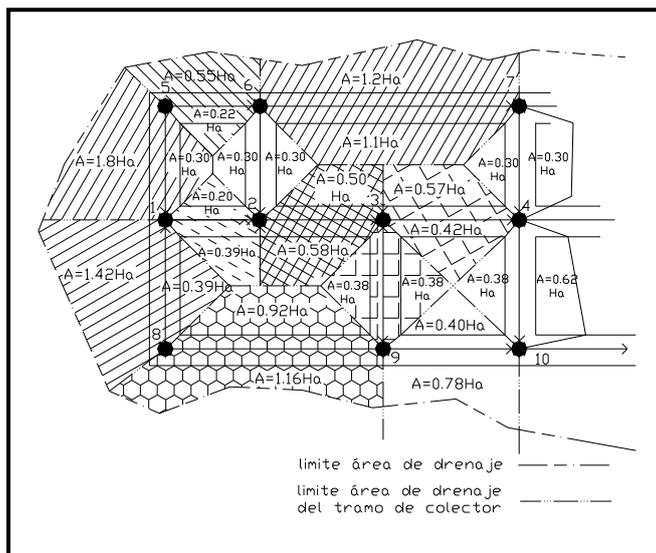


Fig. 1-6-3 Calculo del área de drenaje

La delimitación del área de drenaje para un colector, se realiza trazado las bisectrices de los ángulos del bloque y uniendo mediante una línea las intercepciones de estas.

El agua residual que transportará cada tramo de colector, será el agua residual producida en el área de drenaje del colector, más el aporte de otros tramos de colector que descargan en el tramo analizado.

Tramo	A_d	Aporta al tramo
5-1	$1.8+0.3$	1-2
5-6	$0.55+0.22$	6-2
8-1	$1.42+0.39$	1-2
8-9	$1.16+0.92$	9-3
6-2	$0.3+0.3$	2-3
6-7	$1.2+1.1$	7-4
7-4	$0.3+0.3$	4-10

9-3	0.38+0.38	3-4
9-10	0.78+0.4	10-D
4-10	0.38+0.62	10-D
1-2	0.20+0.39	2-3
2-3	0.50+0.58	3-4
3-9	0.38+0.38	9-10
10-D		emisario

1-7 Planificación de colectores

1-7-1 Criterios de planificación de colectores

El sistema de alcantarillado debe ser planeado siguiendo las normas y de acuerdo a los siguientes criterios:

- Se deberá en lo posible conectar todas las aguas residuales a un solo sistema de alcantarillado.
- En caso se tengan dos o más zonas de drenaje, se deberá tratar de concentrar los caudales en un solo colector interceptor
- Se deberá delimitar el área de drenaje de cada colector.
- El sistema deberá proyectarse para que funcione por gravedad. En caso se necesite de estaciones de bombeo de aguas residuales, estas deberán ubicarse lo más cerca posible de la planta de tratamiento.
- Los colectores primarios se deberán colocar en parte más baja de la zona de drenaje, con el objeto de poder drenar por gravedad la mayor área posible
- Se deberá de considerar un eventual desarrollo a fin de que los colectores puedan conducir o expandirse sin dificultad
- Se deberá contar con datos de la red existente para considerarlos dentro del proyecto
- Se deberá proyectar de forma tal que no cause problemas a la expansión de las áreas de desarrollo
- Se deberá tomar en consideración los aportes de aguas residuales de los sectores industrial, comercial y servicios, de acuerdo a los diferentes vertidos por actividad, en los cuales se cuente con datos de las descargas
- Para el caso de aguas industriales, la calidad del agua que se descargue deberá cumplir con la norma de calidad de vertido al alcantarillado
- Se deberá proyectar para conducir solamente aguas residuales.
- Se deberá en la medida de lo posible, proyectar los colectores en vías públicas
- La tubería deberá colocarse al costado sur y poniente de las vías de tráfico
- Con el objeto de minimizar la excavación, se recomienda que el alineamiento del colector se proyecte de acuerdo a la pendiente natural del terreno
- El tirante máximo del agua dentro del colector deberá ser menor que el 80% del diámetro de la tubería¹

¹ Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado, OPS/CEPIS

1-7-2 Tipo de sistema y trazado de la red

La red de alcantarillado se deberá concebir totalmente separado del sistema de aguas lluvias.

El trazo de la red será de tipo ortogonal y deberá proyectarse para aprovechar en forma óptima la topografía del terreno, esto con el objeto de evitar el uso de estaciones de bombeo de aguas negras.

1-7-3 Separación de los sistemas

Con el objeto de evitar la contaminación de los sistemas de acueducto, los colectores deberán de proyectarse en el costado opuesto de la red de agua potable.

En planimetría, en las vías de circulación con orientación norte sur, los colectores de aguas negras deberán ubicarse en el costado poniente de la vía, en vías con orientación este oeste, el colector deberá ubicarse en el costado sur de la vía, con una separación de 1.50m del cordón. La separación horizontal mínima entre los sistemas será de 1.50m. En caso de pasajes peatonales, la separación mínima podrá ser de 0.60m

En los puntos en que se tenga un cruce entre los sistemas de acueducto y alcantarillado sanitario, se deberá de proyectar el colector de forma tal que se ubique bajo la red de distribución con una separación mínima libre de 20cm. En el caso del sistema de aguas lluvias, esta separación podrá de ser de 15cm como mínimo

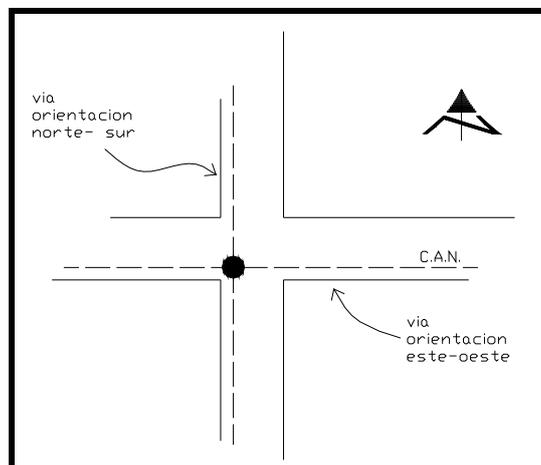


Fig. 1-7-1 ubicación de los colectores de aguas negras

La zanja para la instalación del alcantarillado sanitario, no podrá utilizarse para instalar otro tipo de tuberías.

1-8 Planificación de estaciones de bombeo

1-8-1 criterios de planificación

Las estaciones de bombeo deben planificarse siguiendo los siguientes criterios:

- Se debe planificar una estación de bombeo en base al caudal pico horario.
- Las estaciones de bombeo deben ser planificadas en un área en donde el caudal de aguas residuales no puede ser incorporado a los colectores por gravedad debido a la topografía. Se requerirá de excavaciones muy profundas y costosas para la instalación de colectores, o las necesidades de transportar las aguas residuales desde un área fuera de la captación natural de drenaje de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Ubicación y altura de bombeo de las estaciones de bombeo debe ser planeado en base a una evaluación económica del proyecto de alcantarillados total incluyendo colectores y plantas de tratamiento, además de la evaluación ambiental.
- La estación de bombeo debe considerar el contar con áreas para menguar malos olores, ruidos y vibraciones.
- Los tipos de estaciones de bombeo deben ser seleccionados en base a evaluaciones económicas y de operación y mantenimiento, y las características de las aguas residuales tales como el caudal y el volumen de arenas en ellas.
- La estación de bombeo deberá contar con una estructura contra rebose para casos en los cuales no sea posible la operación o se sobrepase la capacidad.
- Se recomienda la instalación de generadores eléctricos, para la alimentación de los equipos y evitar reboses ante fallas en el suministro eléctrico

1-8-2 Área del terreno necesaria

El área del terreno es decidido a partir del diseño de la estación de bombeo tomando en cuenta el flujo de agua residual, capacidad para la Operatividad y el Mantenimiento, las características del agua no tratada, la disponibilidad del área del terreno, los ruidos y olores, etc.

1-9 Planificación de plantas de tratamiento de aguas residuales

1-9-1 Criterios de planificación

La planta de tratamiento de aguas residuales debe ser planificada siguiendo los siguientes criterios:

- Las plantas deben ser planificadas en base al caudal máximo diario.
- El proceso de tratamiento de deberá ser planificado para cumplir con los estándares de efluente estipulados en la Norma Salvadoreña NSO 13.49.01:09.

Tabla 1-9-1 Valores máximos de los parámetros de aguas residuales comunes, a ser descargados en cuerpos receptores

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO ₅ □ ₂₀ (mg/l)	Sólidos sedimentables (ml/l)	Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
AGUAS RESIDUALES DE TIPO COMUN	150	60	1	60	20

- Los procesos de la planta deben ser planeados económicamente en base a la calidad del efluente, área del terreno, disponibilidad técnica y facilidad de operación y mantenimiento
- Las plantas deben ser ubicadas cerca de una corriente de agua adecuada capaz de recibir y asimilar el efluente tratado de la planta sin afectar los usos beneficiosos del curso de agua, aguas abajo.
- Las plantas deben ser ubicadas lo más lejos posible de edificaciones habitables para minimizar las molestias de los alrededores.
- El terreno de la planta debe considerar áreas para menguar malos olores, ruidos y vibraciones.
- Las plantas deben ubicarse en los puntos más bajos de la cuenca de captación de aguas residuales para que las aguas puedan llegar por gravedad hasta la planta.
- Se deberá planificar la planta, de forma tal que se haga uso de la topografía del terreno para disminuir el uso de equipos de bombeo.
- La forma del área del terreno seleccionado debe ser adecuado para minimizar las áreas inutilizables dentro del terreno.
- Las plantas no deben ubicarse en un área que resulte con problemas de operación a largo plazo o un rápido deterioro de los bienes.
- Las plantas deben tener vías de acceso adecuada para vehículos pesados para el desalojo de lodos y transporte de personal y materiales.
- Las plantas deben ser ubicadas a modo que los colectores puedan ser fácilmente conectados al sitio propuesto.

1-9-2 Área del terreno necesaria

El área del terreno es decidido a partir del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales tomando en cuenta la calidad del agua requerida para la descarga, las características del agua no tratada, la capacidad para la Operatividad y Mantenimiento, la disponibilidad del área del terreno, los ruidos y olores, etc.

1-10 Estudios alternativos

Los planes alternativos se elaboran básicamente en cuatro categorías.

El primer estudio alternativo, comprende la disposición de las aguas residuales en el sitio, mediante el uso de fosas sépticas en el área de planificación. A veces estos planes son elaborados para evaluar y asesorar el efecto de sistemas de alcantarillado centralizado y de varios puntos.

El segundo estudio alternativo es un sistema centralizado en el cual todas las aguas residuales son tratadas en una sola planta de tratamiento dentro del área de planificación. Este sistema tiene ventajas de O/M, porque solamente se opera una planta de tratamiento. Una desventaja, es que se deberá desarrollar en su totalidad la red de colectores, caso contrario, se tendrá que esperar a que se desarrolle toda la red para poder captar el total de aguas residuales producidas en el área de planificación, en especial las zonas más alejadas de la planta. Además, estaciones de bombeo pueden resultar necesarias para enviar las aguas residuales a la planta. Estas estaciones de bombeo ocasionan un incremento del costo total.

En tercer estudio alternativo, es un sistema de varios puntos en el que el área de planificación se divide en zonas de captación y cada zona tiene su propia planta de tratamiento. Este sistema tiene la ventaja de lograr el tratamiento de aguas residuales desde áreas remotas a diferencia del sistema centralizado y no necesita de desarrollar en su totalidad la red de colectores. Sin embargo, existen desventajas de O/M ya que muchas plantas deben ser mantenidas, y el costo total incrementa ya que tantas plantas incrementan los costos de capital y de O/M.

El cuarto estudio alternativo es un sistema de integración a un área adjunta, en el cual las aguas residuales producidas en el área de planificación se recolectan y se envían a un área vecina en donde hay red de alcantarillado y cuenta con una planta de tratamiento. Este sistema tiene ventajas de O/M en la planta de tratamiento cuando no hay plantas de tratamiento dentro del área planeada. Sin embargo, ya que todos los colectores deben estar conectados a una planta de tratamiento, toma tiempo hacer la conexión a áreas alejadas. Además, estaciones de bombeo pueden ser necesarias para enviar las aguas residuales a la planta de tratamiento.

Por lo general, los estudios alternativos son elaborados combinando un sistema de disposición en el sitio con otros sistemas de disposición. En áreas de alta densidad, es más conveniente el sistema de varios puntos, mientras que el sistema integrado es conveniente para áreas vecinas. En áreas de más baja densidad, el sistema de disposición en el sitio podría ser más conveniente.

1-11 Evaluación

1-11-1 Factores de evaluación

Las alternativas propuesta se evalúan mediante factores técnicos, económicos, financieros ambientales y sociales.

Factores técnicos

Dentro de los factores técnicos más importantes a evaluar se tiene:

- Facilidad de operación y mantenimiento:
- Calidad del efluente
- Flexibilidad del plan para adaptarlo a nuevas condiciones
- Disponibilidad de terrenos para el desarrollo del plan
- Otros

Factores económicos y sociales:

Se deberán evaluar factores de índole económica y hacer una comparación entre los costos y los beneficios que el plan traerá a la población. Dentro de los factores económicos se tienen:

- Beneficio sociales
- Aceptación ambiental del plan
- Mejoramiento de la calidad de vida
- Reducción de la incidencia de tasas de morbilidad y mortalidad
- Generación de empleo

Factores Financieros

Los factores financieros: están relacionados con el financiamiento y los costos de operación y mantenimiento. Dentro de los factores financieros a considerar se tiene:

- Costos de operación y mantenimiento
- Costos de inversión inicial y flujo de inversión para la ejecución del plan
- Costos unitario de tratamiento
- Costo unitario de expansión de la red

Factores Ambientales: están relacionados al grado de impactos potenciales del plan

- Punto de descarga
- Calidad del cuerpo receptor
- Reuso del recurso agua
- Riesgo y amenazas naturales
- Disposición de lodos

1-11-2 Análisis de multi-criterios

Un cuadro de puntaje típico para representar un análisis multi-criterios, se presenta en la tabla a continuación.

El primer factor de evaluación necesita ser ponderado para reflejar su importancia relativa. El puntaje de ponderación se presenta en términos de importancia para cada factor en la evaluación. Una alta ponderación se presenta en factores de mayor importancia. El puntaje de la ponderación debe ser marcado en cada factor del cual la sumatoria de puntajes da como resultado 10.

Tabla 1-11-1 Evaluación por ponderación

Factor de evaluación	Ponderación
Factores técnicos	3.0
Factores economicos y social	2.0
Factores financiero	3.0
Factores ambientales	2.0
Total	10

Luego, a cada opción se le da un puntaje por un grupo de personal seleccionado. El metodo más simple es por lo general:

- ◆ Darle puntaje sobre 10 para cada factor a cada opción
- ◆ Multiplicar cada puntaje por el factor de ponderación para llegar al puntaje requerido
- ◆ Identificar alguno de los puntajes que tenga diferencias significativas entre diferentes personas que lo revisen. De ser el caso, obtener aclaraciones de los individuos y revisar los puntajes se ser necesario
- ◆ Proporcionar una lista consolidada de cada opción
- ◆ De los totales, seleccionar las opciones preferidas para un análisis más en detalle

Un ejemplo de la ponderación para dos opciones, X y Y, para cada factor resumido en la Tabla 1-11-1 anterior, se presenta en la Tabla 11-1-2. Notar que puntajes altos significan una mejor opción o una más aceptable. Para el caso, X es mejor que Y.

Tabla 1-11-2 Ejemplo de ponderación

Factor de evaluación	Ponderación	alternativa X		alternativa Y	
		Puntos	Puntaje	Puntos	Puntaje
Factores técnico	3.0	9	27	9	27
Factores economicos y sociales	2.0	7	14	7	14
Factor financiero	3.0	7	21	3	9
Factores ambientales	2.0	5	10	5	10
Total			72		60

1-12 Plan de implementación

La opción más adecuada se selecciona considerando factores financieros y no financieros, sin embargo debe ser examinada en más detalle para identificar ventajas y desventajas y optimizarla. Esto se realiza en las etapas de conceptualización y diseño detallado del borrador del plan. Sin embargo, una evaluación preliminar en base a información recolectada en la etapa de planificación, resulta beneficiosa. El aspecto más importante a analizar es la implementación de los trabajos por etapas, que presenta el tiempo en el que los alcantarillados y unidades de tratamiento deben ser construidos.

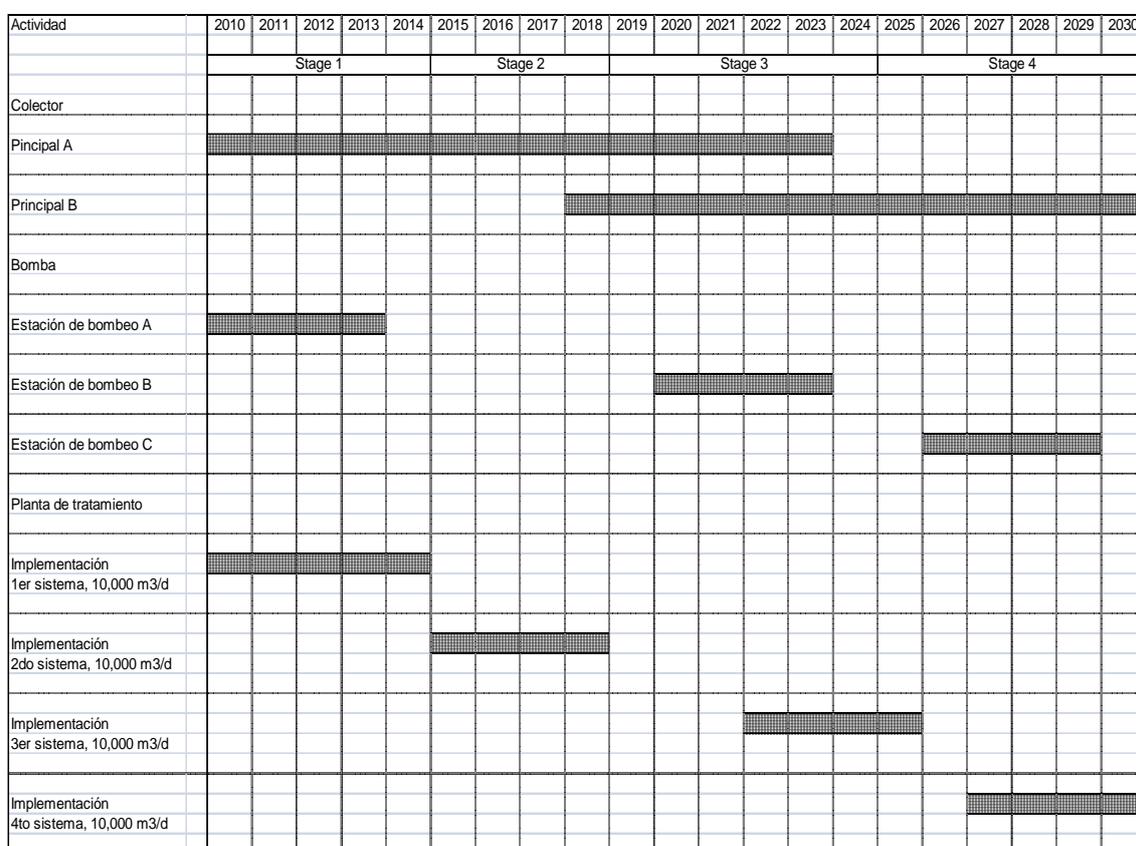


Fig. 1-12-1 Ejemplo de plan de implementación de alcantarillado

Además, en la etapa de implementación el diseño del plan de inversión es de gran importancia. Si se elabora un plan de inversión por etapas, los egresos (gastos de capital y costos de O/M en el sistema de alcantarillado) y los ingresos (de existir un sistema tarifario para alcantarillado) se calculan por año. En base a los ingresos y egresos, se elabora el plan financiero a presentar, el que deberá incluir:

- a) Identificación de fuentes para recaudar capital para la instalación del sistema y fondos para amortizar préstamos de ser necesario
- b) métodos para aumentar ingresos para llegar a los egresos anuales de la disposición de aguas residuales, incluyendo la determinación de tarifas.
- c) la formación y el uso de fondos de reserva y contingencia
- d) contabilidad relacionada con ingresos y egresos
- e) sueldos, salarios, existencias en bodega y costos

Las siguientes fuentes para aumentar capital pudieran ser consideradas:

- i) fondos del gobierno central,
- ii) Cooperación no reembolsable de países y agencias
- iii) Recursos propios, lo cual significa invertir los fondos de superávit de la autoridad misma, lo cual resulta lo más económico ya que la tasa de interés sería la más baja, y
- iv) préstamos externos de
 - a) Gobiernos con términos de pago estipulados
 - b) Préstamos de mercado abierto a través de fianzas
 - c) Asistencia bilateral
 - d) Agencias internacionales tales como el Banco Mundial, Banco Inter-Americano de Desarrollo (BID)

Capítulo 2 LEGISLACION PARA LA PLANIFICACION DEL ALCANTARILLADOS

Para la planificación del Alcantarillado Sanitario de las aguas residuales de tipo ordinario y/o especial, existe legislación (leyes, reglamentos y normas) la cual rige el control y cumplimiento que se le debe dar a los tratamientos que se realicen previos a la descarga de un cuerpo receptor.

Por ello se hace necesario del conocimiento de la legislación se utiliza en nuestro medio, correspondiente al Alcantarillado Sanitario.

2-1 LEY DE ANDA

ANDA se crea en 1961 con el objeto de proveer y ayudar a proveer a los habitantes sistemas de abastecimiento, obras, instalaciones y servicios para proveer agua potable (Art. Ley ANDA). ANDA opera mayoritariamente el Subsector de Agua Potable y Alcantarillado, es la principal responsable de brindar cobertura al Área Metropolitana de San Salvador, ciudades intermedias y pequeñas del país y acueductos rurales.

Dentro de las facultades de la ANDA está el de construir y reconstruir bajo contrato, previa licitación, agentes o empleados, estudios, investigación, evacuación, tratamiento y disposición final de las aguas residuales (Art. 3, literal I, numeral 2 ANDA).

ANDA debe someter a la aprobación del Ministerio de Economía, tarifas razonables por los servicios de agua potable, alcantarillado u otros artículos o servicios vendidos, prestados o suministrados por ella, y cobra de acuerdo a las mismas (Art. 3, literal p, Ley de ANDA).

Asimismo ANDA gozará de preferencia, para el uso o aprovechamiento de cualquier cuerpo de agua u otros bienes de propiedad nacional o privada, que sean considerados necesarios al abastecimiento de aguas de descarga de alcantarillados sanitarios, sobre cualquier derecho que con las mismas finalidades tuvieren o alegaren personas naturales o jurídicas, organismos oficiales o semioficiales. (Art. 70). Con esta norma se justifica aún más las acciones de expropiación a que puede echar mano la ANDA.

2-2 CODIGO DE SALUD

Art. 56.- El Ministerio, por medio de los organismos regionales, departamentales y locales de salud, desarrollará programas de saneamiento ambiental, encaminados a lograr para las comunidades;

- a) El abastecimiento de agua potable;
- b) La disposición adecuada de excretas y aguas servidas;
- c) La eliminación de basuras y otros desechos;

- ch) La eliminación y control de insectos vectores, roedores y otros animales dañinos;
- d) La higiene de los alimentos;
- e) El saneamiento y buena calidad de la vivienda y de las construcciones en general;
- f) El saneamiento de los lugares públicos y de recreación
- g) La higiene y seguridad en el trabajo;
- h) La eliminación y control de contaminaciones del agua de consumo, del suelo y del aire;
- i) La eliminación y control de otros riesgos ambientales.

Art. 57.- El Ministerio por medio de sus organismos tendrá facultades de intervención y control en todo lo que atañe a las actividades de saneamiento y obras de ingeniería sanitaria.

El código de Salud prohíbe en su art. 67 la descarga de aguas negras y servidas en acequias, quebradas, barrancos, ríos, lagos, esteros y cualquier depósito o corriente de agua que se utilice para uso público.

De igual forma en su art. 69 prohíbe descarga de aguas servidas y negras en las vías públicas, parques, predios públicos y privados y en lugares no autorizados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)

2-3 NSO 13.49.01:09 AGUA. AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR

Esta norma establece las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores.

La norma se aplica en todo el país desde el once de Septiembre del año dos mil nueve, para la descarga de aguas residuales vertidas a cuerpos de agua receptores superficiales. Deberá observarse el cumplimiento de los valores permisibles establecidos en esta norma, de forma que no se causen efectos negativos en el cuerpo receptor, tales como color, olor, turbiedad, radiactividad, explosividad y otros. El aprovechamiento del suelo como elemento para el reuso o tratamiento de las aguas residuales queda sujeto a lo establecido en el Reglamento Especial de Aguas Residuales, los respectivos permisos ambientales emitidos y la norma de Reuso de Aguas Residuales que se adopte.

Se muestra la tabla que rige los parámetros de aguas residuales.

Tabla 1. Valores máximos de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario, para descargar a un cuerpo receptor.

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO _{5,20} (mg/l)	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO	150	60	1	60	20

REQUISITOS: los niveles máximos permisibles de los parámetros de esta norma deberán ser alcanzados por medio de los tratamientos respectivos.

2-4 LEY DE MEDIO AMBIENTE

La Ley del Medio Ambiente, fue creada con el objeto de velar por la protección, conservación y recuperación del medio ambiente y garantizar una mejor calidad de vida, para las presentes y futuras generaciones.

Se declara de Interés Social, la protección y mejoramiento del medio ambiente, obligando a las Instituciones públicas o Municipales a incluir en forma prioritaria en todas sus acciones, planes y programas, el componente ambiental (Art. 4).

La supervisión de la calidad y cantidad de agua es responsabilidad del MARN (Ley Medio Ambiente, Art. 49), para ello deberá crear un reglamento que contenga las normas técnicas para tal efecto, garantizando la disponibilidad, cantidad y calidad del agua para el consumo humano y otros usos, así como la participación de los usuarios.

Art. 16.- El proceso de Evaluación ambiental tiene los siguientes instrumentos:

- b) Evaluación de Impacto Ambiental;
- c) Programa Ambiental;
- d) Permiso Ambiental;
- e) Diagnóstico Ambientales;

Evaluación del Impacto Ambiental

Art. 18.- es un conjunto de acciones y procedimientos que aseguran que las actividades, obras o proyectos q tengan un impacto ambiental negativo en el ambiente o en la calidad de vida de la población, se sometan desde la fase de preinversión a los procedimientos que identifiquen y cuantifiquen dichos impactos y recomienden las medidas que les prevengan, atenúen, compensen o potencien, según sea el caso, seleccionando la alternativa que mejor garantice la protección del medio ambiente

Art. 23.- El estudio de impacto ambiental (EslA) se realizará por cuenta del titular, por medio de un equipo técnico multidisciplinario.

Art. 27.- Para asegurar el cumplimiento de las condiciones, fijadas en el permiso ambiental, por el titular de obras o proyectos, el Ministerio, realizará auditorias de evaluación ambiental de acuerdo a los siguientes requisitos:

- a) Las auditorias se realizarán periódicamente o aleatoria, en la forma que establezca el reglamento de la presente ley;

b) El Ministerio, se basará en dichas auditorias para establecer las obligaciones que deberá cumplir el titular o propietario de la obra o proyecto en relación al permiso ambiental; y

c) La auditoria de evaluación ambiental constituirá la base para los programas de autorregulación para las actividades, obras o proyectos, que se acojan a dicho programa.

Art. 29.- Para asegurar el cumplimiento de los Permisos Ambientales en cuanto a la ejecución de los Programas de Manejo y Adecuación Ambiental, el titular de la obra o proyecto deberá rendir una Fianza de Cumplimiento por un monto equivalente a los costos totales de las obras físicas o inversiones que se requieran, para cumplir con los planes de manejo y adecuación ambiental. Esta fianza durará hasta que dichas obras o inversiones se hayan realizado en la forma previamente establecida.

Art. 44.- El Ministerio, en coordinación con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, velará por el cumplimiento de las normas técnicas de calidad ambiental. Un reglamento especial aprobado por el Presidente de la República contendrá dichas normas.

Art. 49.- El Ministerio será responsable de supervisar la disponibilidad y la calidad del agua.

Un reglamento especial contendrá las normas técnicas para tal efecto, tomando en consideraciones: e) Vigilar que en toda actividad de reutilización de aguas residuales, se cuente con el Permiso Ambiental correspondiente, de acuerdo a lo establecido en esta ley.

Art. 65.- El uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, deberá asegurar la sostenibilidad del mismo, su cantidad y calidad, protegiendo adecuadamente los ecosistemas a que pertenezcan.

Las instituciones que tengan competencias para el uso de un mismo recurso, deberán coordinar y compatibilizar su gestión con las disposiciones de la presente ley y sus reglamentos para asegurar la sostenibilidad en el aprovechamiento de dicho recurso.

Diagnósticos Ambientales

Art. 107. - Los titulares de actividades, obras o proyectos públicos o privados, que se encuentren funcionando al entrar en vigencia la presente ley, que conforme al Art. 20 de la misma deban someterse a evaluación de impacto ambiental, están obligados a elaborar un diagnóstico ambiental en un plazo máximo de dos años y presentarlo al Ministerio para su aprobación. El Ministerio podrá establecer plazos menores hasta por un año en los casos de actividades, obras o proyectos en operación que generen productos peligrosos o usen procesos peligrosos o generen emisiones altamente contaminantes.

Al diagnóstico deberá acompañarse su correspondiente programa de adecuación ambiental como requisito para el otorgamiento del permiso respectivo; deberá contener los tipos y niveles de contaminación e impactos ambientales de la actividad,

obra o proyecto en ejecución.
El contenido, alcance y los procedimientos para su elaboración serán establecidos en el reglamento de la presente ley.

Art. 108.- El Programa de Adecuación Ambiental, deberá contener todas las medidas para reducir los niveles de contaminación para atenuar o compensar, según sea el caso, los impactos negativos en el ambiente.

Para la ejecución del Programa de Adecuación Ambiental, el titular de una actividad, obra o proyecto, contará con un plazo máximo de tres años.

El plazo anterior podrá reducirse, en el caso de actividades, obras o proyectos en operación que elaboren productos peligrosos o usen procesos o generen emisiones altamente contaminantes

Reglamento General de La Ley del Medio Ambiente.-Decreto N° 17

Desarrolla las normas y preceptos contenidos en la Ley de Medio Ambiental

- De las Unidades Ambientales y sus funciones.
- Del contenido de los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA.)
- Permiso Ambiental
- Fianza Ambiental
- Procedimientos Sancionatorios.
- De las Normas de Aguas Residuales.

Determinación de procedencia del EsIA

Art. 22.- El Ministerio, a través del análisis de la información presentada por el titular en el Formulario Ambiental y de la Inspección al sitio de Ubicación del proyecto, y tomando en cuenta la envergadura y naturaleza de impacto potencial, en un plazo máximo de veinte días hábiles a partir de su recepción, determinará si procede o no la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental; en caso negativo, se otorgará el Permiso Ambiental; si fuere afirmativo, el Ministerio proporcionará los lineamientos para los Términos de Referencia para elaborar el Estudio de Impacto Ambiental.

Existen otros reglamentos derivados de la Ley de Medio Ambiente, dentro de los cuales están:

- ◆ Reglamento Especial de aguas residuales
- ◆ Reglamento Especial en Materia de Desechos Sólidos.
- ◆ Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental
- ◆ Reglamento Especial para la Compensación Ambiental

2-5 REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES

DECRETO N° 39

Art. 1.- El presente Reglamento tiene por objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación,

protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación.

Art. 2.- Las disposiciones del presente Reglamento serán aplicables en todo el territorio nacional, independientemente de la procedencia y destino de las aguas residuales; sin perjuicio de las normas contenidas en la Ley del Medio Ambiente, en lo sucesivo la Ley, y sus demás reglamentos.

Art. 5.- En cumplimiento de lo estipulado en los Arts. 107, 108 y 109 de la Ley, los titulares de las obras, proyectos o actividades correspondientes deberán considerar en sus Programas de Adecuación Ambiental, la aplicación gradual de las medidas de atenuación o compensación para el impacto negativo ocasionado por aquéllas sobre el recurso hídrico.

Art. 6.- En base al Art. 27 de la Ley, el Ministerio realizará las auditorias en la forma en que considere necesarias en las obras, instalaciones y aprovechamientos de aguas residuales, que se identifiquen en el proceso de evaluación ambiental como medidas de prevención, atenuación o corrección de la contaminación de las aguas.

De igual manera realizará inspecciones, de oficio o a instancia de parte, para determinar el cumplimiento al Art. 49 letra e) de la Ley y a lo establecido en este Reglamento. En caso que la actividad de que se trate no cuente con el Permiso Ambiental respectivo, se iniciará el procedimiento para la determinación de la responsabilidad administrativa, sin perjuicio de informar adecuadamente a la autoridad competente para los efectos de las responsabilidades civil y penal que correspondan.

Tratamiento de aguas residuales

Art. 7.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, titular de una obra, proyecto o actividad responsable de producir o administrar aguas residuales y de su vertido en un medio receptor, en lo sucesivo denominada el titular, deberá instalar y operar sistemas de tratamiento para que sus aguas residuales cumplan con las disposiciones de la legislación pertinente y este Reglamento.

Art. 8.- En cuanto a la disposición de lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipos ordinario y especial, estará sujeta a lo dispuesto en el Programa de Manejo o Adecuación Ambiental correspondiente y a la legislación pertinente.

Art. 9.- Los titulares deben elaborar y presentar al Ministerio informes operacionales de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y de las condiciones de sus vertidos, que reflejen la frecuencia del muestreo, conforme a lo estipulado en los Arts. 16, 19 y 25 de este Reglamento. El resumen anual formará parte del informe anual de resultado de la aplicación de los Programas de Manejo Ambiental o de Adecuación Ambiental.

Los costos de los análisis para la elaboración de los informes operacionales serán sufragados por el titular.

Art. 10.- Los informes operacionales periódicos deberán contener como requisitos mínimos la siguiente información:

- a) Registro de Aforos;
- b) Registro de análisis de laboratorio efectuados por el titular y los efectuados por laboratorios acreditados, según la legislación pertinente;
- c) Registro de daños a la infraestructura, causados por situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y funcionamiento del sistema;
- d) Situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y el funcionamiento del sistema que originen descargas de aguas residuales con niveles de contaminantes que contravengan los límites permitidos por las normas técnicas respectivas;
- e) Evaluación del estado actual del sistema, y
- f) Acciones correctivas y de control.

Análisis Obligatorio

Art. 11.- En base al Art. 23, de la Ley y con el fin de que los análisis incluidos en los informes requeridos en el Permiso Ambiental sean válidos, deberán provenir de laboratorios legalmente acreditados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en lo sucesivo CONACYT. Tales laboratorios son aquellos con los que se puede demostrar que la caracterización del vertido cumple con las normas técnicas de calidad ambiental establecidas.

En caso de análisis para los cuales no se contare con laboratorios previamente acreditados por el CONACYT, podrá permitirse que sean aquellos realizados por laboratorios que estén en proceso de acreditación, para lo cual el CONACYT remitirá al Ministerio el listado correspondiente.

Art. 12.- En la evaluación de la calidad de las aguas residuales se incluirá el análisis de las características físico - químicas y microbiológicas, de conformidad con las normas técnicas de calidad de aguas residuales.

Art. 13.- Durante el análisis de las características físico - químicas y microbiológicas de las aguas residuales de tipo ordinario deberán ser determinados, esencialmente, los valores de los siguientes componentes:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5);
- b) Potencial hidrógeno (pH);
- c) Grasas y aceites (G y A);
- d) Sólidos sedimentables (SSed);

- e) Sólidos suspendidos totales (SST);
- f) Coliformes totales (CT), y
- g) Cloruros (Cl-).

Art. 14.- Los análisis de coliformes fecales serán obligatorios cuando:

- a) Las aguas residuales fueren vertidas en medios receptores de agua utilizados para actividades recreativas de contacto primario, acuicultura o pesca; b) Se originen en hospitales, centros de salud, laboratorios microbiológicos, y c) En los casos del Permiso Ambiental.

Art. 17.- Las frecuencias de muestreo y análisis establecidas en este Reglamento son las mínimas requeridas para la elaboración y presentación de los informes operacionales. Su aplicación se limita a las aguas residuales vertidas en cualquier medio receptor.

Art. 18.- La frecuencia mínima de muestreo y análisis según caudal y componentes característicos, de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario, se realizará según se establece a continuación:

PARÁMETROS	CAUDAL m ³ / día		
	< 50	> 50	> 100
PH, Sólidos Sedimentables y Caudal	Mensual	Semanal	Diario
Grasa y aceites	Anual	Semestral	Trimestral
DBO _{5,20}	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Sólidos Suspendidos Totales	Anual	Semestral	Trimestral
Coliformes fecales	Trimestral	Trimestral	Trimestral

No obstante lo establecido en este Reglamento, en el caso de los parámetros pH, Sólidos Sedimentables y Caudal, para los efectos establecidos en este artículo, no requieren ser practicados por un laboratorio acreditado; sin embargo, deberán estar incluidos en el informe operacional. También se estará a lo dispuesto en el Art. 16, dependiendo de la obra, proyecto o actividad de que se trate.

Art. 21.- Para cumplir con el informe anual mencionado en el Art. 9 de este Reglamento, el titular llevará un registro de muestras, análisis y resultados, los cuales serán elementos básicos para la elaboración del informe anual.

Art. 26.- Para efectos de descarga de aguas residuales a un medio receptor, no es permitido:

a) La explotación o uso de agua con fines de dilución de aguas residuales, como tratamiento previo a la descarga, y

b) La dilución de cualquier materia que pudiera obstaculizar en forma significativa el flujo libre del agua, formar vapores o gases tóxicos, explosivos, inyección de gases, sustancias que causen mal

Art. 27.- Las contravenciones a lo preceptuado en el presente Reglamento serán sancionadas de conformidad con la Ley, salvo cuando los hechos fueren constitutivos de delitos o faltas, en cuyo caso el Ministerio notificará a las autoridades competentes

2-6 CRITERIOS DE CATEGORIZACION

La categorización de las actividades, obras o proyectos que, conforme al Art. 21 de la Ley del Medio Ambiente, requieren presentar un Estudio de Impacto Ambiental y de acuerdo a la misma, deben ser sometidos a la Evaluación Ambiental, entendida como el proceso o conjunto de procedimientos, que permite al Estado, en base a un Estudio de Impacto Ambiental, evaluar los impactos ambientales que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el ambiente, así como asegurar la ejecución y seguimiento de las medidas ambientales que puedan prevenir, eliminar, corregir, atender, compensar o potenciar, según sea el caso, dichos impactos ambientales.

Este documento se encuentra dividido en dos grupos. El Grupo A, que se ha Denominado “Actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial bajo”, se deriva de que el titular de la actividad, obra o proyecto, no debe presentar documentación ambiental.

El Grupo B, denominado “Actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial leve, moderado o alto”, se deriva de que el titular de la actividad, obra o proyecto, debe presentar documentación ambiental. Este grupo se divide en dos categorías, la primera correspondiente a las actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial leve y la segunda a las actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial moderado o alto. Como resultado de la evaluación ambiental que realiza el Ministerio de la categoría 1 derivará la Resolución de que la actividad, obra o proyecto no requerirá de la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental.

A. Estructura de la Categorización

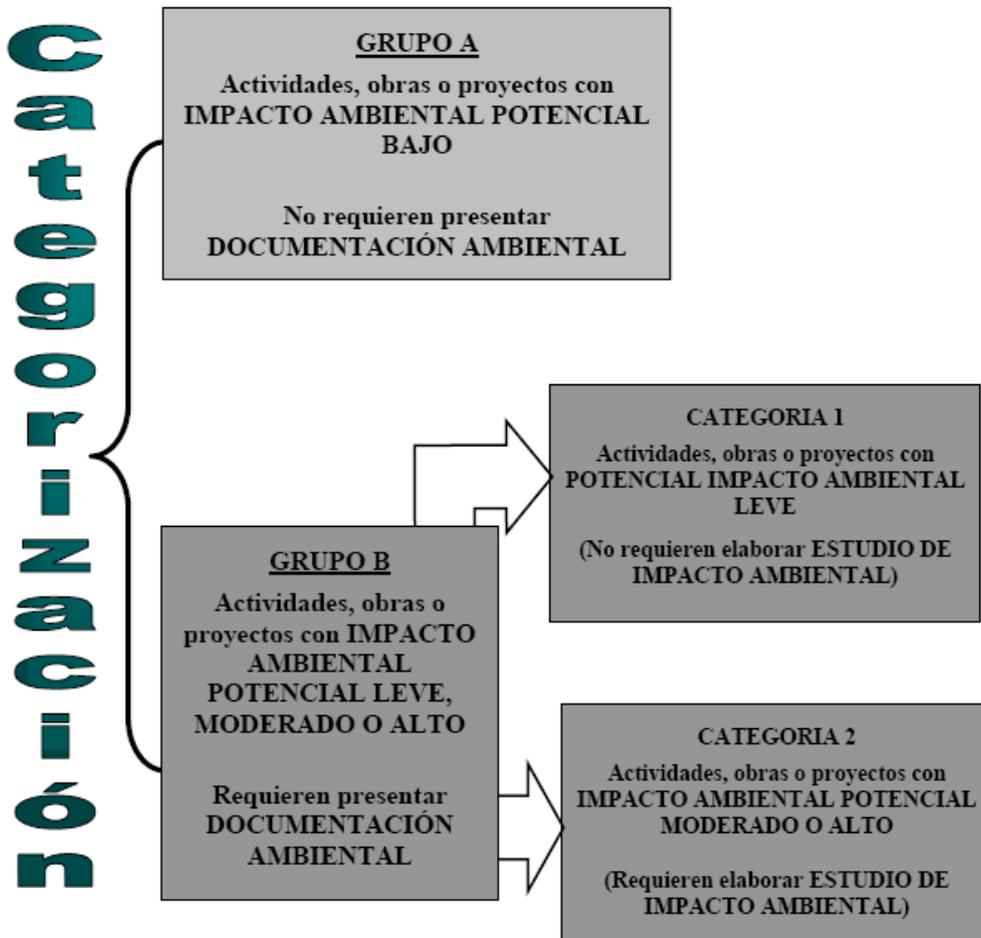


Fig. 1. Esquemización de la Estructura de la Categorización

La categorización tiene como alcance la definición de parámetros y variables para las actividades, obras o proyectos que conforme la Ley del Medio Ambiente requieren de Permiso Ambiental, priorizando aquellos que requieren mayor demanda de atención en el Ministerio, siendo los siguientes. A continuación se presenta el listado:

GRUPO A: ACTIVIDADES, OBRAS O PROYECTOS CON IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL BAJO, QUE NO REQUIEREN LA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTACIÓN AMBIENTAL.

En este Grupo se establecen aquellas actividades, obras o proyectos cuyos impactos ambientales potenciales a ser generados en los componentes del medio receptor (suelo, aire y agua) y a la salud de la población o bienestar humano, se prevé serán bajos, es decir, aquellos cuyos impactos potenciales en el medio, sean simples e inmediatos, por tanto “No Requieren presentar documentación Ambiental”.

Los impactos ambientales potenciales bajos a que se refiere este Grupo, se fundamentan en los criterios siguientes:

Grupo A: Actividades, obras o proyectos de agua y saneamiento	
1.	Construcción de cisternas y tanques de almacenamiento para abastecimiento de agua potable que no incluyan extracción de nuevas fuentes de abastecimiento, no se localicen en áreas frágiles o zonas de protección de drenajes naturales
2.	Limpieza y reparación de pozos, captaciones, tanques, cisternas, líneas de impelencia, líneas aductoras y redes de distribución
3.	Sustitución de infraestructura de acueducto: líneas de impelencia, líneas aductoras y redes de distribución
4.	Ampliación de redes de distribución de acueducto y acometidas domiciliarias, que no incluyan nuevas fuentes de abastecimiento
5.	Reparación de infraestructura de alcantarillado sanitario
6.	Reparación de plantas de tratamiento existentes
7.	Cambio o instalación de infraestructura de alcantarillado: redes, colectores, pozos de visita
8.	Instalación de redes, colectores y pozos de visita para conexión a sistemas de alcantarillado existente
9.	Construcción y reparación de casetas para paneles de control y/o equipos de desinfección, instalaciones electromecánicas de sistemas de abastecimiento de agua o de plantas de tratamiento, resguardo de operadores y cercas perimetrales
10.	Trabajos de emergencia y mitigación: Reparación de taludes, de tanques, bocatomas, líneas de impelencia y colectores colapsados, previa declaración de emergencia por parte del ente competente, considerando que de no ejecutarse las mismas, podrían repercutir en peligro el desabastecimiento de agua a poblaciones enteras, contaminación y enfermedades por fugas de aguas negras, accidentes viales, deslaves u otras consecuencias graves a la infraestructura y aún más, a vidas humanas.

Grupo B, Categoría 1: ACTIVIDADES, OBRAS O PROYECTOS CON IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL LEVE. NO REQUIEREN ELABORAR ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

La Categoría 1 del Grupo B, corresponde a las actividades, obras o proyectos, cuyos impactos ambientales potenciales son leves, en cuyo caso el Ministerio emitirá Resolución de que no se requiere la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, a través del Formulario Ambiental debidamente completado y la información anexa que con él se solicite.

Los criterios técnicos para la evaluación de estas actividades, obras o proyectos, son: ubicación y acceso a la fuente, tipo de fuente de agua a utilizar, tipo de sistema de abastecimiento, población a ser abastecida, demanda prevista (actual y futura), profundidad del agua subterránea, tipo de sistema de saneamiento, con uno de ellos que no cumpla, pasará a la siguiente categoría de este grupo.

Grupo B, Categoría 2: ACTIVIDADES, OBRAS O PROYECTOS CON IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL MODERADO O ALTO. REQUIEREN ELABORAR ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

Las actividades, obras o proyectos incluidos en esta Categoría, deberán presentar un Estudio de Impacto Ambiental. El Ministerio emitirá una Resolución determinando que se requiere de la elaboración de dicho documento, para lo cual se anexarán los Términos de Referencia correspondientes. De esta Resolución, el titular de la actividad, obra o proyecto, podrá interponer el Recurso de Revisión de acuerdo al Art. 97 de la Ley del Medio Ambiente.

Criterios	Grupo B	
	Categoría 1	Categoría 2
Ubicación y acceso a la fuente	Fuera de Areas Naturales Protegidas, sus zonas de amortiguamiento o áreas de recarga acuífera y no requiera la apertura de accesos	Dentro o fuera de Areas Naturales Protegidas, sus zonas de amortiguamiento o áreas de recarga acuífera y requiera la apertura de accesos
Fuente de agua a utilizar	Pozo o manantial que utilizara hasta el 40% de su disponibilidad en época de estiaje.	Manantial que utilizará más del 40% del caudal en época de estiaje, río, lago, laguna o pozo
Tipo de sistema de abastecimiento	Gravedad o por bombeo	Gravedad o por bombeo
Población a ser abastecida	Hasta 600 personas	Mayor de 600 personas
Demanda en GPM	Hasta 14 gpm*	Más de 14 gpm*
Profundidad del nivel freático	Profundidad mayor a 10.0 metros	Profundidad menor a 10.0 metros
Sistema de saneamiento	Letrinización** y tratamiento de aguas grises o fosa séptica***	Fosa séptica o alcantarillado con sistema de tratamiento de aguas residuales***
Cantidad y calidad del recurso hídrico de la fuente a utilizar	Estudios técnicos que demuestren la disponibilidad del recurso a usar (Aforo o estudio hidrogeológico)	
* Se estima una dotación mínima de 125 litros/persona/día		
** Sistema sanitario unifamiliar para la disposición de excretas sin arrastre de agua		
*** Sistema sanitario unifamiliar para la disposición de excretas y aguas grises con arrastre de agua		

2-7 REGLAMENTO ESPECIAL DE NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL

DECRETO EJECUTIVO NO.40

Art. 6.- A efecto de establecer las acciones de prevención, atenuación o compensación a que se refiere el Art. 20 de la Ley del Medio Ambiente, el titular de cualquier actividad, obra o proyecto de las establecidas en el Art. 21 de la misma, deberá incorporar al Estudio de Impacto Ambiental respectivo, lo siguiente:

1. Determinación de las características físico químicas y biológicas del ecosistema y del medio receptor, en el área de influencia de la actividad, obra o proyecto, según lo establecido en los lineamientos técnicos y específicos dictados por el Ministerio para los estudios correspondientes;

2. Determinación del tipo, calidad y cantidad de los vertidos o emisiones de la actividad, obra o proyecto y la evaluación técnica de los mismos. Se deberá considerar la minimización de la generación de los vertidos o emisiones con el propósito de prevenir la contaminación en los diferentes medios, y
3. Determinación de los impactos ocasionados por el vertido o emisión en el ecosistema y el medio receptor en el área de influencia de la actividad.

Art. 19.- La norma técnica de calidad del agua como medio receptor, que se establezca de conformidad a lo establecido en este Reglamento, se fundamentará en los parámetros de calidad para cuerpos de agua superficiales, según los límites siguientes:

PARAMETRO	LIMITE
Bacterias Coliformes Totales Coliformes Fecales	Que no excedan de una densidad mayor a los 5000 UFC por 100 ml de muestra analizada Que no excedan de una densidad mayor a los 1000 UFC por 100 ml de nuestra analizada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5)	No debe permitirse que el nivel de oxígeno disminuya de 5 mg/L
Oxígeno disuelto	Igual o mayor de 5mg/L
PH	Debe mantenerse en un rango de 6.5 a 7.5 unidades o no alterar en 0.5 unidades de PH el valor ambiental natural.
Turbiedad	No deberá incrementarse mas de 5 unidades de turbiedad sobre los límites ambientales del cuerpo receptor
Temperatura	Debe mantenerse en un rango entre los 20 a 30° C o no alterar a un nivel de 5°C la temperatura del cuerpo receptor
Toxicidad	No debe exceder de 0.05 mg/L de plaguicidas órgano clorados

En cumplimiento del Art. 43 de la Ley del Medio Ambiente, el Ministerio, en coordinación con las instituciones competentes, vigilará la calidad del recurso agua como medio receptor mediante un programa sistemático de monitoreo bajo los lineamientos técnicos que establezca con la participación del Consejo.-

Art. 20.- Para la descarga de aguas residuales se establecerá, según lo dispuesto en este Reglamento, la norma de calidad que contenga los límites permisibles, prevaleciendo el principio de precaución a la contaminación del medio que servirá de receptor de la misma.

DECRETO EJECUTIVO NO. 50

Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección.

- Objeto (art.1): desarrollar los principios contenidos en la Ley Sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y su Reglamento, así como los Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento, referente a la calidad del agua, el control de vertidos ya las zonas de protección con el objeto de evitar, controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos.

- Vertidos al sistema de alcantarillados (Art. 17).*

Cuando se trate de vertidos que descargan el sistema de alcantarillado sanitario, sistema de conducción de aguas residuales, obras de tratamiento y disposición final de las mismas, de propiedad de ANDA, será esta Institución la que aplicará sus propias normas y regulaciones para asegurar la protección y buen funcionamiento de dichas obras.

Las disposiciones de esta norma serán aplicables a todas las descargas de los efluentes líquidos de actividades comerciales, industriales, agroindustriales, hospitalarias o de cualquier otro tipo que afecten o pudiesen afectar directamente a los sistemas de alcantarillado sanitario, en propiedad o administrados por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA. Y el Procedimiento de Autorización de Descarga de Aguas Residuales de Tipo Especial a los Sistemas de Alcantarillado Sanitario en Administración o Propiedad de ANDA.

- De las Zonas de Protección contra la Contaminación (art.44)

La Oficina Conjunta en coordinación con el MAG, MSPAS y ANDA podrá efectuar los estudios necesarios y elaborar las normas pertinentes a fin de establecer las zonas de protección contra la contaminación en aquellos lugares donde se haya determinado técnicamente que el recurso agua debe ser preservado, en su calidad y cantidad. Tales zonas de protección deberán ser establecidas de conformidad a la Ley Forestal.

De las Aguas Negras o Aguas Residuales Domésticas (Art.59)

- El control de la contaminación producida por los residuos líquidos domésticos estará sujeta a las disposiciones de la legislación vigente sobre los usos de abastecimientos de agua potable, domésticos, comerciales e industriales, en aquellos núcleos de población que cuentan con redes de alcantarillado sanitario administrado por ANDA y organismos afines.

*ANDA tiene aprobado la NORMA PARA REGULAR CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL DESCARGADAS AL ALCANTARILLADO SANITARIO.

2-8 LEY DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN

Para el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, pueda otorgar la aprobación de proyectos, es indispensable que los interesados llenen diversos requisitos, entre ello se encuentra en sus literales:

h) resolución de factibilidades emitida por el organismo correspondiente del problema de agua potable, drenaje completo de aguas lluvias, aguas negras, alumbrado eléctrico, servicio telefónico indicando sus conexiones con los servicios públicos ya establecidos;

i) Especificar la clase de materiales que se piense usar para las obras de agua potable, aguas lluvias, aguas negras, cordones, cuneta y tratamiento de las superficies de las vías de tránsito.

Asimismo dicha ley reza en su Art. 94.- Parcelación de instalaciones para el abastecimiento de agua potable y drenaje de aguas negras, que la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillado (ANDA) determinará de acuerdo a las características propias de cada proyecto.

Los sistemas de agua potable y aguas negras en toda parcelación deberán proyectarse y construirse atendiendo las Normas Técnicas para el diseño y construcción de acueductos y alcantarillados sanitarios, emitidas por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillado (ANDA).

2-9 CÓDIGO PENAL DE LA REPÚBLICA DE EL SALVADOR

Art. 255.- El que provocare o realizare, directa o indirectamente, emisiones, radiaciones o vertidos, de cualquier naturaleza en el suelo, atmósfera, aguas terrestres superficiales, subterráneas o marítimas, en contravención a las leyes y reglamentos respectivos y que pusiere en peligro grave la salud o calidad de vida de las personas o el equilibrio de los sistemas ecológicos o del medio ambiente, será sancionado con prisión de cuatro a ocho años.

Art. 256.- En los casos del artículo anterior, la pena será de seis a diez años de prisión si el hecho se atribuyere a persona jurídica, pública o privada, que funcionare sin el correspondiente permiso ambiental o clandestinamente o haya desobedecido las disposiciones expresas de la autoridad ambiental para que corrigiere o suspendiere sus operaciones; hubiere aportado información falsa para obtener el permiso ambiental correspondiente o hubiere impedido u obstaculizado la inspección por la autoridad del medio ambiente.

2-10 LEY DE RIEGO Y AVENAMIENTO

Art. 100.

- Para verter aguas inficionadas, residuos cloacales o aguas servidas de cualquier clase en los cauces naturales o artificiales deben tratarse o depurarse previamente en la forma dispuesta por esta Ley y sus Reglamentos o para instalar en la zona lateral, fajas o zonas de protección de los cauces naturales, acueductos, canales, acequias o almacenamientos artificiales de aguas, obras o trabajos que puedan inficionar o alterar las aguas, que por ellos circulen o se contengan, deberá observarse previamente lo dispuesto por los reglamentos de esta Ley.
- El tratamiento o depuración que previamente se hiciere de las aguas y residuos que menciona el inciso anterior, será a satisfacción del Poder Ejecutivo en los Ramos de Agricultura y Ganadería y Salud Pública y Asistencia Social, quienes ejercerán la vigilancia y fiscalización necesarias, incluso en los

establecimientos fabriles, mineros o agropecuarios que con su actividad sean capaces de tomar inaprovechables las aguas.

Art. 101.

El Poder Ejecutivo en el Ramo de Agricultura y Ganadería dictará las medidas necesarias para:

- a) Impedir que se contaminen las aguas;
- b) Impedir el uso de aguas que reduzcan la fertilidad de los suelos;
- c) Proteger la fauna y flora acuáticas.

Capítulo 3 Diseño de alcantarillados

3-1 Colectores

3-1-1 Caudal de diseño de los colectores

La capacidad de las tuberías será igual al caudal de diseño multiplicado por un factor (f_s), el cual dependerá de la magnitud de variaciones de caudal, de acuerdo a la siguiente tabla:

Ø COLECTOR	FACTOR	Ø COLECTOR	FACTOR
$8'' \leq \varnothing \leq 12''$	2.00	36''	1.40
15''	1.80	42''	1.35
18''	1.60	48''	1.30
24''	1.50	Interceptores o emisarios	1.20
30''	1.45		

$$Q_d = f_s \times Q_{\text{max horario}} = f_s \times (0.8K_2Q_m + Q_i)$$

Donde

Q_d es el caudal de diseño de aguas residuales en l/s

K_2 es el coeficiente de variación horaria (de 1.8 a 2.4)

Q_m es el caudal medio de aguas residuales en l/s

Q_i es el caudal por infiltración

F_s es un factor de seguridad

En caso se tenga un aporte de aguas residuales industriales, se deberá incorporar dentro de la fórmula anterior el factor Q_f , el cual corresponde al aporte industrial,

$$Q_d = f_s \times Q_{\text{max horario}} = f_s \times (0.8K_2Q_m + Q_i + Q_f)$$

Para el diseño de las tuberías se usará la fórmula de Chezy-Manning, considerando el diámetro interno efectivo de la tubería. El coeficiente de rugosidad n será de 0.015 para colectores de cemento-arena o concreto y de 0.011 para PVC

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad \text{por continuidad} \quad Q = A_m V$$

$$Q = \frac{A_m^{5/2} S^{1/2}}{n R_m^{2/3}}$$

Donde:

V es la velocidad en m/s

Q es el caudal en m^3/s

R_h es el radio hidráulico (A_m/P_m) en m

A_m es el área mojada en m

P_m es el perímetro mojado en m

S es la pendiente en m/m

n es el coeficiente de rugosidad (0.015 para colectores de cemento o concreto y 0.011 para PVC)

En colectores primarios y secundarios, la velocidad mínima real será de 0.50 m/seg. a caudal de diseño durante el primer año de funcionamiento. En colectores de urbanizaciones prevalecerá el criterio mínimo diámetro pendiente.

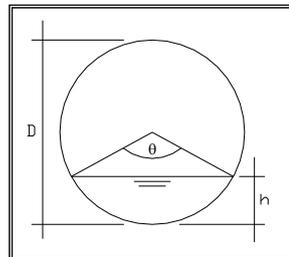
Colectores trabajando a sección parcialmente llena¹

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left(1 - \frac{2h}{D} \right)$$

$$R_h = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi \theta} \right)$$

$$V_r = \frac{0.397 D^{\frac{2}{3}}}{n} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi \theta} \right)^{\frac{1}{2}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_r = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257.15 n (2\pi \theta)^{\frac{3}{2}}} (2\pi \theta - 360 \sin \theta)^{\frac{5}{2}} S^{\frac{1}{2}}$$



Nota: el valor de θ es en grados sexagesimales

3-1-2 Velocidades en los colectores

La velocidad mínima real en colectores primarios y secundarios, será 0.5m/s al caudal de diseño durante el primer año de funcionamiento. En caso de urbanizaciones, se

¹ Guías para el diseño de alcantarillados OPS/OMS

utilizará el criterio de diámetro mínimo pendiente, de forma que la velocidad real mínima sea de 0.5m/s

La velocidad real máxima en colectores será:

Material	V _{max}
PVC	5.0 m/s
Hierro	4.0 m/s
Cemento y concreto	3.0 m/s

3-1-3 Pendiente mínima en colectores parcialmente llenos

En tramos iniciales, la pendiente mínima de los colectores será del 1%, en los demás tramos la pendiente mínima se calculará con la siguiente fórmula:

$$s = \frac{\tau}{\rho g \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi}\right)}$$

Donde:

S es la pendiente

D es el diámetro en m

θ es el ángulo en grados

La pendiente mínima, deberá garantizar una velocidad mínima de 0.5m/s

3-1-4 Diámetro mínimo en colectores

El diámetro mínimo en colectores de aguas negras, será 200mm (8") y en acometidas será 150mm (6")

Para proyectos de interés social, en pasajes peatonales, se podrá utilizar hasta 150mm (6") en colectores, si la longitud es menor de 100m y no se tiene posibilidad de crecimiento.

3-1-5 Profundidad mínima del colector

En los tramos de colector en los cuales se tengan conexiones domiciliarias, los límites de profundidad de tuberías en las zanjas, será de 1.20m como mínimo y de 3.00 m como máximo, medidos sobre la corona de la tubería.

Para profundidades menores de 1.20 m se deberá proteger la tubería con losetas de hormigón armado, soportadas sobre muros laterales de mampostería. a profundidades mayores que 3.0 m se diseñarán colectores superficiales paralelos para conectar las

acometidas domiciliarias, el cual podrá ser instalado en la parte superior del colector principal.

Cuando se trate de viviendas de interés social y específicamente a tuberías de drenaje de Aguas Negras instaladas en pasajes peatonales, la profundidad podrá ser como mínimo 0.8 m sin necesidad de protecciones.

3-1-6 Materiales para colectores

Los colectores de aguas negras, pueden consistir de tuberías de PVC, polietileno de alta densidad, cemento-arena, concreto simple, concreto reforzado o hierro fundido dúctil, de sección circular, para interceptores o emisarios se podrá usar canales con secciones de diferente forma (trapezoidal, rectangular, herradura, ovoide, etc.) cuando razones técnicas o económicas lo justifiquen.

Se deberán tomar en cuenta las condiciones que carga que deberá soportar la tubería, tanto la carga del suelo que cubre la tubería, como la carga por tráfico

En el caso de la tubería que se utilice, en especial con tuberías perfiladas, ya sea de perfil abierto o perfil cerrado, se deberán seguir las instrucciones del fabricante en cuanto al manejo, almacenamiento y colocación de la tubería

3-1-7 Ancho de zanja para instalación de colectores

El ancho de zanja, deberá considerar los espacios mínimos de trabajo necesarios a ambos lados de la tubería y ser suficientemente amplio para permitir la ejecución de estos. De acuerdo a las normas, el ancho en el fondo de la zanja será igual al diámetro externo de la campana de la tubería más 20 cm. a cada lado para permitir la colocación adecuada de la tubería. Se recomienda que el ancho mínimo de la zanja sea 80cm, esto para facilitar el movimiento del personal que instalará la tubería.

Se deberá considerar el ademado de las paredes laterales de la zanja cuando las condiciones del suelo no garanticen la estabilidad de la pared y exista posibilidad de derrumbe. El diseño del ademado deberá ser realizado por personal especializado tomando en consideración las condiciones del suelo.

Para excavaciones con profundidades menores de 3m, se recomiendan los siguientes anchos de zanja:

DN	DN	Zanja sin ademado	Zanja con ademado de 0.30 m
Pulg	mm	m	m
6	150	0.80	1.10
8	200	0.80	1.10
10	250	0.80	1.10
12	300	0.90	1.20

15	350	1.10	1.40
18	450	1.20	1.50
24	600	1.40	1.70
30	750	1.50	1.80
36	900	1.90	2.20
42	1000	2.00	2.30
48	1200	2.10	2.50

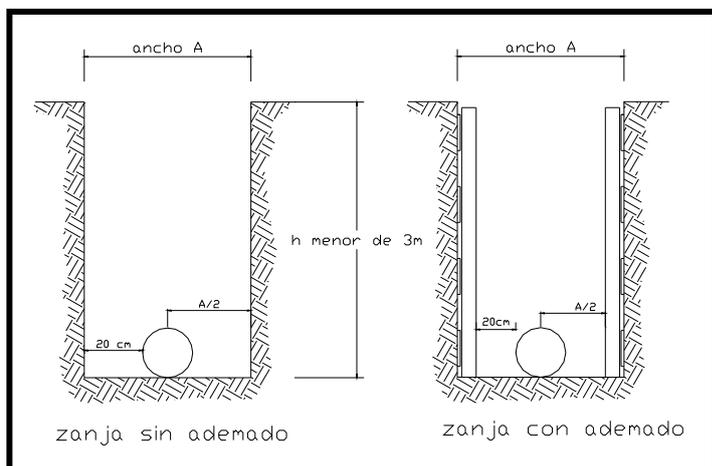


Fig. 3-1-1 zanja para tubería

El cálculo del volumen de excavación, este se hará por tramos, los cuales estarán limitados por dos pozos consecutivos. En el tramo se deberán dividir en rombos, ajustándose la más posible al perfil del suelo natural. El volumen de excavación será el producto del área del rombo multiplicado por el ancho de zanja (A). El ancho de zanja se deberá mantener constante entre dos pozos de visita.

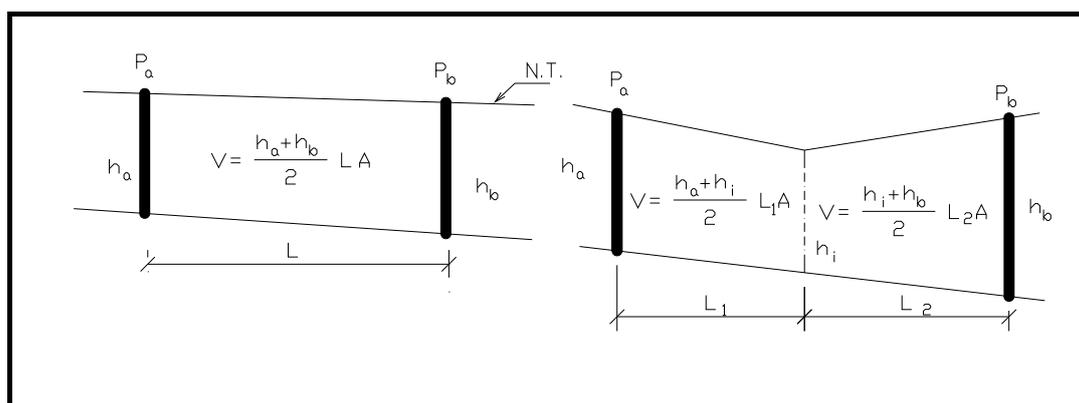


Fig.3-1-2 Seccion de zanja para el calculo del volumen de excavacion

Para profundidades mayores de 3 metros, se deberá considerar una ampliación en el ancho de zanja de 0.6m después de los primeros 3m de profundidad. En caso de excavaciones mayores de 6m, se recomienda la tubería se instale en túnel o a criterio del diseñador se podrá considerar una sobre excavación en el ancho superior de la zanja

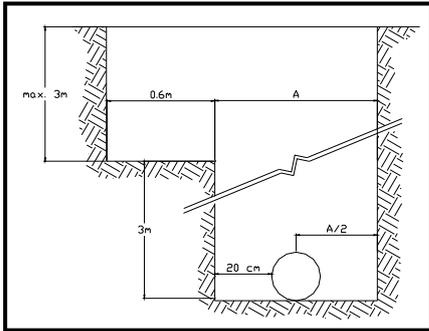


Fig. 3-1-3 sección de zanja con profundidad mayor de 3 metros

Para el cálculo del volumen, al igual que en el caso anterior, se deberá dividir el tramo en rombos y multiplicar el área de cada rombo por el ancho de zanja y agregar el volumen de sobre excavación, el volumen a excavar por tramo será:

$$V = \left(\frac{h_a + h_b}{2} \right) LA + 0.6L \left(\frac{h_a + h_b - 0}{2} \right)$$

3-1-8 Pozos de visita

Los pozos de visita son estructuras que están formadas por la fundación, cilindro, cono y tapadera. Para colectores con diámetros menores a 450mm (18"), el pozo de visita tendrá un diámetro interno de 1.10m como mínimo. La altura del cono será de 900mm.

Los pozos pueden ser construidos con ladrillo, concreto o partes prefabricadas y podrán tener varias entradas, pero solamente una salida

En el fondo de los pozos de visita, se deberá contar con una media caña en dirección del flujo y el piso deberá tener una pendiente del 25% entre el borde de la media caña y las paredes laterales del pozo. Para evitar la formación de remansos, el fondo de la cámara de inspección deberá tener una pendiente similar a la pendiente mayor de los conductos que llegan a ella.

Las tapaderas para pozo de visita, deberán ser construidas de forma tal que puedan soportar la carga en vías de circulación sujetas a alto tráfico vehicular. Se podrán utilizar tapaderas de concreto en pasajes peatonales, en los cuales no se tenga tráfico vehicular.

De acuerdo a las normas, se deberá ubicar un pozo de visita cuando se dé alguna de las siguientes condiciones:

- Cuando se tenga cambio de pendiente
- Cuando se tenga cambio de dirección
- Cuando se tenga cambio de diámetro
- Cuando se tenga cambio de material en el colector
- En la intercepción de colectores

- Cada cien metros
- Al inicio de un colector

3-1-9 Diámetro interno de los pozos de visita

El diámetro interno del pozo de visita depende del diámetro de la tubería, para colectores de hasta 15", el diámetro interno será de 1.10m.

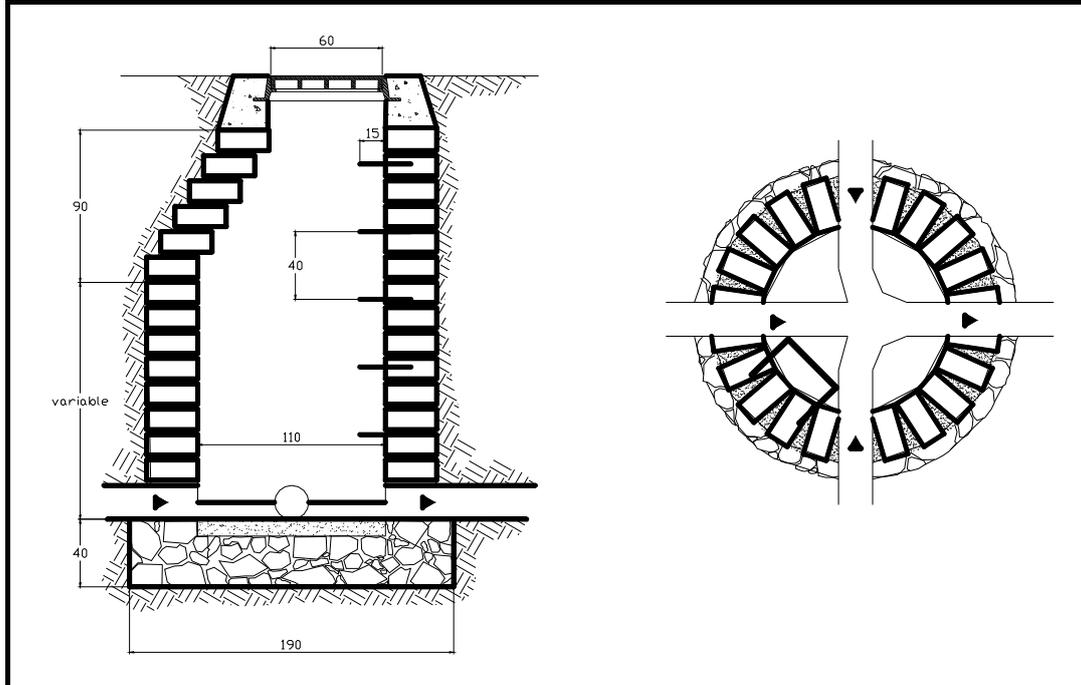


Fig. 3-1-4 seccion de pozo de visita para aguas negras

Para el cambio de dirección del colector, se deberá tomar en consideración el ángulo de deflexión α máximo y el diámetro interno del pozo de visita, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tipo de pozo	1	2	3	4	5
Ø interno del cilindro	1.20m	1.50m	1.80m	1.95m	2.10m
Ø del colector	Valor máximo de la deflexión α dentro del pozo				
18" (45cm)	55°~60°	60°~75°	75°~85°	85°~90°	
24" (60cm)	30°~45°	45°~55°	55°~70°	70°~75°	75°~80°
30" (75cm)	0°~30°	30°~45°	45°~55°	55°~60°	60°~65°
36" (90cm)		0°~35°	35°~45°	45°~50°	50°~55°
42" (105cm)		0°~30°	30°~35°	35°~40°	40°~45°
48" (120cm)			0°~30°	30°~35°	35°~40°
60" (150cm)					0°~30°

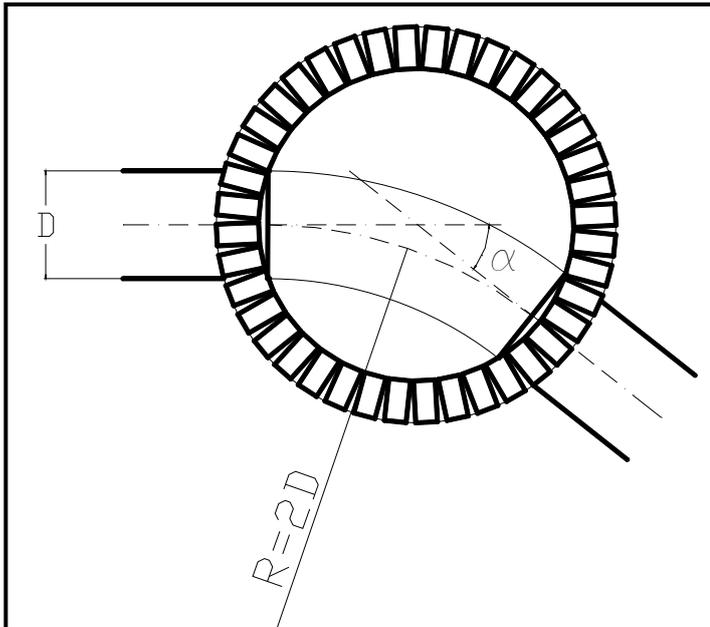


Fig. 3-1-5 cambio de dirección en un pozo de visita

3-1-10 Cajas de inspección

En pasaje peatonales, si la cama hidráulica del pozo se encuentra a una profundidad mayor de 1.40 m se construirá un pozo de diámetro interno de 1.10 m, si la profundidad es menor se construirá una caja de 1m por lado y con profundidad de acuerdo al diseño del colector.

3-1-11 Pozos de visita con cajas de sostén

Si la tubería entrante alcanza el pozo de visita a más de un metro sobre el nivel del fondo se construirá un pozo con caja de sostén; la caída no excederá de 4.00 m; hasta 7.50 m. de caída se usarán cajas dobles. Cuando el material de la tubería sea PVC las cajas de sostén se podrán sustituir por accesorios del mismo material.

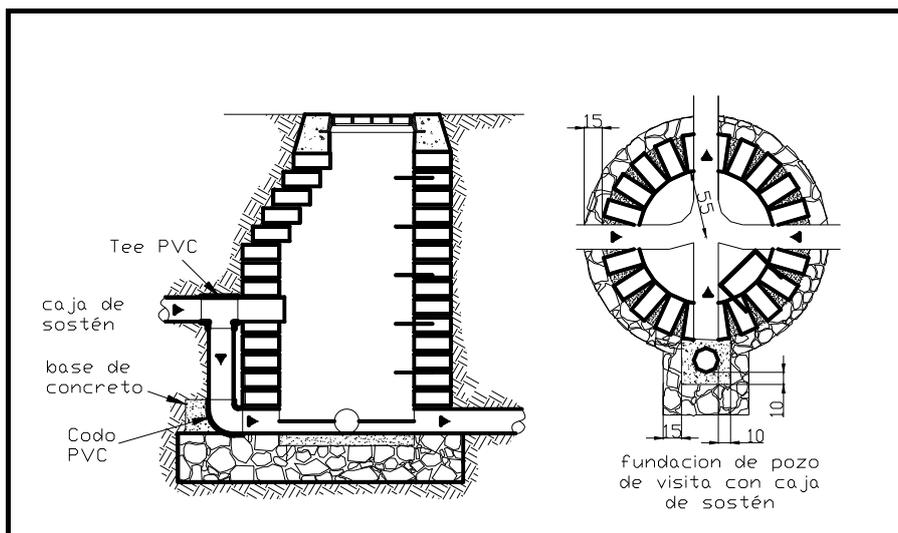


Fig.3-1-6 seccion de pozo de visita con caja de sostén

Las cajas de sostén se construirán según modelos de ANDA.

De acuerdo a los planos tipo de ANDA, se utilizarán cajas de sostén en colectores de hasta 15", para diámetros mayores, se deberá construir una caja disipadora de energía

Cuando desemboquen tuberías de diferente diámetro en un pozo de visita, la de menor diámetro tendrá una caída mínima igual a la mitad del diámetro mayor.

3-1-12 Materiales necesarios para la construcción de un pozo de visita

Para la construcción de un pozo de visita de aguas negras, de acuerdo al plano tipo de anda, se necesitan los siguientes materiales:

	unidad	Arena (m ³)	Cemento (m ³)	Ladrillo (u)	Grava (m ³)	Piedra (m ³)	hierroØ1/4 (ml)
Cono	c/u	0.51	4.6	172			
Cilindro	ml	0.62	5.6	260			
Fundación	c/u	0.60	4.6			1.7	
Media caña	c/u	0.10	3.0		0.10		
Tapadera	c/u	0.14	2.5		0.14		12
Repello cono	c/u	0.10	0.5				
Repello cilindro	ml	0.10	0.5				

No incluye caja de sostén

3-1-13 Acometidas domiciliars

Las acometidas domiciliars es la parte de la red de alcantarillado que conecta la vivienda con el colector de aguas negras.

La acometida domiciliar deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Pendiente mínima de la acometida 2%

- El diámetro mínimo es 6"
- Profundidad máxima en el punto de conexión de la vivienda 0.80m
- La caja de conexión se deberá ubicar a 0.40m del cordón
- Las conexiones domiciliarias no se conectarán a pozos de visita ni a colectores cuya profundidad exceda de 3 m.
- En caso de profundidades de colector mayores a 3m, se deberá colocar un colector auxiliar para conectar las acometidas.

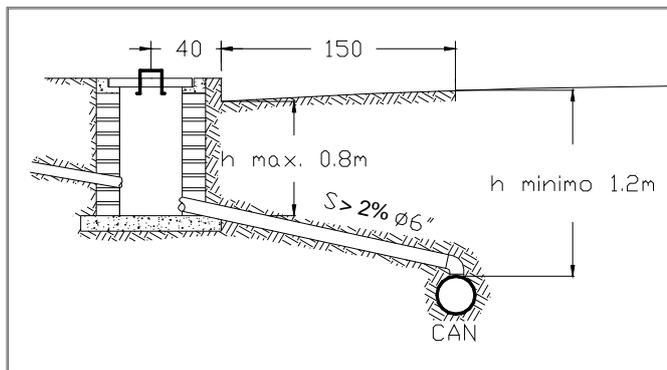


Fig.3-1-7 Acometida de aguas negras con caja de mampostería de ladrillo de barro

La conexión de la red interna de la vivienda o local con la acometida domiciliar, podrá ser mediante caja de mampostería de ladrillo de barro o mediante accesorios.

La acometida doble, es una forma de poder conectar dos viviendas a la red mediante una sola tubería. Para este caso, el diámetro de la acometida será de 6" y las conexiones hacia las viviendas podrán ser de 4".

3-2 Estaciones de bombeo

3-2-1 Diseño de Flujo

La estación de bombeo deberá ser diseñada de acuerdo al máximo flujo por hora.

3-2-2 Diseño de la Bomba

El bombeo de aguas residuales se requiere cuando las aguas de una comunidad no pueden incorporarse a la red por gravedad o cuando no se puede conducir por gravedad el agua hasta la planta de tratamiento.

La estación de bombeo consta de dispositivos para el pre-tratamiento y una cámara para la recepción y acumulación de aguas, en la cual pueden estar instalados los equipos de bombeo.

Los aspectos fundamentales del diseño son el volumen y forma geométrica de la cámara húmeda, el caudal de bombeo, carga dinámica total y características electromecánicas del equipo seleccionado. El bombeo deberá ser concebido para funcionar continuamente o casi continuamente, en especial cuando se está bombeando hacia una planta de tratamiento, en la cual no se cuenta con tanque de

homogenización. Para el caso de redes existentes, se deberá contar con un estudio exhaustivo de los caudales.

Calculo del volumen de cisterna: para el caso de una estación de bombeo con un equipo o varios equipos trabajando en paralelo. Arranca cuando se alcanza el nivel máximo y para cuando se tiene el nivel mínimo.

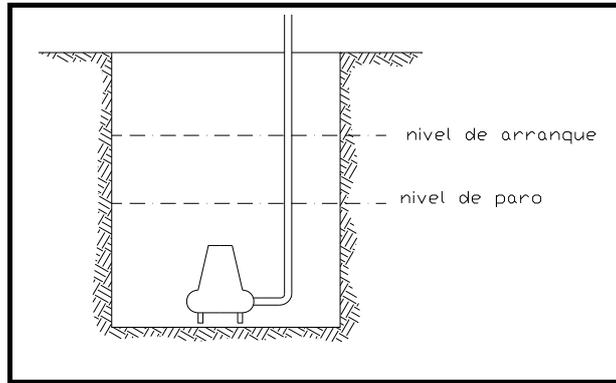


Fig. 3-2-1 cisterna para bombeo de aguas negras

Datos necesarios:

Caudal máximo (Q_{max})

Caudal mínimo (Q_{min})

Caudal de bombeo (Q_b), el cual tiene que ser mayor que Q_{max}

Se asume un Tiempo de funcionamiento en flujo mínimo (tf_{min})

Procedimiento:

Condiciones para flujo mínimo:

1. Se calcula la relación $\frac{Q_b}{Q_{max}}$ (m)

2. Se calcula la relación $\frac{Q_{min}}{Q_{max}}$ (n)

3. Con tf_{min} se calcula el tiempo de paro para caudal mínimo (tp_{min}):

$$tp_{min} = \frac{tf_{min}(m-n)}{n}$$

4. Se calcula el volumen útil (V_u) de la cámara:

$$V_u = tp_{min}Q_{min}$$

5. Se calcula el numero de ciclos de arranque y paro para caudal mínimo:

$$k_{min} = \frac{60}{(tf_{min} + tp_{min})}$$

6. Se calcula el tiempo de paro para caudal máximo:

$$tp_{max} = ntp_{min}$$

7. Se calcula el tiempo de funcionamiento para caudal máximo:

$$tf_{max} = \frac{tp_{max}}{(m-1)}$$

8. Se calcula el numero de ciclos de arranque y paro para caudal máximo:

$$k_{max} = \frac{60(m-1)}{mtp_{max}}$$

El volumen útil de la cisterna deberá ser V_u y el o los equipos trabajarán k_{min} ciclos por hora cuando se den condiciones de flujo mínimo y k_{max} ciclos por hora cuando se tenga el flujo máximo.

3-3 Planta de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales consiste en la remoción de los componentes indeseables que contienen el agua.

La remoción de estos componentes, se logra a través de:

1. Pre-tratamiento
2. Tratamiento primario
3. Tratamiento secundario o biológico

4. Tratamiento terciario o avanzado

3-3-1 Diseño del Flujo

Las instalaciones de pre-tratamiento o tratamiento preliminar de aguas residuales deberán ser diseñadas respecto al máximo flujo por hora.

Las instalaciones tratamiento primario, secundario o tratamiento biológico y terciario o tratamiento avanzado deberán ser diseñadas de acuerdo al máximo flujo diario.

3-3-2 Pre-tratamiento o tratamiento preliminar

Consiste de una serie de procesos físicos, los cuales tienen como objetivo acondicionar las características del agua, de forma tal que no causen problemas de operación y funcionamiento en las etapas siguientes del Pre-tratamiento o tratamiento del agua negra, los cuales pueden ser obstrucción de tuberías, dañar equipos electromecánicos y causar depósitos permanentes en los tanques. Sirven también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento como grandes variaciones de caudal y de composición y la presencia de materiales flotantes como aceites, grasas y otros.

Las unidades de tratamiento preliminar o Pre-tratamiento más importantes son:

- Tamizado
- Desmenuzadores
- Desengrasadores
- Tanques de compensación
- Desarenadores

(1) Tamizado

Por lo general el tamizado es la primera unidad que se encuentra en una planta de tratamiento. El tamiz es un accesorio con aberturas, de dimensiones uniformes, que es utilizado para retener los sólidos gruesos de dimensiones relativamente grandes que estén en suspensión o flotantes.

Los tipos de tamiz utilizadas comúnmente en el pretratamiento de las aguas residuales son las rejas gruesas y las finas. Las rejas gruesas, tienen una separación entre 6 y 150mm y las rejas finas tienen separación menor a 6mm.

Las rejas gruesas son dispositivos constituidos por barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas, las cuales pueden ser rectas o curvadas, mientras que las rejas finas consisten de placas perforadas o mallas de alambre soldado, a través de las cuales fluye el agua residual. En presente manual se tratará solamente sobre las rejas gruesas.

De acuerdo al método de limpieza, las rejas se clasifican en manuales y mecanizadas.



Fig. 3-3-1 Rejas de limpieza mecanizada con rastrillo

Las rejas de limpieza manual son utilizadas en instalaciones de pequeño tamaño y las de limpieza mecanizada son utilizadas en grandes plantas de tratamiento o cuando se requiera minimizar las labores manuales del operador.

Cuando se utilizan rejas de limpieza manual, se deberá tomar en consideración la longitud de las barras, de forma tal que puedan ser alcanzadas por el operador. Las barras se encuentran soldadas en la cara posterior al flujo, de forma que no interfiera con el recorrido de rastrillo al momento de la limpieza.

Tabla 3-3-1 Parámetros típicos para el diseño de barras de limpieza manual y mecanizada²

Parámetro	Unidad	Tipo de limpieza	
		Manual	Mecánica
Tamaño de barra			
Ancho	mm	5~15	5~15
Profundidad	mm	25~38	25~38
Espacio libre entre barras	mm	25~50	15~75
Inclinación con la vertical	°	30~45	0~30
Velocidad de aproximación			
Máxima	m/s	0.3~0.6	0.6~1.0
Mínimo	m/s		0.3~0.5
Perdida de carga permisible	mm	150	150~600

Rejas de limpieza mecánica

² Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, Fourth Edition

El diseño de rejas de limpieza mecanizada, ha evolucionado a través de los años, reduciéndose los problemas en la operación y mantenimiento y a la vez mejorándose la capacidad de remoción de sólidos. Muchos modelos actualmente incluyen el uso de materiales resistentes a la corrosión. Las rejas de limpieza mecánica se dividen en cuatro tipos:

1. Movidas por cadena: la limpieza de las rejas se proporciona mediante rastrillos paralelos entre si y unidos a dos cadenas paralelas entre sí, las cuales están girando constantemente alrededor de dos ejes, uno situado en la parte superior y el otro sumergido en el agua. El material removido es depositado en un recipiente para su retiro
2. Limpieza con rastrillo: La limpieza se realiza mediante el uso de un rastrillo, el cual mediante un movimiento descendente y otro ascendente, arrastra el material retenido hacia un depósito, imitando el movimiento realizado por una persona.
3. Concatenaría: el funcionamiento es parecido al de movidas por cadenas, diferenciándose en que ninguno de los ejes se encuentra sumergido, encontrándose los rastrillos unidos a las cadenas
4. Banda continua: para la limpieza, el rastrillo está fijado a una banda, la cual gira constantemente.

Diseño de rejas gruesas

Para el diseño de rejas gruesas se deberá considerar:

1. Localización
2. Velocidad de aproximación
3. Separación entre rejas
4. Perdida de carga a través de las rejas
5. Manejo de las rejas
6. Mecanismos de control

Localización

En vista que el propósito de las rejas es retener sólidos gruesos que puedan obstruir o dañar las unidades subsiguientes del proceso de tratamiento, estas se deberán colocar antes del desarenador.

Velocidad de aproximación

En unidades de limpieza manual, es esencial que la velocidad de aproximación sea aproximadamente 0.45 m/s para caudal medio, esto para proveer un área adecuada para la acumulación de sólidos entre periodos de limpieza. Para lograr la velocidad de aproximación, se podrá ampliar el canal de llegada a las rejillas y colocar las rejillas en un ángulo bajo para contar con una mayor superficie sumergida. Se deberá considerar que conforme se obstruyan las rejillas, la carga de agua generará una presión sobre éstas, por lo que se deberá considerar el diseño estructural de las mismas.

En caso de rejillas de limpieza mecanizada, se recomienda que se instalen como mínimo dos unidades, esto debido a que al entrar en mantenimiento una de ellas, la otra podrá ponerse a funcionar. Se podrá colocar una sola unidad mecanizada, sin embargo, se deberá contar con una unidad de limpieza manual a la cual se desvíe el agua en caso de mantenimiento. Se deberá contar con compuertas para poder desviar el flujo y poder secar la unidad en caso de mantenimiento. Para casos de emergencia, se deberá colocar un vertedero de rebose, el cual en caso se obstruyan totalmente las rejillas desvíe el flujo, especialmente en los periodos de ausencia del operador.

Con el objeto de eliminar la posibilidad de sedimentación en el canal de aproximación, se deberá considerar una velocidad de aproximación mínima de 0.40 m/s y para evitar el paso de basuras cuando se tienen caudales máximos, la velocidad máxima a través de las rejillas se deberá reducir hasta 0.90 m/s.

Pérdida de carga

La pérdida de carga en rejillas con limpieza mecanizada, es por lo general menor a 150mm por los controles operacionales. El mecanismo de limpieza (rastrillo) opera normalmente basado en un diferencial de presión a través de las rejillas o por un timer. En caso de que se controle por timer, se recomienda ciclos de 15 minutos, sin embargo, en caso de tenerse altos niveles de agua o una alta pérdida de carga, se recomienda se cuente con dispositivos que aceleren los ciclos de trabajo del equipo o lo mantenga trabajando continuamente.

La pérdida de carga es una función de la velocidad de aproximación y la velocidad a través de las rejillas. En caso de rejillas gruesas, la pérdida de carga se puede estimar con la siguiente ecuación:

$$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right)$$

Donde:

H_L es la pérdida de carga en metros

C es un coeficiente empírico de descarga, típicamente se utiliza 0.7 para rejas limpias y 0.6 para rejas sucias

V es la velocidad a través de las rejas en m/s

v es la velocidad de aproximación en m/s

g es la aceleración de la gravedad 9.81 m/s^2

La ecuación anterior aplica solamente para cuando las rejas están limpias. Las pérdidas incrementan de acuerdo al grado de obstrucción en las rejas. El incremento de las pérdidas puede ser estimado considerando una reducción del área libre entre rejas.

Las rejas son empleadas para proteger contra obstrucciones las válvulas, bombas, equipos de aireación, tuberías y otras partes de la planta de tratamiento. También contribuyen a dar una mejor apariencia a la planta de tratamiento y reducen el volumen de flotantes.



Fig. 3-3-2 rejas metálicas con limpieza automática y material retenido

Material retenido en las rejas gruesas

El material retenido en las rejas con separaciones de alrededor de 12mm o mayores consiste de estopa de talleres (waipe), trapos, productos de la higiene femenina, cáscaras de frutas, restos vegetales, pedazos de maderas, tapones de botellas, latas,

materiales plásticos, cepillos y otros objetos que pueden pasar por los inodoros o por las aberturas de los pozos de visita de la red de alcantarillado. La cantidad y características del material retenido varían de acuerdo a la separación entre barras. En la siguiente tabla, se muestran valores típicos para rejas gruesas con redes que trabajan por gravedad.

Tabla 3-3-2 Volumen de sólidos retenidos en una reja gruesa³

Separación entre barras mm	Contenido de humedad %	Peso especifico Kg/m ³	Volumen retenido (l/1000m ³)	
			Rango	típico
12.5	60~90	700~1100	37~74	50
25	50~80	600~1000	15~37	22
37.5	50~80	600~1000	7~15	11
50	50~80	600~1000	4~11	6

Remoción y disposición final del material retenido

Para instalaciones pequeñas la limpieza es ejecutada por rastrillos manuales y el material sacado es enterrado o incinerado. En grandes instalaciones lo retenido es removido mecánicamente y puede ser incinerado, digerido o desmenuzado y devuelto al flujo.

Para evitar los problemas de malos olores, cuando es enterrado el material, debe ser cubierto con una capa de tierra de 30 a 50 centímetros de espesor.

En el caso de la incineración, esta se hace después de un secado parcial del material y a una temperatura arriba de los 700 grados centígrados.

Si se utilizan desmenuzadores, el material desmenuzado, es incorporado al digestor de lodos de la planta. No se recomienda esta práctica, ya que por lo general el material retenido no es putrescible y causa problemas en los digestores

(2) Desmenuzadores (Trituradoras)

Estos equipos son raramente utilizados, se recomienda su uso en combinación con las rejas, en los casos en los cuales las características del material retenido son de tipo orgánico.

La función de las trituradoras, es el convertir en tamaños más pequeños los sólidos retenidos en las rejas. El material una vez desmenuzado, puede incorporarse al caudal o ser retirado para su disposición. Normalmente tiene capacidad para triturar de 20 a

³ Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, Fourth Edition

40 kg/h por HP de potencia. Un problema frecuente es la presencia de material muy duro, el cual obliga a la intervención del operador. Se instalan en combinación de rejas mecanizadas. La potencia de los motores varía entre 0.5 y 2.5 HP, la pérdida de carga está de acuerdo a las características de los equipos y varía entre 0.05 y 0.25m

Los desmenuzadores constan de piezas rotativas con ranuras horizontales de 6 a 10mm de abertura y están equipadas con cortadores especiales. Para la protección de las partes metálicas, es recomendable el instalar los desmenuzadores agua abajo del desarenador.



Fig. 3-3-3 Trituradora

(3) Desengrasadores o trampa de grasa

La función de ese dispositivo es el separar las grasas y aceites del agua, para evitar problemas de material flotante en los componentes de la planta y adherencia de estos en al tuberías. Por lo general son utilizados en los siguientes casos:

- Cuando hay desechos industriales conteniendo grandes cantidades de aceites y grasas
- Restaurantes y hoteles
- Mataderos e instalaciones afines
- Plantas de procesamiento de carnes y pescado
- Previo al lanzamiento submarino de las aguas residuales

Los desengrasadores deben propiciar una permanencia tranquila del agua residual durante el tiempo suficiente para que una partícula a ser removida pueda recorrer la trayectoria entre el fondo y la superficie.

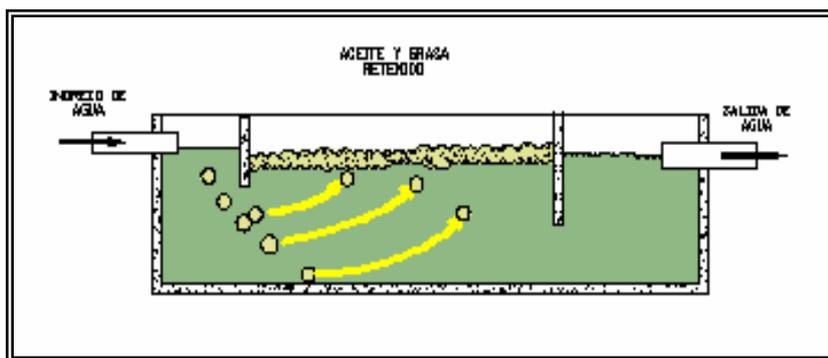


Fig. 3-3-4 Principio de funcionamiento de la trampa de grasa

Dimensionamiento⁴

- Periodo de retención

Cuando la densidad del material a retener tenga una densidad de aproximadamente 0.937kg/m³, el tiempo de retención en la trampa deberá ser por lo menos de:

- 3 minutos si el caudal de ingreso es de 2 a 9 l/s
- 4 minutos si el caudal de ingreso es de 10 a 19 l/s
- 5 minutos para caudales mayores a 20 l/s

Si la densidad del material a retener es mayor, se deberá incrementar el periodo de retención.

- Por cada l/s que ingrese debe existir un área de 0.25m², esto es una tasa de aplicación superficial de 4 l/s/m²
- Relación largo: ancho de 1.8:1

(4) Tanques de compensación

Estos tanques sirven para disminuir los efectos de una gran variación de caudal o concentración en las aguas negras a tratar.

Estos tanques son muy poco utilizados en plantas de tratamiento de aguas de tipo domestico, a no ser en los siguientes casos:

- Cuando hay contribuciones industriales intermitentes con gran variación de caudal o concentración de contaminantes

⁴ Manual de Disposición de Aguas Residuales, GTZ Cooperación Técnica República Federal de Alemania

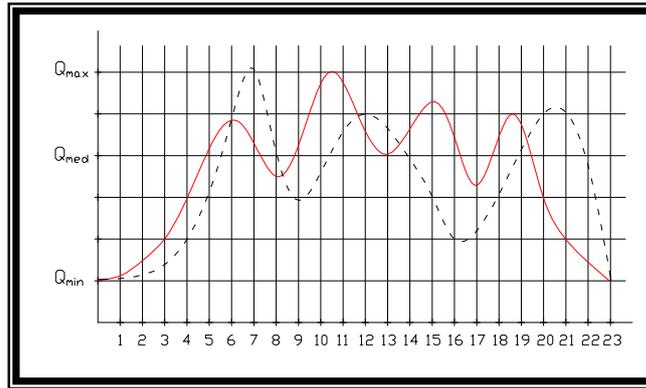


Fig. 3-3-5 Variación del caudal durante el día en la red de alcantarillado

- Para aumentar la capacidad de una planta existente diseñada para tratar el caudal máximo
- Cuando el agua es bombeada antes de su ingreso a la planta

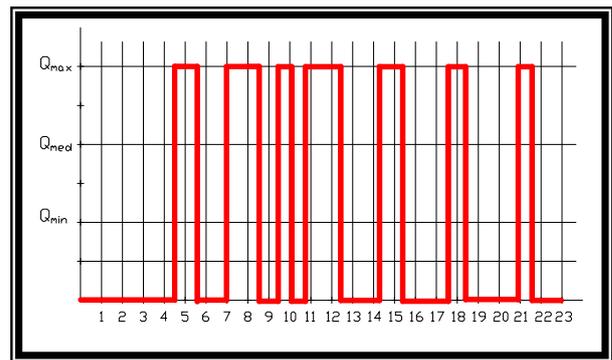
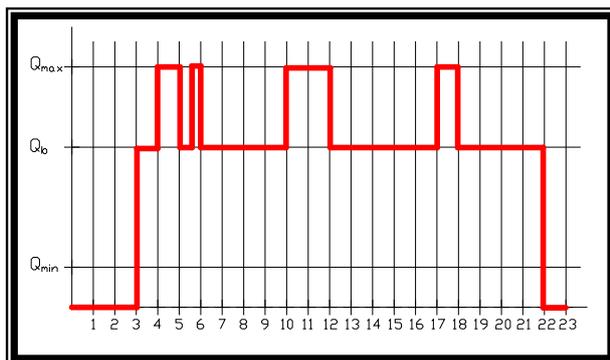


Fig. 3-3-6 variaciones del caudal luego de una estación de bombeo

Los tanques de compensación son de forma arbitraria, con capacidad suficiente para poder almacenar el agua que sobrepase un cierto valor prefijado. Para determinar el volumen necesario en el tanque, se hace necesario conocer cuál es el comportamiento del caudal a lo largo del día.

Para casos en los cuales se tenga que almacenar agua largos periodos, se recomienda el incluir un dispositivo para estar incorporando aire al agua almacenada y evitar así la generación de malos olores debido a condiciones anóxicas, además se recomienda el uso de aire para mantener agitada el agua y evitar la sedimentación de los sólidos en el fondo.

Dimensionamiento

Para el dimensionamiento de los tanques de compensación, se deberá realizar un estudio de las variaciones de caudal a lo largo del día. El procedimiento para determinar el volumen es el siguiente:

1. Se realizan aforos del caudal durante un periodo de 24 horas, con mediciones cada hora y se calcula el caudal medio
2. Se construye una tabla en la cual se coloca en la primer columna el intervalo horario y el caudal promedio horario medido correspondiente, en la segunda columna
3. En la tercer columna se calcula el volumen correspondiente al caudal promedio horario de la columna dos
4. En la cuarta columna se calcula el volumen acumulado.
5. En la quinta columna se calcula el volumen acumulado tomando como base el caudal medio diario.
6. Se grafican la curva de volumen acumulado y la línea de volumen promedio acumulado, de acuerdo a los valores de las columnas 5 y 6
7. En la grafica, se traza una o más líneas paralelas a la línea del volumen promedio acumulado y tangente o tangentes a la curva de volumen acumulado. El volumen del tanque será la distancia vertical entre ambas tangentes.

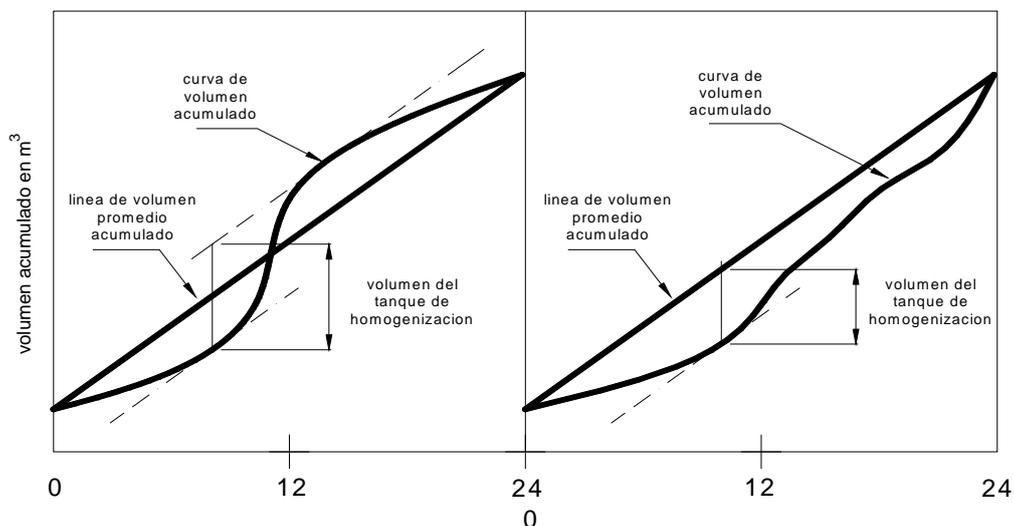


Fig. 3-3-7 Curvas de caudal acumulado para el cálculo del volumen del tanque de compensación

(5) Desarenadores

Los desarenadores son unidades destinadas a retener la arena y otros minerales inertes y pesados que se encuentran en las aguas negras, los cuales son originados en operaciones de limpieza, lavado, infiltraciones, desechos industriales, etc.

La remoción de la arena tiene como finalidad proteger las bombas contra el desgaste, evitar obstrucciones en las tuberías y para impedir el depósito de material inerte en el interior de los sedimentadores y digestores.

Principio de funcionamiento

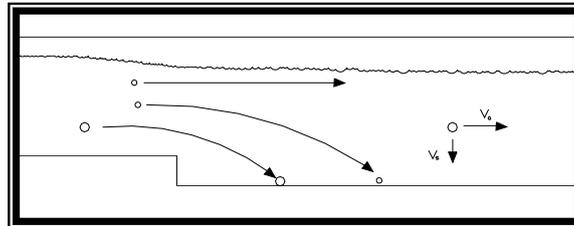


Fig.3-3-8 Movimiento las partículas en un fluido

Las condiciones dinámicas de una corriente líquida, en especial la turbulencia, son las responsables del transporte de partículas sólidas más densas que el agua. Estas partículas son conducidas en suspensión o arrastradas por tracción en el fondo de los canales o tuberías.

Tipos de desarenadores

Los Desarenadores pueden ser diseñados como canales con velocidad controlada o como tanques de sección rectangular o circular y de área adecuada a la sedimentación de las partículas a remover.

Los desarenadores pueden ser de tipo gravitacional o mecanizados, en general al igual que con las rejillas se recomienda el uso del tipo mecanizado para plantas de gran tamaño.

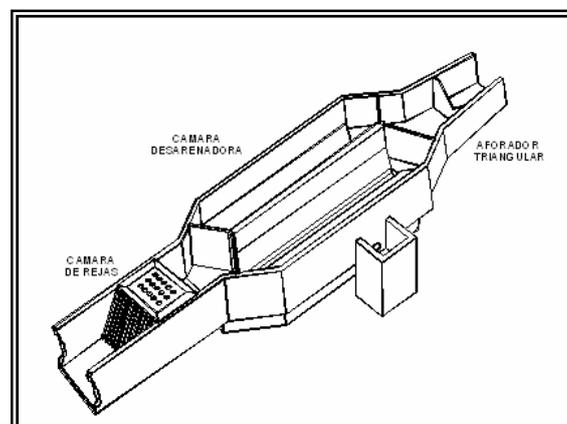


Fig. 3-3-9 Desarenador de flujo horizontal doble cámara

En general, se tienen tres tipos de desarenadores:

- de flujo horizontal: el flujo pasa a través de la cámara en dirección horizontal y la velocidad lineal del flujo es controlada por las dimensiones de la unidad y un vertedero ubicado al final de la unidad
- aireados: consisten de un tanque de aireación con flujo en espiral, en el cual la velocidad en el espiral es inducida y controlada por las dimensiones del tanque y el aire suministrado.
- tipo vortex: consiste en un tanque cilíndrico en el cual el flujo ingresa tangencialmente a la unidad creando un flujo en forma de vórtice.

Desarenadores de flujo horizontal

Los desarenadores de flujo horizontal han sido utilizados por muchos años. En los canales de remoción de arena la velocidad recomendable es del orden de 0.3 m/s. Velocidades inferiores a 0.15 m/s causan la sedimentación simultánea de partículas relativamente grandes de materia orgánica generando problemas de malos olores. Velocidades arriba de 0.4 m/s permiten el arrastre de partículas de arena.

Debido a que el caudal que ingresa a una planta de tratamiento varía a lo largo del día se hace necesario el diseño del desarenador con una sección adecuada para poder mantener la velocidad constante a 0.3 m/s o se puede construir un canal rectangular con un dispositivo que permita mantener constante la velocidad. Se recomienda un ancho mínimo de 0.25m en el fondo para limpieza, el ancho del canal dependerá del caudal y la longitud dependerá de la profundidad necesaria para la sedimentación.

Tabla 3-3-3 Parámetros de diseño para desarenadores de flujo horizontal⁵

	Unidad	Rango	Valor típico
Tiempo de retención	S	45~90	60
Velocidad horizontal	m/s	0.25~0.40	0.3
Velocidad de sedimentación para remoción de:			
Partículas de 0.21mm	m/min	1.0~1.3	1.15
Partículas de 0.15mm	m/min	0.6~0.9	0.75
Perdida de carga en la sección como % de la profundidad en el canal	%	30~40	36
Longitud adicional por turbulencia a la salida y entrada	%	25~50	30

En vista que la función de los desarenadores es la función de sedimentar partículas discretas, pueden ser dimensionados por la teoría de la sedimentación de Hazen.

⁵ Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, Fourth Edition

Tomando en consideración el peso específico de las arenas el cual es de 2.65 g/cm³ y la velocidad de sedimentación es del orden de 2.0 cm/s, el área del desarenador puede ser calculada con tasas de aplicación superficial de 600 a 1200 m³/m².d

La profundidad de lámina del agua para las condiciones de caudal mínimo, medio y máximo será determinada por las condiciones de funcionamiento del dispositivo de control de velocidad (vertedero de salida).

El largo del canal, puede ser calculado partiendo de la tasa de aplicación superficial de acuerdo a la siguiente fórmula⁶:

$$L = \frac{VH}{Q/A}$$

Donde:

L es la longitud del desarenador en m

V es la velocidad en m/s

H es la altura del agua en m

Q/A es la tasa de aplicación superficial en m³/m².d

Si utilizamos la tasa máxima (1200 m³/m².d) y una de velocidad de 0.3 m/s, al sustituir en la ecuación anterior se tiene:

$$L = \frac{0.3 \cdot H \cdot 1200}{1200} = 21.6 H$$

Por cuestiones prácticas, se puede asumir que L=25H

Conociendo la altura del agua, el ancho del canal, en caso de sección rectangular, se calcula con la siguiente fórmula:

$$b = \frac{Q}{HV}$$

Donde:

b es el ancho del canal en m

Q es el caudal en m³/s

H es la altura en m

V es la velocidad en m/s

Número de unidades

⁶ Documento: Tratamientos Preliminares por Ing. Max Lothar Hess, OPS

Generalmente se deberán instalar dos unidades de desarenación de modo que el retiro de una unidad en operación para limpieza o reparación no afecte el proceso de desarenado de las aguas.

En plantas muy pequeñas (1.0 l/s), se puede admitir una sola cámara de desarenación con un by-pass hacia la siguiente unidad.

Desarenadores aireados

En los desarenadores aireados, el aire ingresa a lo largo de uno de los costados de un tanque rectangular, para crear un flujo en forma de espiral perpendicular al flujo en el tanque. Las partículas más pesadas sedimentan en el fondo del tanque y la materia orgánica se mantiene en el flujo de agua. La velocidad de giro define el tamaño de las partículas a remover. Si la velocidad es muy alta, las partículas serán arrastradas por el flujo y si es demasiado baja la materia orgánica sedimentará junto con las arenas. La velocidad en el espiral puede ser ajustada con la inyección de aire, pudiéndose lograr hasta un 100% de remoción de las arenas.

Los desarenadores aireados son diseñados para remover partículas de 0.21mm o mayores, con periodos de retención entre 2 y 5 minutos para el caudal máximo horario.

Tabla 3-3-4 Parámetros típicos para el diseño de desarenadores aireados⁷

	Unidad	Rango	Valor típico
Tiempo de retención para caudal máximo horario	min	2-5	3
Dimensiones			
Profundidad	m	2-5	
Largo	m	7.5-20	
Ancho	m	2.5-7	
Relación Ancho: profundidad		1:1-5:1	1.5-1
Relación Largo: Ancho		3:1-5:1	4:1
Suministro de aire por unidad de largo	m ³ /m.min	0.2-0.5	
Volumen de arenas	m ³ /1000m ³	0.004-0.20	0.015

Desarenadores tipo Vortex.

Otro tipo de desarenador, es el tipo vortex, el cual utiliza un flujo tipo remolino para separar las arenas del agua residual. Se tienen dos tipos de desarenadores tipo vortex, el primero, en el cual el flujo es inducido por una turbina, la cual mantiene una velocidad constante. Las arenas se depositan por gravedad en una tolva ubicada en el fondo del dispositivo. El segundo tipo no necesita de equipo electromecánico, el agua ingresa tangencialmente en la parte superior de la unidad generando el remolino. El agua sale por una abertura ubicada también en la parte superior.

⁷ Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, Fourth Edition

Cantidad de material retenido

La cantidad de material retenido por los desarenadores depende del sistema de alcantarillado (unitario o separado), del tipo de ocupación del área servida y material de la tubería, por lo general el contenido promedio de arenas en las aguas residuales puede variar entre 0.004 y 0.037m³ por cada mil metros cúbicos de agua residual.

Disposición de las arenas

Por lo general se recomienda que las arenas sean depositadas en un relleno sanitario adicionándole cal. Sin embargo, se puede utilizar luego de un proceso de lavado.

3-3-3 Tratamiento primario

Consiste en la remoción de los sólidos orgánicos sedimentables y material flotante que transporta el agua, con lo que se logra una disminución de los sólidos suspendidos. El objetivo del tratamiento primario, es disminuir la carga orgánica del agua a través de procesos físicos, acondicionándola para el tratamiento secundario. La sedimentación es el primer paso en la mayoría de los procesos de tratamiento de aguas residuales. En promedio, con la sedimentación primaria, se puede remover entre el 50 y 70% de los sólidos suspendidos y entre un 25 y 40% de la DBO.

Los tanques de sedimentación pueden ser de forma circular o rectangular. En los tanques circulares, el flujo es radial. Para alcanzar un flujo radial, el agua ingresa a través de una tubería suspendida, por la parte central del tanque, en donde se cuenta con una estructura que distribuye uniformemente el flujo, moviéndose hacia la parte perimetral, en donde es recolectada en una canaleta que rodea a la unidad. Normalmente, la pantalla central tiene un diámetro entre el 15 y 20% del diámetro del sedimentador y una altura entre 1.0 y 1.8m. En los tanques rectangulares de sedimentación, el flujo es horizontal, moviéndose el agua desde uno de sus costados hacia el otro. Los sólidos sedimentan en el recorrido entre ambos extremos. Tanto los tanques circulares como los rectangulares, son complementados con un equipo de barrido de lodos, el cual puede ser accionado por cadena o por un puente que viaja a lo largo de la unidad. El equipo de barrido consiste normalmente de piezas de madera o fibra de vidrio, separadas unos 3 metros entre si y unidas a un par de cadenas que arrastran los sólidos sedimentados hasta una tolva. Un punto crítico en el funcionamiento de los sedimentadores es la distribución del flujo en la entrada de la unidad y el barrido de los lodos del fondo. Para lograr una distribución uniforme del flujo se podrá distribuir el flujo mediante vertederos o mediante canales con orificios sumergidos. Para evitar el estancamiento de lodos en la tolva de almacenamiento, se

recomienda colocar un equipo adicional de barrido, que concentre los lodos en la salida de la unidad.

Tabla 3-3-5 Parámetros de diseño típicos para tanques de sedimentación primaria⁸

	Unidad	Rango	Valor típico
Tanques de sedimentación seguidos de tratamiento secundario			
Tiempo de Retención	h	1.5~2.5	2.0
Tasas de aplicación			
Caudal medio	m ³ /m ² .d	30~50	40
Caudal max. Horario	m ³ /m ² .d	80~120	100
Carga en vertedero	m ³ /m.d	125~500	250
Sedimentación primaria con retorno de lodos del proceso de lodos activados			
Tiempo de Retención	h	1.5~2.5	2.0
Tasas de aplicación			
Caudal medio	m ³ /m ² .d	24~32	28
Caudal max. Horario	m ³ /m ² .d	48~70	60
Carga en vertedero	m ³ /m.d	125~500	250

Tabla 3-3-6 Dimensiones típicas de los sedimentadores primarios

	Unidad	Rango	Valor típico
Tanques rectangulares			
Profundidad	m	3~4.9	4.3
Largo	m	15~90	24~40
Ancho	m	3~24	4.9~9.8
Velocidad en la unidad	m/min	0.6~1.2	0.9
Tanques Circulares			
Profundidad	m	3~4.9	4.3
Diámetro	M	3~60	12~45
Pendiente en el fondo	mm/mm	1/16~1/6	1/12
Velocidad en la unidad	r/min	0.02~0.05	0.03

La remoción de carga orgánica y sólidos dentro de un tanque de sedimentación primaria, son una función del periodo de retención y la concentración de los constituyentes, teóricamente se pueden estimar con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

Donde:

⁸ Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, Fourth Edition

R es la eficiencia de remoción esperada

t es el periodo de retención

a y b son constantes empíricas

Los valores típicos para las constantes a 20°C, son los siguientes:

	a	b
DBO	0.018	0.020
Sólidos suspendidos totales	0.0075	0.014

Para el cálculo de la remoción teórica, se deberán utilizar los valores de las constantes correspondientes.

Un tipo de sedimentador que se utiliza frecuentemente en nuestro país, es el sedimentador tipo Dortmund. Este tipo de sedimentador, por sus características no necesita de equipo mecanizado para el barrido de lodos, sin embargo tiene el inconveniente de que necesita de grandes profundidades (alrededor de 7m), lo cual lo hace difícil de ocupar en terrenos en los cuales se tiene una topografía plana.

El dimensionamiento de los sedimentadores tipo dortmund, se realiza por el criterio de tasas superficiales de aplicación, 6m/s en la parte central, 3m/s en la zona de transición y 1m/s en la zona de salida. Para lograr la concentración de los lodos, las paredes del fondo tienen una inclinación entre 45° y 60°.

Dentro de los tipos de tratamiento primario tenemos los tanques imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación. En promedio, se tiene una remoción del 30% de la carga orgánica que transporta el agua.

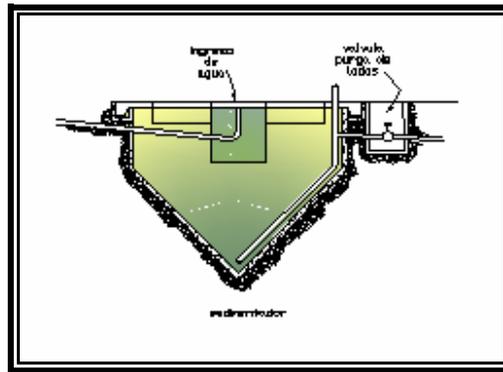


Fig. 3-3-10 Sedimentador tipo dortmund

3-3-4 Tratamiento secundario o biológico

Consiste en la remoción de la carga orgánica, a través de la acción de bacterias, las cuales se alimentan de la materia orgánica que contiene el agua. El objetivo del tratamiento secundario, es reducir el contenido orgánico del agua. Dentro de los diferentes tipos de tratamiento secundario se tienen los filtros percoladores, proceso de lodos activados y sus variantes, lagunas de estabilización, reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB) y biodiscos (RBC). Con el tratamiento secundario, se logra remover hasta un 80% de la carga orgánica del agua.

El tratamiento secundario, tiene que ser complementado con una unidad de sedimentación secundaria, para remover los lodos generados durante el proceso.

En el presente manual, proporciona los lineamientos básicos para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, para profundizar en el tema se recomienda el libro Ingeniería de Aguas Residuales de Metcalf & Eddy, el cual ha sido utilizado como fuente para el desarrollo del tema de tratamiento de aguas residuales.

(1) Clasificación por Procesos de Tratamiento Biológico

Los micro-organismos en el tratamiento de aguas residuales pueden crecer en la forma de películas, en suspensión, o en una combinación de ambos. Por tanto, los tratamientos biológicos en el tratamiento de aguas residuales se puede clasificar bajo los siguientes temas:

- a) Procesos de crecimiento adherido
- b) Procesos de crecimiento suspendido

El tratamiento de aguas residuales puede clasificarse en diferentes formas:

- Por tipo de bacteria que debe descomponer la materia orgánica, clasificados en aeróbico y anaeróbico.

- Utilizando equipo electro-mecánico, clasificado en mecánico y no mecánico.
- Utilizando tecnología, clasificada en convencional y no convencional.
- Por tipo de proceso, clasificado en físico, químico y biológico.

(2) Procesos de crecimiento adherido

En estos procesos, los micro organismos activos crecen y se adhieren al medio móvil o inmóvil (roca o plástico) que está en contacto con las aguas residuales. El área de la biomasa se utiliza como una medida práctica de la actividad total de los organismos.

- i) Filtro percolador (TF)
- ii) Rotating Biological Contactor (RBC)

a) Filtro percolador

Los filtros percoladores, fueron ideados hace más de cien años, para el tratamiento de aguas industriales y domesticas. El filtro percolador es un reactor biológico, en el cual las bacterias se desarrollan en la superficie de un material solido como una fina película. El agua escurre de manera constante a través del lecho filtrante, provee de alimento a la colonia bacteriana, degradando la materia orgánica que transporta el agua, clarificando de esta forma el efluente. El material de soporte para las bacterias puede ser roca, piedra pómez o plástico, siendo un requisito necesario que cuente con una alta superficie específica. En nuestro país, los filtros son normalmente rectangulares, esto debido a la forma en la cual se distribuye el agua en filtro. Por lo general, los filtros son circulares y cuentan con equipo móvil para la distribución del agua. Con el objeto de garantizar una buena aireación de la unidad, se deberá de contar con un fondo falso, sobre el cual se asiente el medio filtrante.

Los filtros se clasifican en filtros de baja carga y filtros de alta carga.

Tabla 3-3-7 Clasificación de los filtros percoladores y parámetros de diseño⁹

Características de diseño	Baja carga	Tasa intermedia	Alta carga	Alta carga	rugosos
Tipo de medio	Roca	Roca	Roca	Plástico	Roca/plástico
Carga hidráulica, m ³ /m ² .d	1~4	4~10	10~40	10~75	40~200
Carga orgánica kg/m ³ .d	0.07~0.22	0.24~0.48	0.4~2.4	0.6~3.2	>1.5
Tasa de Recirculación	0	0~1	1~2	1~2	0~2
Mosca de filtro	Muchas	Medio	Poca	Poca	poca
Desprendimientos	Intermitente	Intermitente	Continuo	Continuo	continuo

⁹ Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, Fourth Edition

Altura, m	1.8~2.4	1.8~2.4	1.8~2.4	3.0~12.2	0.9~6
Eficiencia remoción	80~90	50~80	50~90	60~90	40~70
DBO, %					
Calidad del efluente	Bien nitrificado	Alguna nitrificación	Sin nitrificación	Sin nitrificación	Sin nitrificación
Necesidad de energía, kw/1000m³	2~4	2~8	6~10	6~10	10~20

Los filtros de baja carga, son relativamente simples, pueden ser de forma rectangular o circular. Se debe tener especial cuidado en mantener húmedo el medio filtrante y evitar periodos prolongados sin distribución de agua, ya que después de dos horas, la pérdida de humedad afecta considerablemente la colonia bacteriana. En casos en los cuales se tengan periodos largos sin ingreso de agua, se recomienda instalar dispositivos para la recirculación o contar con un tanque de homogenización del caudal a efecto de mantener húmedo el medio filtrante.

El medio filtrante ideal es aquel que tiene una alta superficie específica, bajo costo, alta durabilidad y una alta porosidad entre los elementos, la cual disminuye la posibilidad de obstrucción y mejora la circulación de aire

En lugares donde se tiene disponibilidad, se recomienda el uso de piedra volcánica como medio filtrante, con un tamaño uniforme de entre 75 y 100mm. El uso de una gran variedad de tamaños de medio, genera problemas de flujo y en la circulación del aire, ya que las piezas más pequeñas tienden a acomodarse entre las grandes. Se deberá tomar en consideración que un 95% de los elementos tengan un mismo tamaño. Otros aspectos a considerar son la dureza y durabilidad del medio, esto debido a que se tienen cargas de alrededor de 2 metros. Tamaños de medio menores a los recomendados, pueden generar problemas de obstrucción, mala circulación del aire y corto circuitos dentro de la unidad.

En el mercado se cuenta con medios plásticos, los cuales tienen diferentes formas y tamaños y tienen la ventaja de que requieren de menor area por poderse aplicar tasas mayores

Principio de funcionamiento

El agua es canalizada hacia la parte superior del filtro y luego percola a través del medio filtrante. Al medio filtrante se adhieren bacterias de tipo aeróbico, las cuales degradan la materia orgánica que está siendo arrastrada por el agua. El agua puede ser distribuida mediante canaletas o mediante equipos de distribución, los cuales consisten de tuberías que giran sobre la superficie del filtro y pueden funcionar con energía eléctrica o por el empuje del agua al salir por las boquillas de distribución

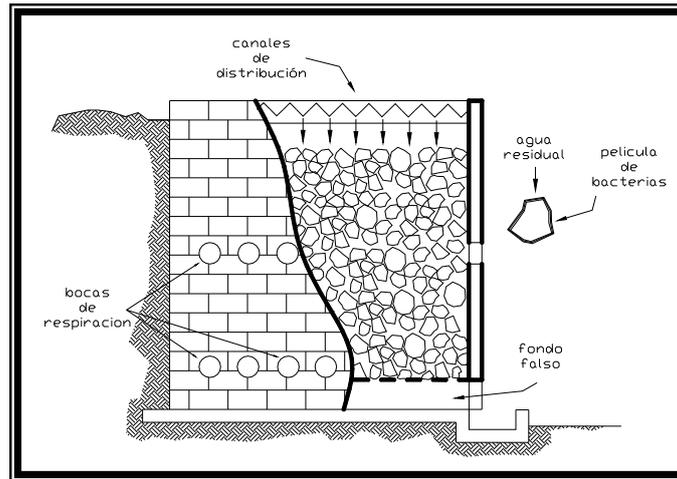


Fig. 3-3-11 Filtro percolador o Biológico

Parámetros de diseño

El volumen del filtro, se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V = \frac{DBO_{\text{afluente}}}{\text{carga volumétrica}}$$

Donde la DBO del afluente está en kg/d y la carga volumétrica en $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$

La DBO_{afluente} corresponde a la carga diaria de DBO que se estaría tratando en el filtro y que resulta de multiplicar el caudal diario por su concentración de DBO. Cabe destacar que para el dimensionamiento, se deberá tomar en consideración la fracción removida en la sedimentación primaria.

Para el diseño de filtros, luego de calcular las dimensiones, para el caso de un solo filtro, se deberá calcular la eficiencia de remoción de la DBO, con la siguiente fórmula:

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.4432 \sqrt{\frac{W_1}{VF}}}$$

Donde

E_1 es la eficiencia en la remoción de DBO a 20°C, incluyendo el factor de recirculación, en %

W_1 es la carga orgánica aplicada al filtro en $\text{kg DBO}/\text{d}$

V es el volumen del medio filtrante

F es el factor de recirculación

El Factor de recirculación F , se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$F = \frac{1 + R}{\left(1 + \frac{R}{10}\right)^2}$$

Donde R es la tasa de recirculación.

En caso que se tenga un filtro de dos etapas, la eficiencia, de la segunda etapa se calcula con la siguiente fórmula:

$$E_2 = \frac{100}{1 + \frac{0.4432}{1 - E_1} \sqrt{\frac{W_2}{VF}}}$$

Donde:

E_2 es la eficiencia en remoción de DBO en la segunda etapa del filtro en %

E_1 es la fracción de DBO removido en la primera etapa del filtro

W_2 es la carga de DBO aplica a la segunda etapa del filtro, en Kg/d

El efecto de la temperatura en la eficiencia de remoción de DBO, es calculada con la siguiente fórmula:

$$E_T = E_{20} (1.035)^{T-20}$$

Donde:

E_T es la eficiencia de remoción de DBO a una temperatura T en °C, en %

E_{20} es la eficiencia de remoción de DBO a 20°C, en %

T es la temperatura del agua, en °C

Fondo del filtro

La recolección de las aguas residuales y los sólidos que se desprenden del medio filtrante, se realiza en el fondo del filtro. Normalmente en los filtros de roca, se cuenta con un fondo falso construido con losetas que son soportadas por ladrillos de concreto, razón por la cual, el fondo del filtro deberá contar con la suficiente resistencia para soportar las cargas del filtro. Se recomienda la construcción de canales para poder recolectar el agua, los cuales deberán tener una pendiente para garantizar una velocidad mínima de 0.6m/s.

La altura deberá ser la necesaria, para poder realizar operaciones de limpieza en el fondo, en caso se den problemas de sedimentación en el fondo.

Flujo de aire

Un adecuado flujo de aire es de fundamental importancia para el buen funcionamiento del filtro, tanto para un tratamiento eficiente, como para minimizar la generación de olores en la unidad. En el caso de una aireación natural, el flujo de aire se logra debido a las diferencias de temperatura entre el ambiente y la temperatura del aire entre los poros. Si la temperatura del agua es menor que la temperatura ambiente, la aireación será hacia abajo, caso contrario, será hacia arriba. Temperaturas del agua cercanas a la temperatura ambiente generarán problemas de oxigenación

Para garantizar buenas condiciones de aireación, se deberán tomar en consideración las siguientes recomendaciones:

- El drenaje inferior y los canales de recolección deberán diseñarse para trabajar a un máximo del 50% del tirante, para permitir el paso del aire
- El costado lateral del fondo del filtro deberá estar descubierto o se deberá tapar con parillas
- El área de las perforaciones en las losas del fondo falso, no deberán ser menores al 15% del área del filtro
- Se deberán colocar ramales de tubería que permita el acceso de aire para ventilación en el perímetro del filtro

b) Bódisco (RBC)

El bódisco es una adaptación del principio de funcionamiento de los filtros percoladores. Por sus siglas en inglés, el proceso es conocido como RBC (Rotating Biological Contactor). El proceso de tratamiento es de tipo aeróbico mecanizado

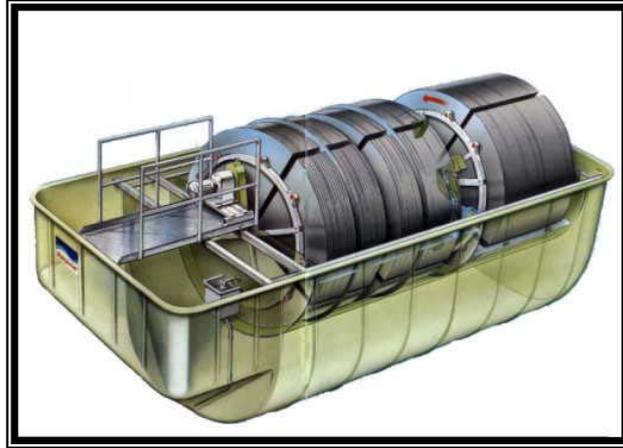


Fig. 3-3-12 Bío disco

Principio de funcionamiento.

Los bío disco, consisten de una serie de discos concéntricos, uniformemente distribuidos, los cuales están fijados a un eje, el cual gira a una velocidad determinada. En las unidades estándar, los discos tienen un diámetro de 3.5m y la longitud es de 7.5m. Los discos se encuentran parcialmente sumergidos (aproximadamente un 40% de su diámetro) en un tanque que contiene aguas residuales. Los discos giran lentamente con una velocidad angular de entre 1 y 1.6 rev/min, necesitándose de equipo electromecánico para su funcionamiento.

Las bacterias se adhieren a las paredes de los discos y con el movimiento giratorio, éstas entran en contacto con el agua residual y con el aire atmosférico, degradando la materia orgánica. A la vez, el movimiento de los discos, incorpora oxígeno al agua residual, lo que propicia la existencia de bacterias en el agua las cuales contribuyen al tratamiento.

El agua residual previo a su ingreso en el bío disco, debe de haber pasado por el pre tratamiento y por el tratamiento primario.

Los bío disco, necesitan de energía eléctrica para funcionar, lo cual hace que los costos de tratamiento sean mayores que en el caso de los filtros percoladores.

Diseño del bío disco

Se tienen varias similitudes en las consideraciones de diseño de los bío disco y los filtros percoladores. En ambos tratamientos, se desarrolla una biopelícula en un gran superficie y dependen de la transferencia de oxígeno a las bacterias y de sustrato del agua residual a la biopelícula.

Para el diseño se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las unidades deberán trabajar por etapas
- Definir un criterio de carga
- Las características del efluente
- Contar con sedimentador secundario.

Para el diseño de los bódisco, se deberán considerar varias etapas dentro del tratamiento, con lo cual se logra una serie de celdas independientes entre sí. Dándose las mayores tasas de remoción en la primera etapa.

Los valores típicos para el diseño de los bódisco, se presentan en la siguiente tabla:

parámetro	unidad	Nivel de tratamiento		
		Remoción de DBO	Remoción de DBO y nitrificación	Nitrificación separada
Carga hidráulica	$m^3/m^2.d$	0.08~0.16	0.03~0.08	0.04~0.10
Carga orgánica	$g_s DBO/m^2.d$	4~10	2.5~8.0	0.5~1.0
	$g DBO/m^2.d$	8~20	5~16	1~2
Carga máxima en la 1ª etapa	$g_s DBO/m^2.d$	12~15	12~15	
	$g DBO/m^2.d$	24~30	24~30	
Carga de NH_3	$gN/m^2.d$		0.75~1.5	
Periodo de retención	h	0.75~1.5	1.5~4	1.2~3
DBO de efluente	Mg/l	15~30	7~15	7~15
NH_4-N de efluente	Mg/l		<2	1~2

Normalmente, el tratamiento con el proceso de bódisco, consiste de un número de unidades colocadas en serie, con lo cual se logra que cada etapa funcione independientemente de las demás. Es de tomar en consideración que la primera unidad tendrá una concentración mayor de carga orgánica, por lo que será mayor el porcentaje de remoción. Dependiendo de la carga y del grado de tratamiento deseado, se podrán colocar una o más módulos de tratamiento. El proceso deberá ser complementado con sedimentación secundaria, para la clarificación del efluente.

Cargas orgánicas altas y baja transferencia de oxígeno, generará problemas de malos olores, baja calidad del efluente y problemas de desprendimiento de la biopelícula. Cargas orgánicas demasiado altas, podrán generar condiciones anaeróbicas dentro de la unidad.

Debido a que la DBO soluble ($sDBO$) es consumida más rápidamente en la primera etapa del sistema, la mayoría de los fabricantes de equipos especifican una carga de DBO soluble en el rango de los 12 a 20 $g_s DBO/m^2.d$. A falta de datos, se puede

estimar que la DBO soluble es el 50% de la DBO total, pudiéndose en la primera etapa estimar hasta un 75% de la DBO total.

El proceso puede ser utilizado como tratamiento terciario para la remoción de nitrógeno.

Cada fabricante de bódisco, tiene un diseño especial de disco, eje, soporte de paquetes y configuración del diseño.

Los principales elementos de un sistema de bódisco son el eje, materiales de los discos y su configuración, sistema de rotación, tanques de sedimentación y cubiertas.

El eje, es utilizado para soportar y rotar los discos, la distancia máxima entre apoyos es de 8.23m, de los cuales 7.62m son ocupados por los discos. Se pueden encontrar ejes más cortos en el mercado. La sección del eje puede ser cuadrada, redonda u octagonal.

Los discos, normalmente son construidos con polietileno de alta densidad, los cuales dependiendo del fabricante tienen diferentes configuraciones y corrugaciones. Las corrugaciones incrementan el área y a la vez mejoran su estabilidad estructural. Los discos se clasifican de acuerdo al área que soporta el eje, y esta puede ser de densidad baja o estándar, densidad media o densidad alta. Los discos de densidad estándar o baja, son aquellos que tienen una de 9,300m² por cada 8.23m de eje. Los discos de media y alta densidad, tienen entre 11,000 y 16700m² de superficie por cada 8.23m de eje, siendo utilizados normalmente en las etapas medio y final del sistema.

Remoción de la DBO

La concentración de DBO soluble a la salida de la etapa, puede ser calculada con la siguiente fórmula:

$$S_n = \frac{-1 + \sqrt{1 + 0.03896 \left(\frac{A_s}{Q}\right) S_{n-1}}}{0.01948 \left(\frac{A_s}{Q}\right)}$$

Donde:

S_n es la concentración de DBO soluble a la salida de la etapa n, en g/m³

A_s es el área de los discos en la etapa n, en m²

Q es el caudal, en m³/d

Procedimiento para el diseño de bódisco:

1. Se determina el caudal y la concentración de DBO soluble, la cual puede ser estimada entre el 50 y el 75% de la DBO total y la calidad del efluente.
2. Se calcula el área necesaria, tomando una carga superficial entre 12 y 15 $g_s\text{DBO}/m^2.d$
3. Se calcula el número de unidades (trenes de tratamiento) necesarias en la primera etapa, utilizando discos de densidad estándar con un área de $9,300m^2/eje$
4. Se selecciona el número de etapas y caudal por tren de tratamiento y área de discos por etapa. Se deberá tomar en consideración que a menores cargas se necesita de mayores áreas por eje.
5. En base a las asunciones de diseño se calcula la concentración de DBO soluble en cada etapa y se verifica si se alcanzan los estándares de calidad de efluente. En caso no se alcance la calidad deseada, se tendrá que incrementar el número de etapas. En caso se sobrepase la calidad esperada, se podrá revisar para optimizar el diseño
6. Se diseña el sedimentador secundario.

(3) Procesos de crecimiento suspendido

En estos procesos, los micro organismos permanecen en suspensión en las aguas residuales, y su concentración es generalmente relacionado al Sólido Suspendido de Licor Mixto (MLSS) o Sólidos Suspendidos de Licor Mixto Volátil (MLVSS). Muchos procesos de crecimiento suspendido utilizados en tratamientos municipales para aguas residuales son operados con una buena concentración de oxígeno disuelto (aeróbico), pero también existen reactores anaeróbicos de crecimiento suspendido (sin oxígeno) como para aguas residuales con altas concentraciones orgánicas y lodos orgánicos. El proceso de crecimiento suspendido que es más comúnmente utilizado para el tratamiento de aguas residuales municipales es el proceso de lodos activados.

a) Lodos activados

El proceso de lodos activados, fue desarrollado a finales del siglo XIX y se partió de la idea de incorporar aire al agua residual. Con la incorporación del aire, se oxigena el agua, generando condiciones aeróbicas, las cuales propician el crecimiento de bacterias aeróbicas. El proceso consta básicamente de tres componentes, el primero un reactor en el cual se retiene e incorpora oxígeno al agua residual, el segundo es una unidad en la cual se realiza la separación líquido-sólido y el tercer componente es

la recirculación para retornar los microorganismos hacia el reactor. El proceso de lodos activados, es el más estudiado y es el tratamiento sobre el cual se tiene mayor control.

Principio de funcionamiento.

El principio de remoción de la carga orgánica parte de la acción de crear o mantener una colonia bacteriana en un medio aeróbico, la cual está siendo retenida en el sedimentador y luego recirculada continuamente hacia la cubeta de aireación. Con el objeto de mantener condiciones aerobias en la cubeta de aireación, se cuenta con equipo electromecánico para la incorporación de aire. Conforme el volumen de lodo aumenta, en cierto momento el exceso de lodo es enviado hacia el digestor de lodos o hacia los lechos de secado.

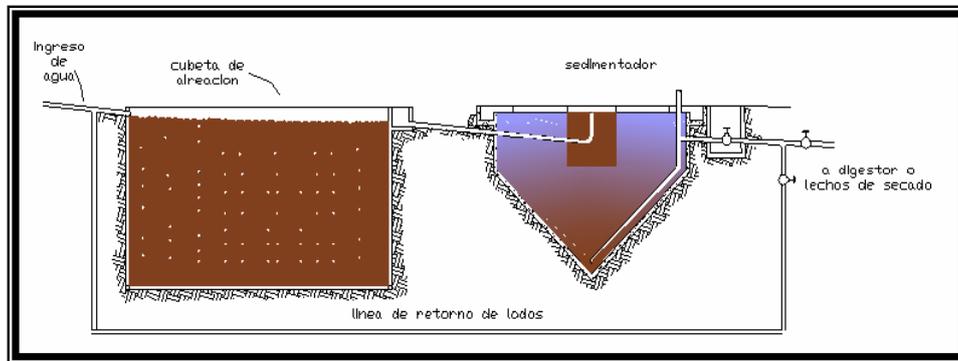


Fig. 3-3-13 Esquema del proceso de lodos activados

A partir de los tres elementos de que consiste el proceso, se han desarrollado una serie de variantes. A partir de la década de 1920 hasta finales de los 70, el proceso de lodos activados que más se utilizó fue el de flujo pistón, en el cual la relación largo ancho del reactor es mayor de 10:1. Con la descarga de aguas industriales a la red, el esquema de flujo pistón se volvió problemático, debido a la incorporación de sustancias tóxicas al proceso. Ante esta situación se desarrolló el esquema de mezcla completa (Complete Mix Activated Sludge, CMAS por sus siglas en inglés), en la cual los grandes volúmenes en el reactor permitían la dilución de las sustancias tóxicas, mitigando así sus efectos en el tratamiento. Otras variaciones del proceso convencional son las Zanja de Oxidación (Oxidation Ditch), Estabilización por Contacto, Proceso de Krause, Oxígeno Puro y el Reactor de Secuencia en Batch (Sequencing Batch Reactor, SBR).

b) Principios para el diseño del proceso de lodos activados

Para el diseño de instalaciones de tratamiento con el proceso de lodos activados, principalmente se deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Selección del tipo de reactor: Los factores más importantes a tomar en consideración son los efectos de la cinética de la reacción, requerimientos de transferencia de oxígeno, características de las aguas residuales, condiciones ambientales locales, presencia de sustancias tóxicas o inhibidoras del proceso, costos de inversión y operación y mantenimiento y necesidades de terreno para futuras expansiones de la planta.
2. Selección del Periodo de Retención y Criterios de Carga: Ciertos parámetros de diseño y operación, distinguen a una modalidad de otra de lodos activados. Los parámetros comunes utilizados son el Periodo de Retención de sólidos, relación Alimento/microorganismos y la carga orgánica por unidad de volumen.
3. Periodo de Retención de sólidos (SRT): El periodo de retención, representa el tiempo promedio que el lodo se mantiene dentro del sistema. El periodo de retención es el parámetro más crítico para el diseño de sistemas de lodos activados, ya que este afecta el desempeño del proceso, volumen de la cubeta de aireación, producción de lodos y los requerimientos de oxígeno. Para la remoción de DBO, el periodo de retención puede variar entre 3 y 5 días dependiendo de la temperatura del licor mezclado.
4. Relación Alimentos/Microorganismos (F/M): un parámetro comúnmente utilizado para caracterizar el proceso de diseño y las condiciones de operación es la relación Alimento/microorganismos. La relación F/M para el proceso de aireación extendida es diferente para cada modalidad de lodos activados, se reportan valores de la relación F/M de alrededor de 0.04g de substrato/g de biomasa día para aireación extendida y para un proceso de alta carga el valor es de alrededor de 1.0g/g.d.
5. Carga orgánica de aplicación Volumétrica: La carga orgánica de aplicación volumétrica es definida como la cantidad de DBO o DQO aplicada al tanque de aireación por unidad de volumen por día. La carga se expresa en kg de DBO/m³.d
El valor de este parámetro puede variar entre 0.3 y más de 3.0kgDBO/m³.d
6. El diseño de las instalaciones para el tratamiento y disposición de los lodos depende de la producción estimada de lodos dentro del proceso de lodos activados. Si las instalaciones para el manejo de lodos son subdimensionadas, se tendrán problemas dentro del proceso de tratamiento, ya que se tendrá que acumular lodo dentro del proceso al no contar con capacidad para procesar los lodos.

7. **Requerimiento de oxígeno:** El oxígeno requerido para la degradación de la materia orgánica carbonacea está determinada por el balance de masa, utilizando la concentración de la parte biodegradable de la DQO (bCOD) del agua residual tratada y la cantidad de desechos retirados del sistema por día. Si se lograra oxidar toda la parte biodegradable de la DQO, este valor (bCOD) sería igual a la Demanda de Oxígeno
8. **Requerimientos de nutrientes:** Para que un sistema biológico funcione adecuadamente, los nutrientes deben estar disponibles en las cantidades adecuadas. Dentro de los procesos biológicos los principales nutrientes son el nitrógeno y el fósforo. La cantidad de nutrientes requeridos para el proceso, puede ser estimada en base a la tasa producción de biomasa por día. Se estima que el nitrógeno necesario representa un 12.4% del peso de la biomasa que se genera y el fósforo por lo general es un quinto de los requerimientos de nitrógeno.
9. **Requerimiento de productos químicos:** en ciertos casos es necesario la adición de productos químicos, tales como el carbonato de calcio, para poder mantener condiciones de alcalinidad y alcanzar un buen proceso de nitrificación. Además es recomendable mantener valores de pH en el rango de 6.8 a 7.4 en el sistema.

c) Variantes del proceso de lodos activados

A partir de la configuración básica del proceso de lodos activados, se han desarrollados diferentes variaciones y modificación al proceso dentro de las cuales se pueden mencionar:

- **Mezcla completa (CMAS):** El reactor trabaja bajo condiciones de flujo y agitación continua. El agua residual sedimentada y el lodo recirculado es introducido típicamente en varios puntos del tanque de aireación. La carga orgánica, la concentración de sólidos suspendidos (MLSS) y la demanda de oxígeno (DO) es uniforme en cualquier punto del tanque de aireación. Una de las ventajas del proceso CMAS es la absorción de cargas puntuales que puedan afectar al proceso. El proceso es relativamente fácil de operar, pero tiende a mantener bajas concentraciones de carga orgánica, lo que propicia el crecimiento de bacterias filamentosas, las cuales generan problemas de bulking en el lodo.

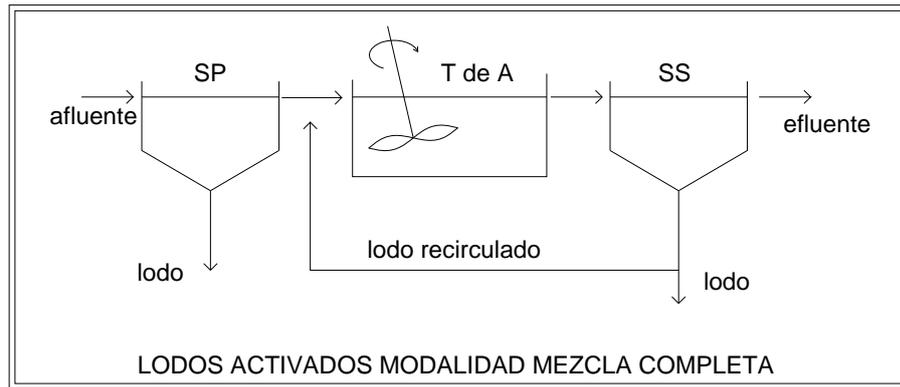


Fig. 3-3-14 lodos activados modalidad mezcla completa

- Flujo pistón convencional:** El agua residual sedimentada y el lodo de la recirculación se incorpora al inicio de la cubeta de aireación, mezclándose por la acción de los difusores o aireadores superficiales. En los primeros diseños, la aireación era constante a lo largo del tanque, lo cual generaba bajas concentraciones de oxígeno disuelto en las primeras partes de tanque. En las nuevas instalaciones de esta modalidad, el sistema de aireación es diseñado para satisfacer la demanda de oxígeno a lo largo del tanque, inyectando altas cantidades de oxígeno en las primeras etapas y bajas al final del tanque, esto se logra mediante el control del oxígeno suministrado. El tanque de aireación tiene relaciones largo:ancho de 9:1 o mayores, lo cual se logra dividiendo en tres mas canales un tanque rectangular

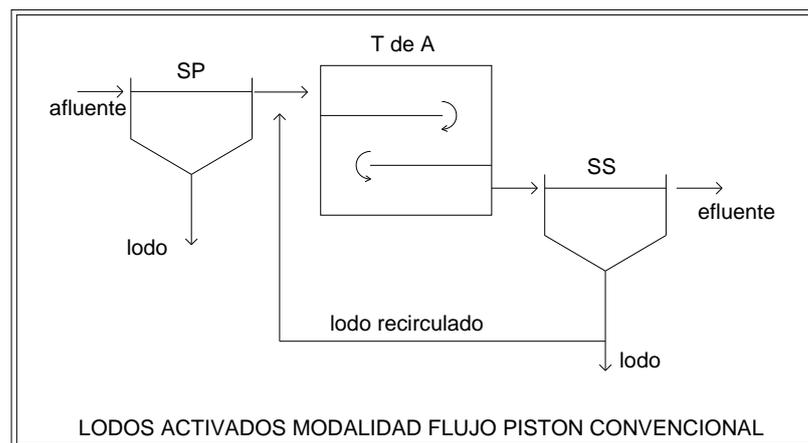


Fig. 3-3-15 lodos activados modalidad flujo pistón convencional

- Aireación de alta tasa:** es una modificación al proceso de flujo pistón, en el cual bajas concentraciones de sólidos suspendidos en el licor mezclado (MLSS) son combinadas con altas cargas volumétricas de DBO. El sistema

se caracteriza por cortos periodos de retención hidráulica, alta tasa de recirculación de lodo, alta relación F/M y relativamente baja concentración de MLSS. Esta modalidad produce un efluente con menor calidad en comparación con las modalidades de mezcla completa y flujo pistón. En vista de las cargas aplicadas, se hace necesario tener más cuidado para mantener estable el sistema.

- **Alimentación por etapas:** Es una modificación al proceso de flujo pistón, en el cual el agua residual sedimentada es introducida al tanque de aireación en 3 o 4 puntos, con el objeto de homogenizar la relación F/M, disminuyendo así los picos en la demanda de oxígeno. Por lo general el tanque se divide en 3 o cuatro canales. La flexibilidad de la operación es una de las ventajas de esta variación, ya que se puede cambiar la proporción de agua residual que se distribuye en cada punto de alimentación. La concentración de MLSS puede ser elevada, con valores entre 5000 y 9000g/m³ en la primera etapa, con concentraciones menores en las etapas siguientes. Esta modalidad tiene la capacidad de mantener un mayor volumen de sólidos, con lo cual se tiene un mayor periodo de retención de sólidos (SRT), para el mismo volumen bajo la modalidad de flujo pistón convencional.

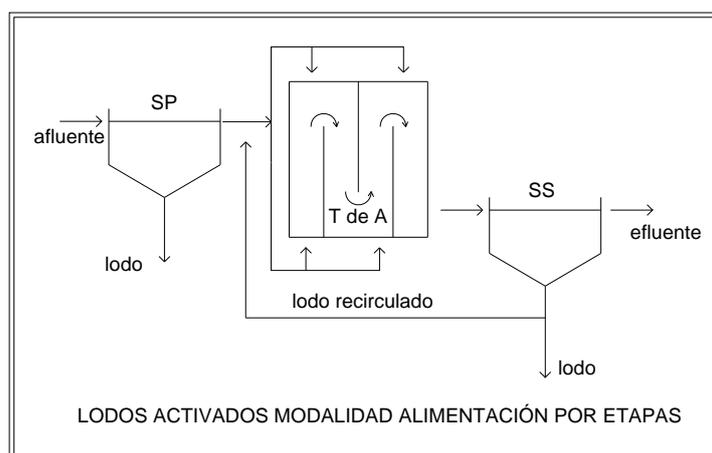


Fig. 3-3-16 lodos activados modalidad alimentación por etapas

- **Estabilización por contacto:** Esta modalidad, utiliza dos tanques separados o uno dividido para el tratamiento de las aguas residuales y la

estabilización del lodo. El lodo activado estabilizado es mezclado con el agua residual sedimentada o cruda en la zona de contacto. En la zona de contacto el SRT es relativamente corto (de 30 a 60min) y la concentración de MLSS en la zona de contacto es menor que en la zona de estabilización. Una rápida remoción de la DBO soluble ocurre en la zona de contacto y las partículas orgánicas y coloides son atrapados en los floculos de lodo activo, siendo degradadas posteriormente en la zona de contacto. El lodo recirculado es aireado en la zona de estabilización y el periodo de retención es entre 1 y 2 horas, con lo cual se mantiene suficiente tiempo para la estabilización del lodo. Debido a que la concentración de MLSS es alta en la zona de estabilización, esta modalidad requiere de menor cantidad de oxígeno que la de mezcla completa o flujo pistón convencional.

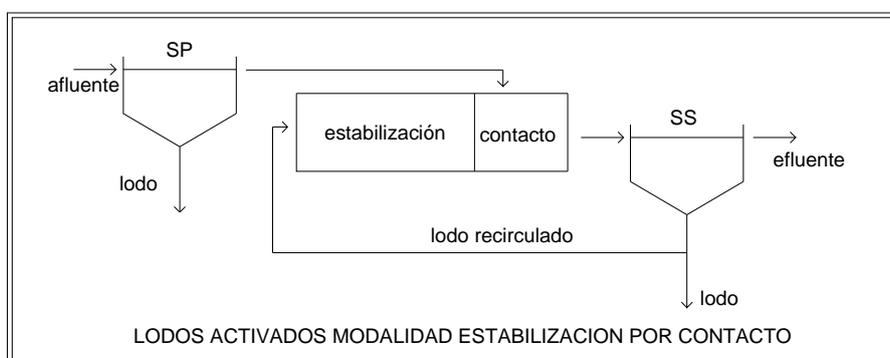


Fig. 3-3-17 lodos activados modalidad estabilización por contacto

- **Dos lodos:** La modalidad de Dos Lodos, es un sistema de dos etapas las cuales son operadas bajo un SRT muy largo. La primera etapa es de la modalidad de Alta Carga (para la remoción de DBO), seguida de una segunda etapa para nitrificación. Una parte del agua residual sedimentada puede ser desviada hacia el tanque de nitrificación para proporcionar DBO y sólidos suspendidos para promover la nitrificación y la floculación. La razón para separar el proceso de remoción de la DBO del de nitrificación, es el tratar sustancias tóxicas en la primera etapa y así proteger las bacterias encargadas de la nitrificación, las cuales son más sensibles. Si se tiene un buen control sobre las descargas industriales, la remoción de DBO y la nitrificación pueden ser realizadas en una sola etapa.

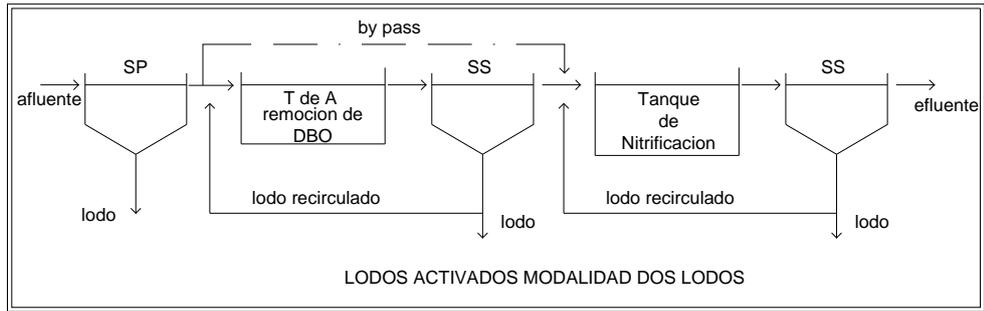


Fig. 3-3-18 lodos activados modalidad dos lodos

- Oxígeno puro:** Para esta modalidad, se utiliza un reactor cerrado dividido en etapas al cual se inyecta oxígeno de alta pureza. Por lo general se utilizan tres o cuatro etapas, incorporándose el agua residual, lodo recirculado y el oxígeno en la primera etapa. Los gases de la parte superior del reactor y el licor mezclado se desplazan de una etapa a la otra. El oxígeno parcialmente presurizado puede variar entre un 40 y 60% en la parte superior de la primera etapa y llegar hasta un 20% en la última etapa.

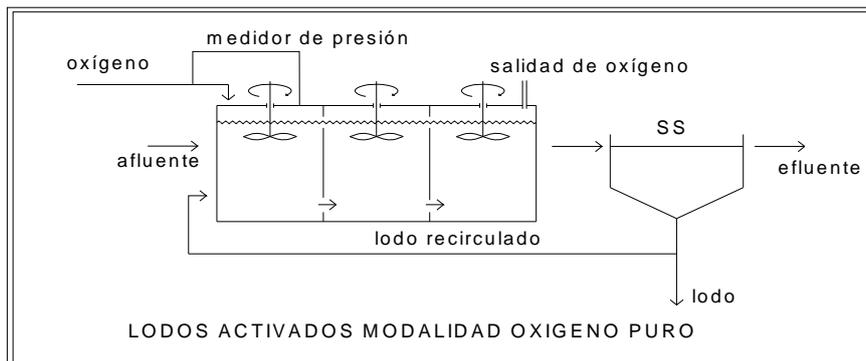


Fig. 3-3-19 lodos activados modalidad oxígeno puro

A altas presiones de oxígeno, se tiene altas tasas de transferencia de oxígeno, por lo que se pueden tener concentraciones mayores de MLSS y operar a menores tiempos de retención hidráulica en comparación con el proceso convencional. Se hace necesario el contar con sistemas de generación de oxígeno in situ, lo cual hace más compleja la operación en comparación con los sistemas convencionales.

- Proceso de Kraus:** El proceso de Kraus es una variación de la modalidad de aireación por etapas y es utilizado para tratar aguas industriales con deficiencia de nitrógeno. El líquido sobrenadante del digester de lodos es incorporado a un tanque de aireación como alimento al lodo recirculado. El

licor mezclado resultante es incorporado a un tanque de aireación de la modalidad de flujo pistón.

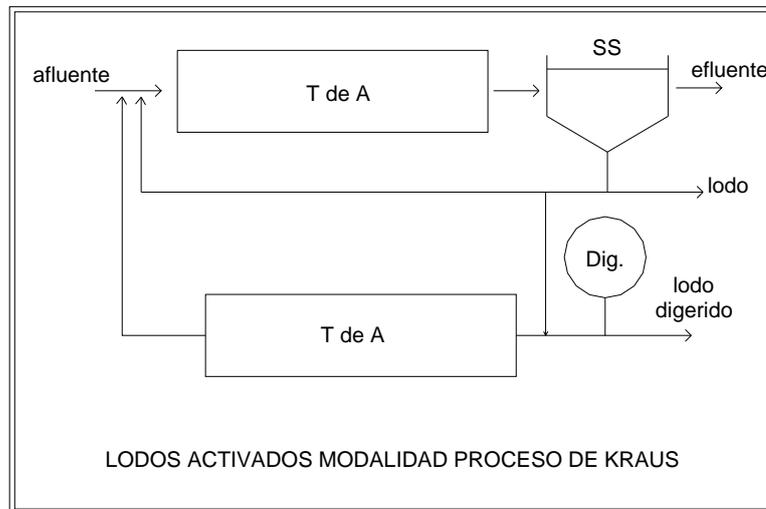
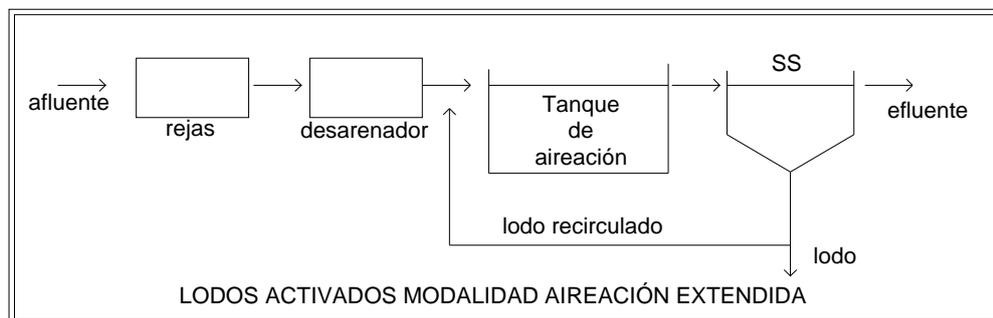


Fig. 3-3-20 lodos activados modalidad proceso de Kraus

- Aireación extendida:** El proceso de aireación extendida es similar al proceso de flujo pistón convencional, excepto que trabaja en la fase de respiración endógena¹⁰ de la curva de crecimiento bacteriano, en la cual se requiere de bajas cargas y largo tiempo de aireación. En vista de los largos STR (de 20 a 30d) y periodos de retención hidráulica en el orden de 24h, el equipo de aireación es controlado por los requerimientos para mezcla y no por las necesidades de oxígeno. Por lo general no necesita de sedimentación primaria, además, el lodo purgado presenta buenas condiciones de digestión. Por lo general el proceso se aplica a pequeñas comunidades.



¹⁰ En la descomposición biológica de la materia orgánica ocurren tres procesos, en el primero en el cual la materia orgánica es oxidada a productos finales para obtener energía para el mantenimiento de la célula y la síntesis de nuevo tejido celular, en el segundo, parte de la materia orgánica es convertida en nuevo tejido celular utilizando la energía desprendida durante la oxidación y el tercero, en el cual una vez se termina la materia orgánica, las células comienzan a consumir su propio tejido celular para su mantenimiento, este tercer proceso se conoce como respiración endógena

Fig. 3-3-21 Lodos activados modalidad aireación extendida

- **Zanja de oxidación:** La zanja de oxidación consiste de un canal de forma circular u ovalada, equipado con accesorios para aireación y mezcla. El agua residual luego de pasar por una etapa de tamizado, ingresa al canal en el cual se mezcla con el lodo activado. La forma del tanque y los equipos de aireación y mezcla generan un flujo unidireccional dentro del tanque, por lo que la energía utilizada para la aireación es suficiente para realizar la mezcla y mover el líquido. El tiempo de retención hidráulico es relativamente largo. El equipamiento debe generar una velocidad de entre 0.25 a 0.30 m/s dentro del canal, lo cual es suficiente para mantener el lodo en suspensión. Como resultado el proceso se aproxima a un proceso de mezcla completa con un flujo pistón dentro del canal.

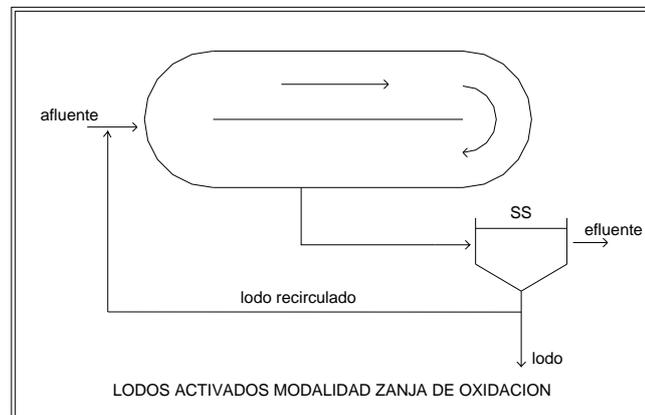


Fig. 3-3-22 lodos activados modalidad zanja de oxidación

- **Reactor Secuencial en Batch (SBR):** El sistema SBR es un reactor de tipo mezcla completa con secuencias de llenado y vaciado (Batch), en el cual todos los procesos de los lodos activados ocurren. En el caso de flujo continuo, se deberá disponer de al menos dos reactores, mientras uno se está llenando los demás se dan los procesos de oxidación, sedimentación y vaciado. Durante el día, un reactor puede realizar varios ciclos, típicamente un ciclo puede comprender 3 h para llenado, 2 h de aireación, 0.5 h de sedimentación y 0.5 h para el retiro de agua clarificada y sobrenadante. Un espacio de tiempo puede ser incluido entre los ciclos a fin de poder absorber los picos de flujo. El licor mezclado se mantiene dentro del reactor durante las etapas de ciclo, con lo cual se elimina la necesidad de un sedimentador secundario separado. El periodo de retención hidráulica es en el rango de las 18 a 30h, esto en base al caudal y el volumen del tanque.



Fig. 3-3-23 lodos activados modalidad sistema SBR

Parámetros de Diseño de Sistemas de Lodos Activados

Para el diseño de las distintas modalidades de lodos activados, se utilizan los siguientes parámetros:

Variante	Tipo de reactor	SRT	F/M	Carga volumétrica	MLSS	PRH	RAS
Aireación de alta tasa	Pistón	0.5~2	1.5~2.0	1.2~2.4	200~1000	1.5~3	100~150
Estabilización por contacto	Pistón	5~10	0.2~0.6	1.0~1.3	1000~3000(C) 6000~10000(E)	0.5~1.0 2~4	50~150
Oxígeno Puro	Pistón	1~4	0.5~1.0	1.3~3.2	2000~5000	1~3	25~50
Pistón Convencional	Pistón	3~15	0.2~0.4	0.3~0.7	1000~3000	4~8	25~75
Alimentación por etapas	Pistón	3~15	0.2~0.4	0.7~1.0	1500~4000	3~5	25~75
Mezcla Completa	MC	3~15	0.2~0.6	0.3~1.6	1500~4000	3~5	25~100
Aireación Extendida	Pistón	20~40	0.04~0.10	0.1~0.3	2000~5000	20~30	50~150
Zanja de Oxidación	Pistón	15~30	0.04~0.10	0.1~0.3	3000~5000	15~30	75~150
SBR	Batch	10~30	0.04~0.10	0.1~0.3	2000~5000	15~40	25~75

Unidades:

- Periodo de Retención de Sólidos (SRT) en d
- F/M en Kg DBO/Kg MLVSS.d
- Carga Volumétrica en Kg DBO/m³.d
- Sólidos Suspendedos en el Licor Mezclado (MLSS) en mg/L
- Periodo de Retención Hidráulica en h
- Tasa de Recirculación de Lodo (RAS) en % del caudal de ingreso medio

(3) Anaeróbico

El tratamiento anaeróbico de las aguas residuales tiene ventajas sobre el aeróbico. Concretamente, la demanda de energía del sistema es baja, ya que no se requiere de energía para la oxigenación, menor la producción de lodos (síntesis biológico) por unidad de masa orgánica estabilizada, menor requerimiento de nutrientes debido al menor síntesis biológico y el proceso de degradación de la materia orgánica genera biogás, que es una valiosa fuente de energía.

En general, para aguas residuales municipales con menores concentraciones de DQO biodegradable, bajas temperaturas, altas necesidades de calidad del efluente, y requerimientos de remoción de nutrientes, los procesos aeróbicos son favorecidos. Sin embargo, para aguas residuales industriales con concentraciones mucho más altas de DQO biodegradable, y altas temperaturas, los procesos anaeróbicos pueden resultar más económicos.

a) Reactor anaeróbico de flujo ascendente (UASB)

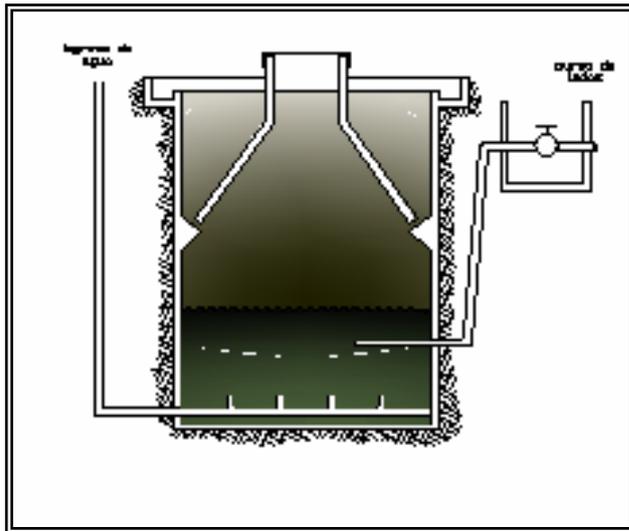


Fig. 3-3-24 Sección de un reactor anaeróbico de flujo ascendente

El reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA), como su nombre lo indica, es una unidad diseñada para el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales. Fue desarrollado para el tratamiento de aguas residuales de tipo industrial.

Principio de funcionamiento

En el reactor anaeróbico de flujo ascendente, el agua ingresa a la unidad por la parte inferior, obligando a un flujo ascendente, el cual mantiene suspendido un manto de lodos, en el cual se fijan las bacterias.

Conforme el agua pasa por el manto, las bacterias digieren la materia orgánica que transporta el agua, transformándola en materia no biodegradable, reduciendo así la DQO.

Los puntos críticos a tomar en consideración al momento de diseñar un RAFA, son el sistema de distribución del agua en el fondo, el separador de gas sólido y la salida del efluente.

La principal característica del RAFA que permite el uso de altas cargas volumétricas de DQO comparado con otros procesos anaeróbicos, es el desarrollo de un lodo denso granulado, el cual permite altas concentraciones de sólidos en el fondo de la unidad. Normalmente se requieren de varios meses para poder alcanzar la formación del lodo granular, por lo que se recomienda inocular la unidad con lodos de otras instalaciones, para acelerar el proceso de formación.

Para el diseño se deberá tomar en consideración las características del agua residual, carga orgánica, velocidad de flujo, volumen del reactor, características físicas que incluyen la distribución del agua en el fondo y la recolección del efluente y el sistema de recolección de gas. Contenidos altos de grasas y/o proteínas en el agua, generan problemas de formación de espumas en la parte alta del reactor y afectan la formación del lodo granular, además es importante determinar la fracción particulada de la DQO ya que de esta depende la aplicabilidad del proceso, a mayor fracción particulada la capacidad para la formación de lodo granular disminuye.

Carga Orgánica

Las cargas orgánicas son función de la temperatura, en la siguiente tabla se muestran las cargas recomendadas para aguas residuales con DQO soluble principalmente.

Temperatura. °C	Carga volumétrica, kg _s DQO/m ³ .d	
	Rango	típico
20	2~3	2
25	2~4	3
30	4~8	4
35	12~18	14

Los valores de periodo de retención hidráulica (τ) en función de la temperatura del agua para aguas residuales domesticas, se presentan en la siguiente tabla¹¹:

Temperatura, °C	PRT promedio t, h	PRT máximo para caudal pico, h
16~19	10~14	7~9
22~26	7~9	5~7
>26	6~8	4~5

La velocidad ascensional y el área del reactor, son parámetros críticos dentro del diseño, ya que velocidades muy altas arrastraran el manto de lodos y velocidades muy bajas harán que los sólidos se sedimenten en el fondo. La velocidad ascensional y alturas del reactor se dan en la siguiente tabla:

Tipo de agua	Velocidad ascensional, m/h		Altura del reactor, m	
	Rango	Típico	Rango	Típico
DQO cerca al 100% soluble	1.0~3.0	1.5	6~10	8
DQO parcialmente soluble	1.0~1.25	1.0	3~7	6
Aguas domesticas	0.8~1.0	0.7	3~5	5

¹¹ Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, Fourth Edition

La velocidad ascensional se calcula de la siguiente forma:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Donde:

V es la velocidad ascensional en m/h

Q es el caudal en m³/h

A es el área del reactor en m²

Calculo de las dimensiones del reactor

Para el caso de aguas residuales domesticas, el dimensionamiento se realiza tomando en consideración la velocidad ascensional, caudal medio y periodo de retención. Entre 2.5 y 3m se deberán adicionar a la altura del reactor, para contar con volumen para la acumulación de gas. Cabe destacar que será necesario complementar el tratamiento con una unidad aeróbica de pulido, esto debido a los sólidos suspendidos que acarrea el efluente de la unidad.

Características físicas de la unidad

Se deberá tener especial cuidado en la distribución y salida del caudal dentro de la unidad, ya que una mala distribución y recolección del agua, podrá causar zonas muertas y líneas de flujo dentro de la unida. El evitar líneas de flujo es más difícil cuando se tratan aguas con bajas cargas, ya que posiblemente se tendrá menor producción de gas, el cual ayuda a la mezcla del lodo.

Tabla 3-3-8 Guías para la determinación del área servida por tuberías de alimentación

Tipo de lodo	Carga de DQO Kg/m ³ .d	Área alimentada por salida M ²
Lodo Floculento Denso >40kgSST/m ³	<1.0	0.5~1
	1~2	1~2
	>2	2~3
Lodo Floculento medio 20~40kgSST/m ³	<1~2	1~2
	>3	2~3
Lodo granular	1~2	0.5~1
	2~4	0.5~2
	>4	>2

Altura del lodo dentro del reactor

En la parte inferior del reactor queda retenida la materia orgánica es estado suspendida y soluble, la cual mediante la acción de las bacterias es transformada en metano. Es necesario determinar la altura del manto de lodos, para poder realizar la purga de la unidad. Diferentes autores reportan alturas de lodo, para el caso de aguas de tipo domestico, Lettinga reporta 1.7m

Recomendaciones el diseño del separador de gas~solidos

- La pendiente del fondo del área de sedimentación o la pared inclinada del colector de gases deberá ser entre 45 y 60 grados
- El área de cámara de gases no debe ser menor del 15% del área superficial total del reactor
- La altura de colector de gases deberá ser entre 1.5 y 2.0m para reactores de entre 5 y 7m
- Las aristas deflectoras instaladas debajo del ingreso a la cámara de sedimentación deberán proyectarse entre 10 y 20 cms para evitar que el flujo arrastre burbujas de gas al compartimiento de sedimentación
- Por lo general se deberá instalar pantallas para evitar que capas de material flotante ingrese a los vertederos de salida
- El diámetro de la tubería de salidas de gases deberá ser lo suficiente para garantizar una fácil remoción del gas
- Se recomienda la instalación de boquillas rociadoras para evitar la formación de espumas.

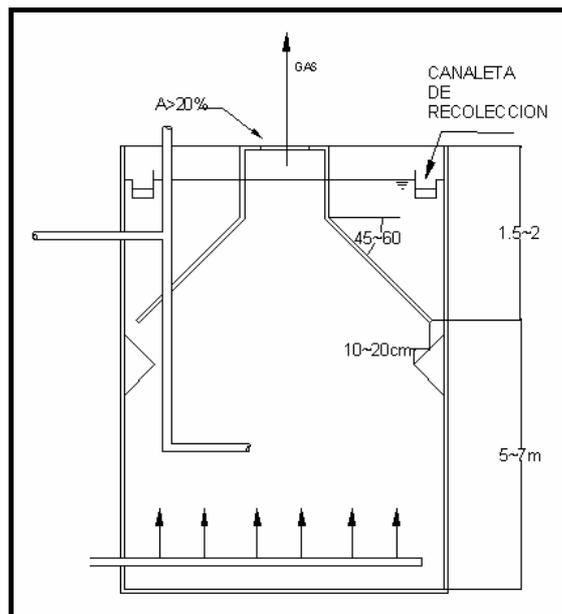


Fig. 3-3-25 sección de un reactor de flujo ascendente

Cada cierto tiempo se hace necesario el purgar el lodo, para evitar que sea arrastrado por el caudal, debiéndose tener especial cuidado en mantener un manto de lodo para dar continuidad al proceso. No se debe realizar la purga hasta sacar todo el lodo, ya que con eso estaríamos terminando con el proceso de tratamiento

3-3-5 Desinfección

Las aguas residuales, dependiendo del tipo o grado de tratamiento se logra alcanzar cierto grado de remoción de organismos patógenos. En promedio el contenido de promedio de coliformes en las aguas residuales crudas es de 1×10^9 NMP/100ml. En la siguiente tabla, se muestra el porcentaje de remoción que se puede lograr en diferentes procesos.

Proceso	% de remoción
Rejas gruesas	0~5
Rejas finas	10~20
desarenador	10~25
Sedimentación	10~25
Filtro percolador	90~95
Lodos activados	90~98
Cloración	98~99.999

El contenido inicial de coliformes y las dosis de cloro recomendadas para alcanzar un contenido de coliformes de 1×10^3 NMP/100ml, basadas en un periodo de contacto de 30 minutos, se muestra en la siguiente tabla.

Tipo de agua	Concentración de coliformes NMP/100ml	Dosis de cloro para alcanzar 1×10^3 NMP/100ml mg/l
Agua residual cruda	$10^7 \sim 10^9$	15~40
Efluente primario	$10^7 \sim 10^9$	10~30
Efluente filtro percolador	$10^5 \sim 10^6$	3~10
Efluente de lodos activados	$10^5 \sim 10^6$	2~10
Efluente de fosa séptica	$10^7 \sim 10^9$	20~40

Dentro de los agentes desinfectantes, el más utilizado es el cloro, ya sea en su forma líquida, en la cual es altamente puro, o como compuesto en forma de cloruro de sodio o hipoclorito de calcio.

Una de las desventajas del uso del cloro líquido, es el grado de cuidado que se debe de tener en el manejo de los cilindros y la necesidad de instalaciones para almacenamiento y control de fugas.

Otros métodos para lograr una adecuada desinfección son los rayos ultravioleta, el ozono, yodo y alcohol, entre otros.

En el caso de uso de cloro, se deberá garantizar un periodo de contacto mínimo de 30 minutos y se deberá contar con una estructura que permita una buena mezcla del cloro con el agua.

3-3-6 Tratamiento de lodos

(1) Tratamiento de los lodos generados

Los lodos generados en el proceso de tratamiento, los podemos clasificar en lodos frescos y lodos digeridos.

Los lodos frescos, son los que provienen de procesos de sedimentación primaria. Estos lodos contienen un alto contenido de materia orgánica biodegradable y se hace necesario su tratamiento.

Los lodos digeridos, son los que provienen de procesos biológicos de tratamiento o de sedimentadores secundarios. Por lo general, el contenido orgánico biodegradable de estos lodos es muy bajo y pueden ser enviados a la etapa de secado.

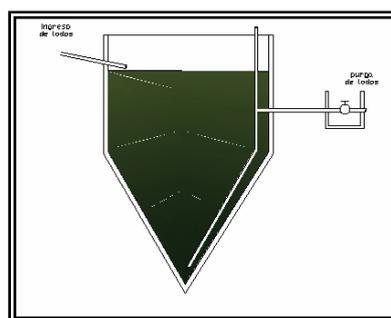


Fig. 3-3-26 Digestor de lodos

En las plantas de tratamiento se hace necesario el tratamiento de los lodos, lo cual se logra a través de un digestor de lodos. Los digestores pueden ser de tipo aeróbico o anaeróbico. Por lo general, se utilizan digestores anaeróbicos.

La digestión anaeróbica es el proceso de tratamiento de lodos más utilizado para la estabilización de los lodos generados en los procesos de tratamiento de las aguas residuales. La descomposición anaeróbica comprende la descomposición de la materia orgánica en inorgánica (principalmente sulfato) en ausencia de oxígeno.

El dimensionamiento de los digestores de lodos, se basa en retener los sólidos por un periodo de tiempo prolongado, el cual permite la mineralización de los sólidos suspendidos volátiles (materia orgánica). Una de las formas de dimensionar los digestores es en base a los sólidos volátiles agregados por unidad de volumen del digestor por día. En la siguiente tabla, se muestran los valores típicos para el dimensionamiento de los digestores de alta carga y mezcla completa¹²:

Criterio de volumen	Unidad	rango
Lodo primario	m ³ /cápita	0.03~0.06
Lodo primario +filtro percolador	m ³ /cápita	0.07~0.09
Lodo primario+ lodo activado	m ³ /cápita	0.07~0.11
Periodo de retención	d	15~20

Los digestores son de forma cilíndrica con una base cónica invertida. En caso no se cuente con equipo electromecánico par la extracción de los lodos y la topografía del terreno lo permita, la purga de los lodos podrá ser realizada por carga hidrostática, necesitándose una carga mínima de 1.8m, con el objeto de concentrar el lodo en el fondo se recomienda que el cono tenga paredes con pendientes de entre 45 y 60°, la tubería de salida e ingreso de lodos deberá ser de diámetro mínimo de 150mm y preferiblemente de 200mm.

Al volumen de digestor calculado, se le deberá incrementar un volumen de almacenamiento en caso se utilicen lechos de secado. El volumen de almacenamiento se calculará tomando en cuenta el periodo de purga.

(2) Deshidratado de lodos

Los lodos una vez digeridos, debido a su alto contenido de humedad, son enviados a una unidad de secado, en la cual se deshidratan, hasta alcanzar un contenido de humedad de menor del 70%.

Lechos de secado

Los lechos de secado son unidades utilizadas para el deshidratado de los lodos generalmente en plantas de tratamiento para comunidades pequeñas o medianas. Se

¹² Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, Fourth Edition

recomienda que para poblaciones superiores a 20,000 habitantes se haga uso de equipo de deshidratado de lodos.

Los lechos de secado consisten en una superficie sobre la cual se esparce el lodo en capas de entre 200 y 300mm y luego se deja secar. Parte el agua que contiene el lodo escurre a través del lecho permeable del lecho y otra parte es evaporada por acción del aire, por lo que contar con un adecuado sistema de drenaje es esencial. El sistema de drenaje consiste de líneas de tuberías perforadas paralelas entre sí, separadas entre 2.5 y 6.0m, con una pendiente mínima del 1%. Las tuberías deberán estar adecuadamente soportadas y cubiertas con grava gruesa o piedra triturada. Sobre la capa de grava gruesa, se coloca una capa de arena con tamaños entre 0.3 y 0.75mm, con espesor de entre 230 y 300mm, capas de arena con espesores arriba de 300mm pueden retardar el proceso de secado.

El área para secado es dividida en lechos individuales con anchos de más o menos 6m, de forma tal que se cuente con tres o más unidades que trabajen en forma alternada.

Los requerimientos de área para el secado de diferentes tipos de lodos, se presentan en la siguiente tabla¹³:

Tipo de lodo	Área m ² /persona	Tasa de carga de lodos Kg solido seco/m ² . año
Lodo primario digerido	0.1	120~150
Lodo primario y filtro percolador digerido	0.12~0.1	90~120
Lodo primario y lodos activados digeridos	0.16~0.23	60~100

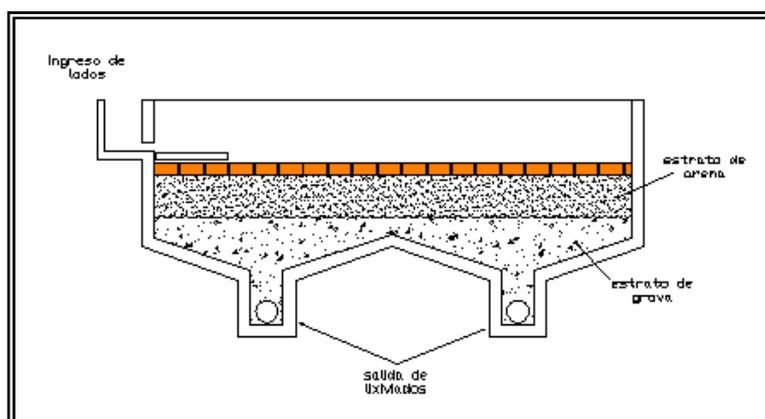


Fig. 3-3-27 sección de los lechos de secado

¹³ Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, Fourth Edition

Se recomienda que sobre la capa de arena se coloque una capa de baldosas de concreto o ladrillos de barro, separados 2.5cm entre sí, con el objeto de evitar el arrastre de la capa de arena durante las labores de limpieza del lecho. Debido al uso de los lechos, partículas muy finas lograrán penetrar el estrato de arena, ocasionando problemas de escurrimiento del agua. En caso de colmatación de lecho, se recomienda que se retire la arena y se proceda a lavarla, una vez lavada puede ser colocada nuevamente

Centrifugado

El proceso de centrifugado es ampliamente utilizado para el deshidratado y espesamiento de lodos, así como para la separación de sólidos en la industria. El proceso es aplicable también al deshidratado de lodos provenientes de los procesos de tratamiento de aguas residuales.

El centrifugado es un proceso en el cual un cilindro rota a alta velocidad, separando los sólidos de los líquidos, los cuales debido a su gravedad específica tienden a adherirse al tambor y son arrastrados por un tornillo sin fin hacia la salida de lodos, el cual gira con una menor velocidad que el cilindro.

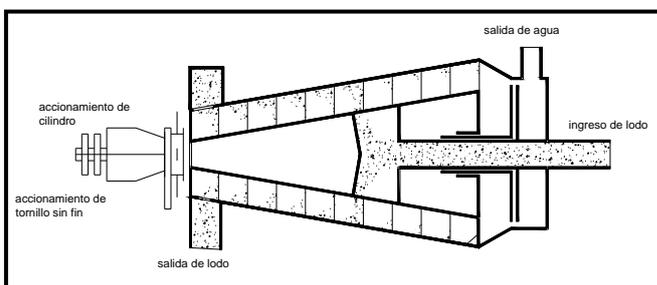


Fig. 3-3-28 centrifuga

Uno de los problemas que presenta la centrifugación, es que no se logra alcanzar una buena separación de los sólidos, debiéndose recurrir al uso de polímeros para mejorar la concentración de sólidos en el cake.

Para la selección de la unidad de centrifugación adecuada, se deberá recurrir a las especificaciones técnicas de cada fabricante de los equipos. Las características de los lodos no son uniformes en las plantas de tratamiento, por lo que se recomienda se utilice una planta piloto para determinar las especificaciones del equipo necesario.

El área requerida para la instalación de una centrifuga y los costos de inversión inicial son menores que para los otros equipos para deshidratación de la misma capacidad, sin embargo el consumo de energía es mayor, además se deberá considerar una buena base para la instalación debido a la vibración.

3-4 Fosa Séptica

En los casos en los cuales no se puede brindar el servicio de alcantarillado sanitario, ya sea porque no se cuenta con red de alcantarillado en el sector o debido a que por la ubicación del inmueble no es posible el drenar por gravedad a la red existente, se deberá construir una fosa séptica.

La fosa séptica es un sistema que consiste de una o varias cámaras, en la cuales se deposita el agua residual, dándose los procesos de sedimentación y digestión anaeróbica y un pozo de absorción o dispositivo para infiltrar el agua en el terreno.

De acuerdo al Código de Salud, para poder brindar el servicio de acueducto, es necesario que el interesado cuente con un sistema de disposición de aguas residuales, para lo cual en marzo de 2009, se publicó la Guía Técnica Sanitaria para la Instalación y Funcionamiento de Sistemas de Tratamiento Individuales de Aguas Negras y Grises, la cual se encuentra disponible en la página web del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la siguiente dirección electrónica www.mspas.gob.sv/regulacion/guias.asp

De acuerdo a la citada guía, las dimensiones del tanque séptico, se definen de acuerdo a la población a servir, la cual puede variar entre menos de 6 hasta 100 personas, esto de acuerdo al siguiente cuadro

Tabla 1 Dimensiones del tanque séptico

No. personas	Dimensiones en metros (ver Diseño en Anexos)			
	A	B	C	D
6 ó menos	2,00	1,00	1,00	1,30
9	2,30	1,15	1,00	1,30
12	2,60	1,30	1,15	1,30
15	3,00	1,45	1,30	1,30
50	5,40	2,60	1,60	1,60
100	6,60	3,30	2,00	2,00

Correspondiendo las dimensiones a la siguiente figura:

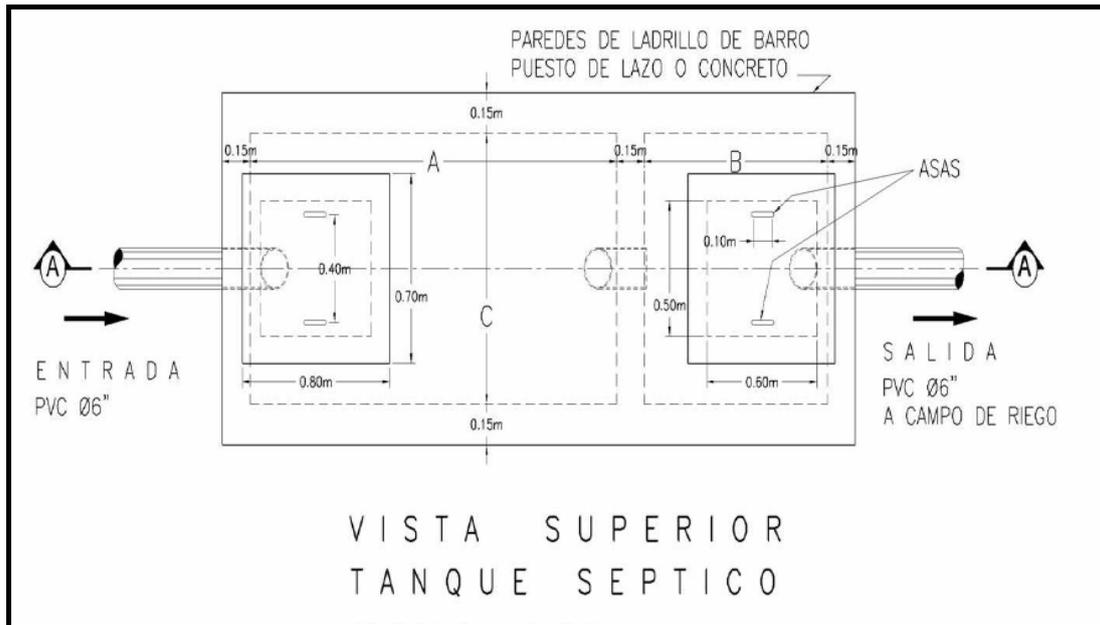


Fig. 3-4-1 vista superior de un tanque séptico

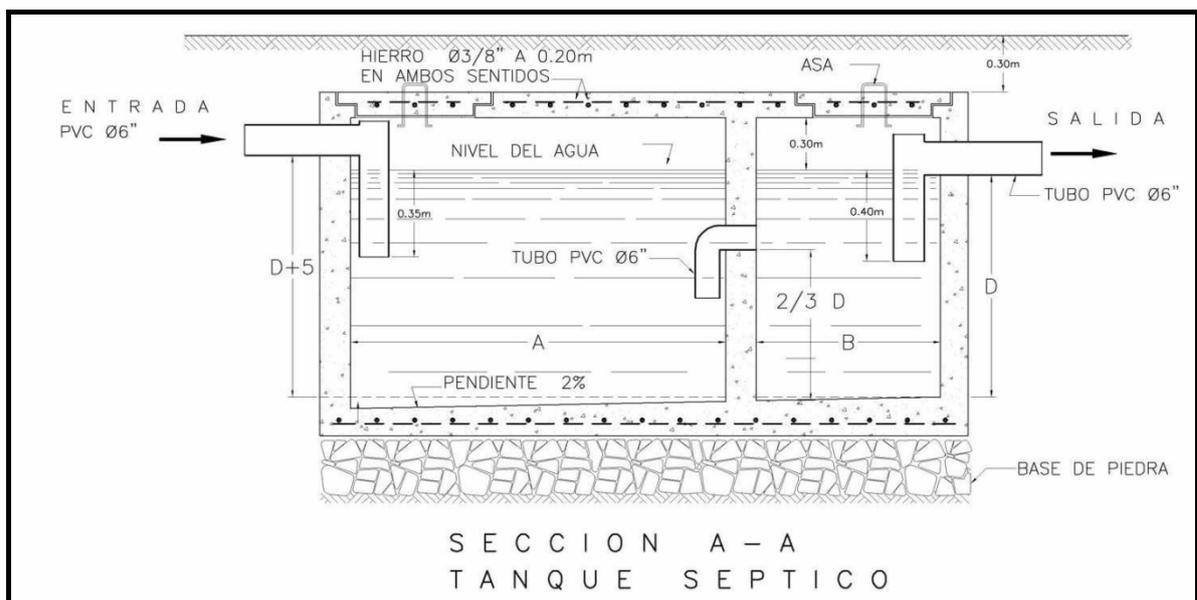


Fig. 3-4-2 sección de tanque séptico

Además de las dimensiones, en la guía, se cuenta con las recomendaciones para la construcción del sistema de infiltración y las recomendaciones para realizar las pruebas de infiltración en el terreno. Dependiendo de los resultados de la prueba de infiltración, el sistema de infiltración puede consistir de pozo de absorción, campo de infiltración o zanja de arena filtrante

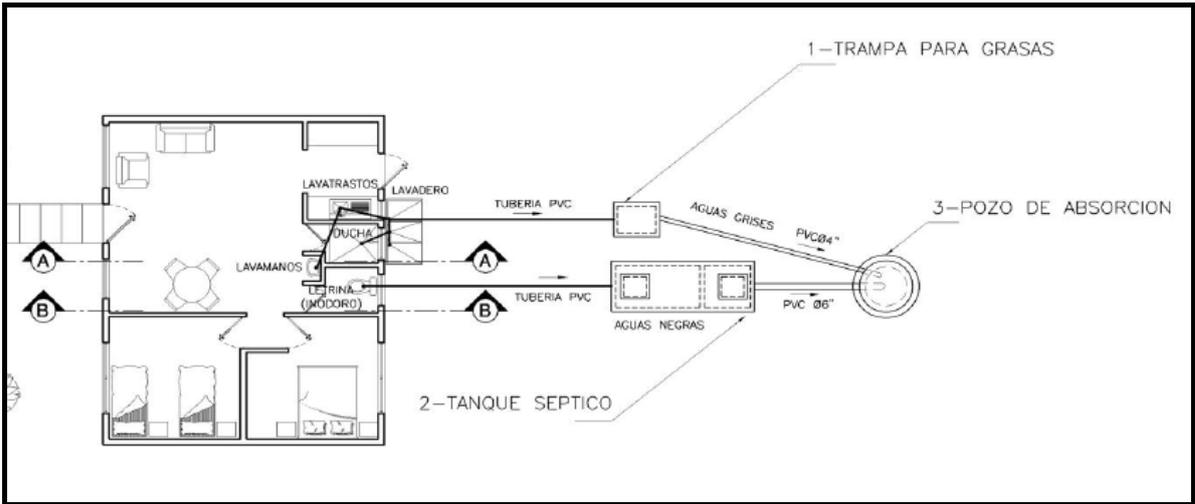


Fig. 3-4-3 ubicación en planta de tanque séptico y pozo de absorción

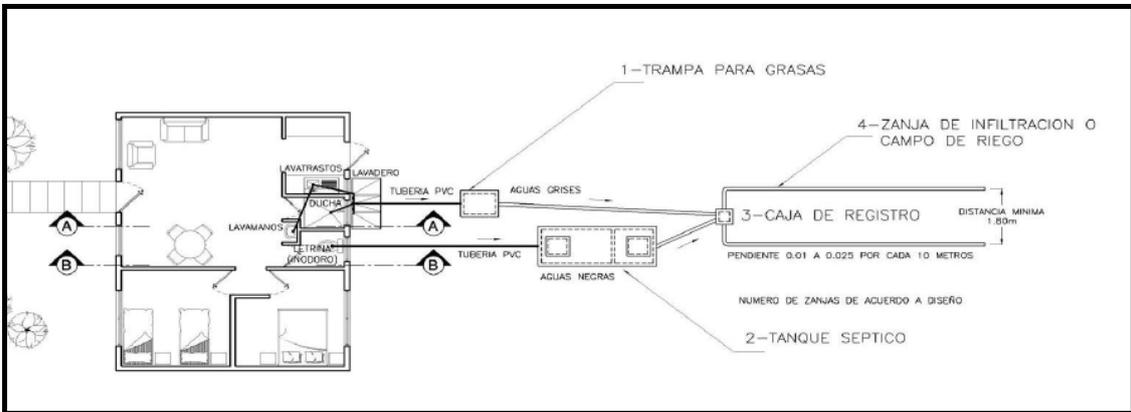


Fig. 3-4-4 ubicación en planta de tanque séptico y zanja de infiltración

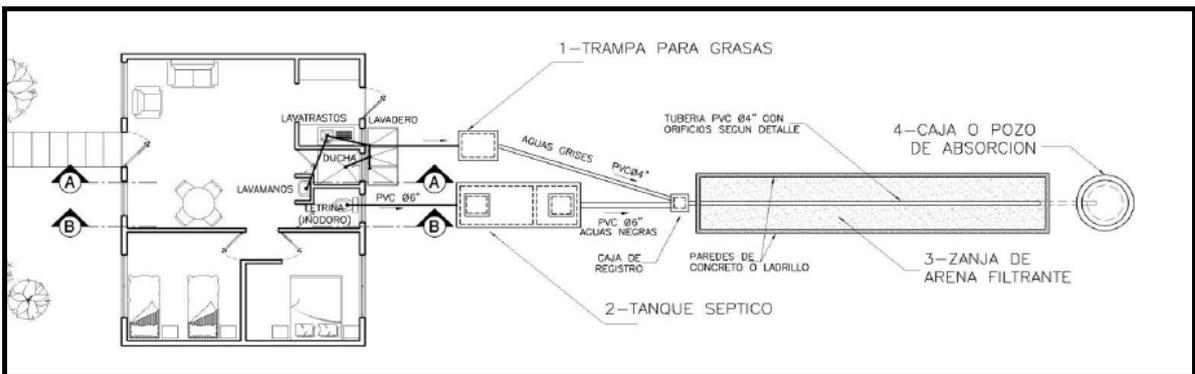


Fig. 3-4-5 ubicación en planta de tanque séptico y zanja filtrante de arena

Capítulo 4 Operación y Mantenimiento de las Redes de Alcantarillado

Debido a la importancia del tema Aguas Residuales, este capítulo también contempla la operación y mantenimiento para una planta de tratamiento de tipo biológico, mediante un reactor anaerobio.

4-1 Red de Alcantarillado Sanitario

El mantenimiento proporcionado a la red de alcantarillados puede ser de dos tipos:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo

La frecuencia de la demanda de mantenimiento para la red de alcantarillado sanitario es directamente influenciado por los siguientes factores:

- Longitud de la red
- Número de conexiones
- Usos y costumbres de los usuarios
- Incorporación de aguas lluvias
- Incorporación de sólidos de gran tamaño
- Descargas de aceites y grasas
- Robo de tapaderas de pozos de visita
- Edad del sistema
- Los materiales con que está construida la red y
- La existencia de un programa de mantenimiento preventivo

El personal mínimo necesario, para dar mantenimiento a la red dependerá la frecuencia con que se tengan demandas de mantenimiento.

4-1-1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo, es el que incluye actividades encaminadas a solventar un problema existente en la red de alcantarillado sanitario. Este mantenimiento consiste en:

- Desobstrucción de colectores
- Desobstrucción de acometidas
- Desobstrucción de pozos de visita
- Reparación de colectores fracturados
- Reparación de acometidas fracturadas
- Sustitución de colectores
- Sustitución de acometidas
- Sustitución de tapaderas de pozos de visita
- Lavado de colectores

4-1-2 Desobstrucción de colectores, pozos y acometidas

La desobstrucción consiste en la remoción de los sólidos que se han retenido dentro de la tubería y que generan retención del flujo de agua residual, en ciertos casos la obstrucción puede ser ocasionada por la penetración de raíces de árboles a las tuberías.

La desobstrucción puede ser realizada mediante el uso de herramientas que localmente se denominan gambuzas, las cuales consisten de piezas de varillas sólidas o resortes que son acopladas entre si y que tienen un accesorio en un extremo para poder remover o destruir la obstrucción. El giro de las herramientas puede ser dado mediante fuerza humana o mediante un motor. En el mercado se encuentran diferentes tipos del acople, los cuales pueden ser del tipo rápido o roscado. También se puede utilizar equipo de lavado de tuberías, el cual con presión de agua remueve o corta el tapón.

Los accesorios que se utilizan más frecuentemente son:

- Cabezal de lanza: la cual se utiliza para la fractura de los sólidos, el empuje de la obstrucción o para penetrar en el tapón.
- Tirabuzón: es una pieza en forma de sacacorchos, el cual atrapa la obstrucción. Dependiendo del diámetro de la tubería, se tienen diferentes diámetros de tirabuzón
- Corta raíces: tal como su nombre lo indica, los corta raíces son hojas dentadas en forma de espiral, las cuales al girar cortan las raíces adheridas a la tubería
- Corta grasa: son accesorios utilizados para remover la grasa adherida a las paredes de la tubería
- Herramientas de uso general tales como pala, piocha, almádana, cincel, cuchara de albañilería, balde, lazo, lámpara, espejos, etc.



Cabezal de lanza



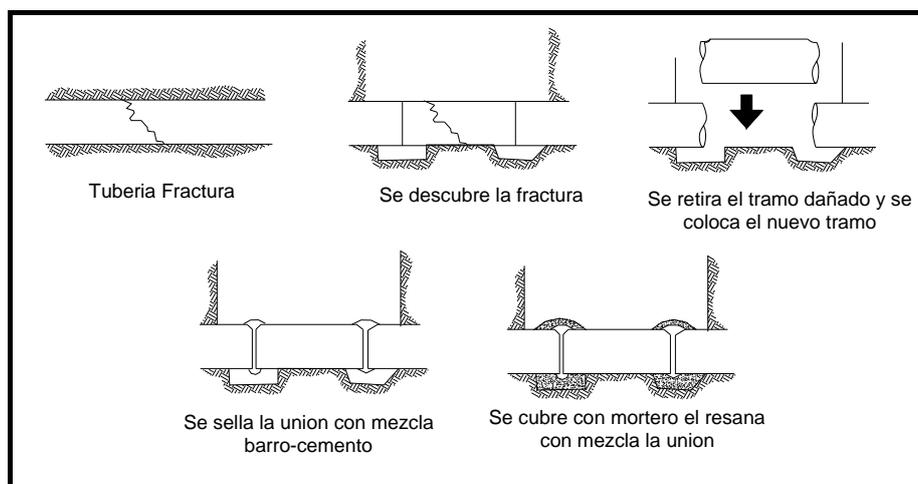
Tirabuzón

Tomando en consideración las condiciones dentro de la red de aguas negras, en caso de necesitarse ingresar a un pozo de visita, se deberá esperar por lo menos cinco minutos antes de poder ingresar a la estructura. Se recomienda en caso de desobstrucciones, que un grupo de trabajo esté constituido como mínimo de 3 personas, un gambucero y dos con cargo de ayudante general. El gambucero guía las varillas dentro del pozo, uno de los ayudantes las rota u opera la maquina impulsora de varillas y un tercero que se encarga de vigilar dentro del pozo y guiar las varillas en la superficie.

4-1-3 Reparación de colectores o acometidas fracturadas

Debido a la falta de capacidad de soporte de la tubería o por movimientos sísmicos, se dan fracturas en los colectores, las cuales generan obstrucciones en la red, haciéndose necesaria la reparación de la tubería.

La reparación se realiza, en el caso de tubería de cemento, cortando el tramo de tubo dañado y sustituyéndola por un tramo nuevo. Para garantizar la unión de la pieza con el colector existente, se deberá hacer una mezcla de cemento con arcilla de alta plasticidad en una proporción de 1:1 y agua, si se tiene una velocidad alta, se deberá incrementar la cantidad de cemento. Esta mezcla, será utilizada para sellar la unión de los tubos y una vez se verifique no hay fugas, las uniones deberán ser revestidas con mortero.

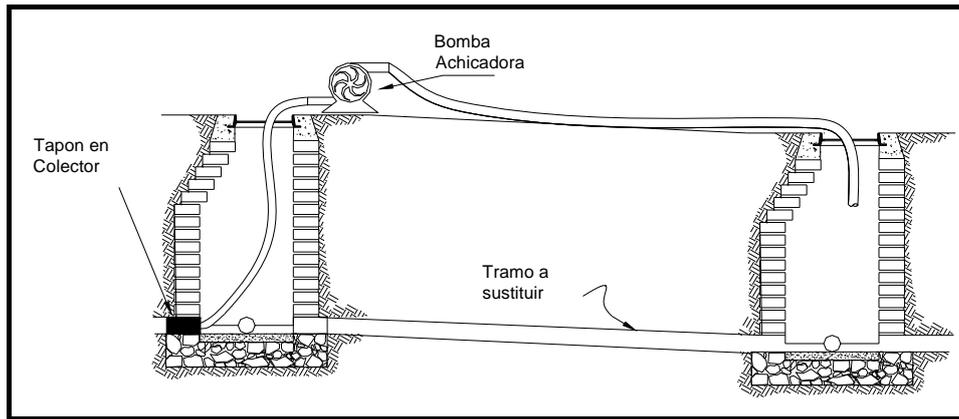


En caso se encuentre que el tramo de colector, presenta las mismas condiciones estructurales, se recomienda sustituir el tramo completo entre pozos. Para el caso de tuberías plásticas, se deberán utilizar uniones de reparación.

4-1-4 Sustitución de colectores

Para la sustitución de un tramo de colector, se deberá descubrir totalmente el tramo. Una vez se tenga descubierta la tubería, se deberá toponear el pozo aguas arriba del tramo y con una bomba achicadora, bombear el agua hasta el pozo ubicado aguas abajo de la reparación. Una vez se haya eliminado el flujo de agua, se deberá proceder a retirar la tubería existente y colocar la nueva, realizando las conexiones domiciliarias correspondientes.

Si la vía en la cual se sustituirá el colector, cuenta con una pendiente favorable, se podrá eliminar el uso de la bomba achicadora



Tomando en consideración las desventajas que tiene el utilizar la tubería de cemento, se recomienda que los nuevos tramos a instalar sean de PVC, tuberías perfiladas de PVC o tuberías de polietileno de alta densidad. En el caso de las tuberías perfiladas, se deberá dar estricto cumplimiento al proceso de instalación dado por el fabricante.

4-1-5 Sustitución o reparación del tapón completo para pozos de visita

La sustitución o reparación de tapaderas de pozos de visita, se hace necesaria en los casos en los cuales el aro sobre el cual se soporta la tapadera se encuentra fracturado o el tapón se ha hundido debido a la carga del tráfico. Se dan casos en los cuales debido a trabajos de recarpeteo de las vías, se hace necesario el elevar el nivel de tapadera.

Para la sustitución del aro del tapón, se deberá retirar el concreto que lo envuelve y la base de mortero sobre el cual descansa. Una vez limpia la zona de trabajo, se deberá colocar una capa de mortero y asentar el nuevo aro, teniendo el cuidado de nivelarlo con respecto a la calle.

4-1-6 Programa de mantenimiento preventivo de la red de alcantarillado sanitario.

Con el objeto de evitar la incidencia de problemas en la red de alcantarillado, se deberá elaborar un plan de mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo consiste en la ejecución de actividades encaminadas a minimizar la posibilidad de falla o obstrucción en la red, como mantenimiento preventivo se recomienda:

- Anualmente revisar el estado de los colectores con edades mayores de 25 años
- Cada cinco años, revisar el estado de los pozos de visita, tapaderas, estribos, etc.
- Mensualmente, lavar los tramos de colectores en los cuales se tiene ingreso de grasas y aceites

- Cada operación de mantenimiento correctivo, se deberá realizar el retiro de los materiales retenidos en los pozos de visita que convergen en el punto de obstruido

4-2 Planta de Tratamiento para Aguas Residuales Ordinarias

Al igual que en la red de alcantarillado, el mantenimiento se divide en correctivo y preventivo, por lo que se presentan las guías de operación y mantenimiento y de corrección de problemas operacionales en la planta; previamente se listan las unidades que la constituyen y se presenta el esquema general de la misma.

Componentes:

- Rejilla
- Desarenador
- Medidor Parshall
- Reactor anaeróbico tipo UASB
- Fogata
- Estaciones de bombeo de líquido al filtro biológico (EB1)
- Filtro biológico
- Decantador secundario
- Caja de distribución
- Estación de bombeo de lodos (EB2- EB3)
- Patios de secado

Esquema:

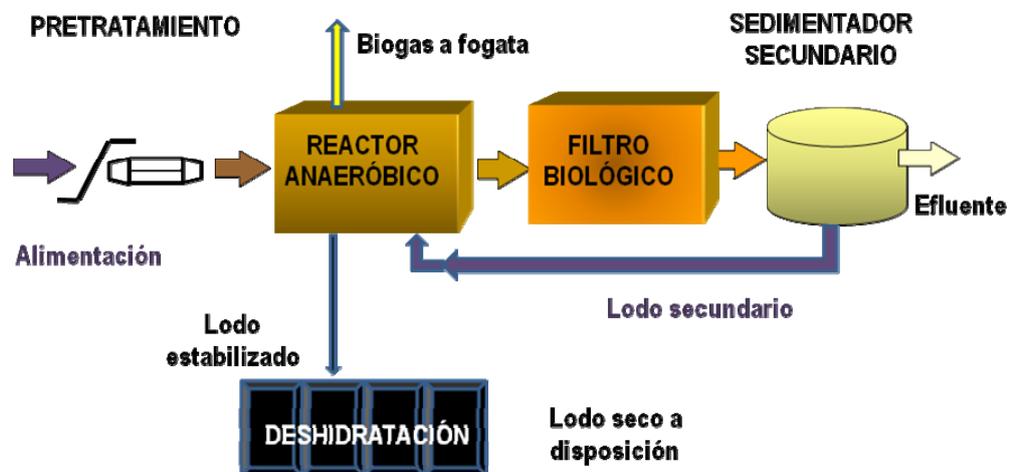


Fig. 4-2-1 Esquema de la planta de tratamiento para aguas residuales de San Juan Opico

TABLA 4-2-1 GUIA DE ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO REJILLAS

<p>DIARIAMENTE:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las rejillas tienen que ser limpiadas dos veces al día, por la mañana temprano y por la tarde al finalizar el turno de trabajo. - Asegurarse que la placa perforada para escurrimiento de residuos se mantenga limpia y libre de sólidos. - Limpiar el by-pass del canal para flujos extraordinarios o para lluvias - Colocar los sólidos que han escurrido en un contenedor y no almacenarlos por espacio mayor a dos días.
<p>SEMANALMENTE:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar las rejillas con agua a presión.
<p>UNA VEZ AL AÑO:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar las rejillas y si se encuentran puntos de corrosión lijar y pintar o bien llevar al taller para su reparación.

Capítulo 5 Cronograma de futuro desarrollo del Manual de Planificación de Alcantarillados

plan de desarrollo del manual de alcantarillado, capacitación y aprobación

	2009												2010				
	octubre			noviembre			diciembre			enero			febrero		marzo		abril
taller (6-10-09)	■																
consulta parte técnica (cap 1)	■	■	■	■													
incorporación de observaciones parte técnica				■	■												
consulta legal (cap 2)	■	■	■														
incorporación de observaciones parte legal				■	■												
trámite de aprobación (cap 1 y 2)						■	■										
ampliación conceptos de diseño (cap 3)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
ampliación conceptos de operación y mantenimiento (cap 4)				■	■	■	■										
capacitación de personal técnico RVI							■										
capacitación de personal técnico RC									■								
capacitación de personal técnico ROC										■							
capacitación de personal técnico ROR												■					
consulta técnica (capítulo 3)												■	■	■	■		
incorporación de observaciones (capítulo 3)															■		
aprobación de capítulos 3 y 4																■	■

Notas:

RVI Región Metropolitana

RC Región Central

ROC Región Occidental

ROR Región Oriental

Apéndice

A-1 Definiciones:

Agua residual: es el agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, domestico e industrial, sin que forme parte de productos finales.

Aguas residuales de tipo especial: agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario.

Aguas residuales de tipo ordinario: agua residual generada por las actividades domesticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.

Aceite y grasa: sustancia quimica no miscible en el agua pero soluble en solventes designados en los metodos de analisis recomendados en esta norma.

Compuestos fenolicos sinteticos: son compuestos organicos que se clasifican como: mono, di, o polihidricos dependiendo del numero de grupos hidroxilos unidos al anillo aromatico del benceno.

Contaminacion: es la alteracion de la calidad fisica, quimica, biologica y radiactiva en detrimento de la biodiversidad.

Cuerpo de agua superficial: masa de agua estatica o en movimiento permanente, tales como: rios, lagos, lagunas, fuentes, mares, embalses y humedales.

Cuerpo receptor: se refiere al cuerpo de agua superficial expuesto a recibir descargas. No aplican como cuerpo receptor el suelo y los mantos acuíferos.

Descarga: agua residual vertida a un cuerpo receptor.

Demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO5) a 20 °C: cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación biológica de sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua, a los 5 días a 20 °C.

Demanda química de oxígeno (DQO): cantidad de oxígeno necesaria para producir la oxidación química fuerte de sustancias susceptibles de origen inorgánico y orgánico presentes en el agua.

Dilución: es el efecto de disminuir la concentración de soluto presente en una solución, aumentando la cantidad de disolvente.

Grupo coliforme total: bacterias coliformes de bacilos cortos gram-negativos que fermentan lactosa y forman ácido y gas, son anaerobios facultativos y se multiplican con mayor rapidez a temperaturas de 30 a 37C

Grupo coliforme fecal: Son aquellos microorganismos que crecen y producen gas a partir de la lactosa en un medio que contiene sales biliares u otros agentes selectivos equivalentes, incubados a temperaturas de 44 a 45,5C.

Industria: se considera la instalación industrial y sus anexos y dependencias, ya sean cubiertas o descubiertas, que se dediquen a la manipulación, elaboración o transformación de productos naturales o artificiales mediante tratamiento físico, químico, biológico y otros, utilizando o no maquinaria.

Material flotante: sustancias que permanecen temporal o permanentemente en la superficie del cuerpo de agua limitando su uso.

Parámetro: aquella característica que puede ser sometida a medición.

Radiactividad: es la propiedad de determinados elementos químicos (elementos radiactivos) de descomponerse en forma espontánea, liberando energía en forma continua de radiación nuclear: alfa, beta, gamma.

Responsable de la descarga: titular de la actividad sea persona natural o jurídica que vierte las aguas residuales a un cuerpo receptor.

Reuso de aguas residuales: aprovechamiento de aguas residuales tratadas antes o en vez de su vertido.

Sólidos sedimentables: materia que se deposita por acción de la gravedad en el fondo de cualquier recipiente o cuerpo receptor que contenga agua.

Sólidos totales: cantidad de materia sólida que permanece como residuo, posterior a la evaporación total del agua.

Sólidos totales disueltos: cantidad de materia que permanece como residuo, posterior a la evaporación total de agua en una muestra a la cual se le ha realizado separación de sólidos.

Sólidos suspendidos totales o en suspensión: son los sólidos no solubles que representan la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos totales disueltos.

Tratamiento de aguas residuales: es la utilización de procesos físicos, químicos y/o biológicos, definidos para depurar las condiciones de las aguas residuales a través de operaciones y procesos unitarios: preliminares, primarios, secundarios o avanzados a fin de cumplir con las normas vigentes.

Turbiedad (Turbidez): es la medida de la transparencia de una muestra de agua debido a la presencia de partículas en suspensión, expresada en NTU.

Vertido: sinónimo de descarga.

Valores máximos permisibles: son los valores, rangos y concentraciones de los parámetros establecidos en esta norma, que debe cumplir el responsable de cada descarga.

De acuerdo a la Ley de Creación de ANDA, el alcantarillado sanitario está constituida por:

- 1- Acometida domiciliar
- 2- Colector terciario
- 3- Pozo de visita
- 4- Colector secundario
- 5- Colector primario
- 6- Colector interceptor
- 7- Colector emisario
- 8- Cajas de registro
- 9- Planta de tratamiento

A-2 Formato de informes de planificación de alcantarillados

Todo proyecto de Abastecimiento de agua potable y/o alcantarillado de aguas negras, deberá satisfacer las Normas Técnicas de ANDA. La presentación será integrada a través de una "Memoria Técnica del Proyecto" compuesta de:

1. Memoria Descriptiva
2. Memoria de cálculos Hidráulicos
3. Memoria de cálculos estructurales
4. Planos

(1) Memoria descriptiva:

Incluirá lo siguiente:

- a) Descripción y antecedentes del proyecto.
- b) Información básica del lugar
 - Ubicación geográfica y política, clima y condiciones geológicas.
 - Topografía con curvas de nivel.
 - Magnitud, estructura, distribución y dinámica poblacional, según levantamientos censales, muestreos.
 - Características de las viviendas; información catastral y socioeconómica planes de desarrollo
 - Estructura dinámica epidemiológica de enfermedades transmisibles relacionadas con el agua consumida, excretas y aguas residuales.
 - Infraestructura de servicios públicos: electricidad, vías de acceso, recolección y disposición final de basuras, salud, comunicaciones, disposición de excretas y aguas lluvias
- c) Abastecimiento de agua instalado.

Descripción pormenorizada de todos los elementos del sistema instalado y de su funcionamiento: fuentes, caudal disponible, caudal extraído, horas de bombeo, demanda de agua, población abastecida, cobertura de conexiones domiciliarias y cantareras, horas de servicio; calidad del agua y tratamiento horas de servicio, hidrometría, tarifa, deficiencias y problemas operacionales, volumen de almacenamiento, estado físico y vida útil de unidades, etc.

- d) Disposición de Excretas, Aguas Negras y Desechos Líquidos Industriales.
 - Descripción pormenorizada de todos los elementos del sistema de alcantarillado instalado (si existe).
 - Caudal y características del agua residual transportada por la red de alcantarillado.
 - Caudal, características y usos del receptor de aguas residuales, aguas arriba y abajo del punto de descarga del alcantarillado.
 - Ubicación de manantiales y pozos.
 - Ubicación de basureros terminales, letrinas, tanques sépticos y viviendas sin servicio de disposición de excretas; contaminación del suelo.
 - Disposición, caudal y características de los desechos líquidos industriales y/o agroindustriales.

- Presencia potencial de tóxicos químicos en los retornos agrícolas.
- Alternativas de evacuación y disposición de excretas.

e) Análisis de Alternativas.

Análisis comparativo de las alternativas posibles de solución del problema afrontado considerando simultáneamente los factores técnicos (científicos, tecnológicos), económicos, financieros, ecológicos y sociales; con el propósito de definir la solución apropiada y factible.

f) Descripción del proyecto a realizar.

Resumen de obras proyectadas, descripción de obras pormenorizadas, incluyendo especificaciones de materiales y equipo, de todos los elementos y unidades del sistema de abastecimiento de agua y/o alcantarillado propuesto, de acuerdo a las Normas Técnicas de ANDA.

En el caso de Urbanizaciones la Memoria Técnica incluirá lo siguiente:

- Memoria Descriptiva
- Memoria de Cálculos Hidráulicos
- Memoria de Cálculos Estructurales (En el caso de utilizar diseños tipo de ANDA no se requerirá la presentación de cálculos estructurales)

Memoria Descriptiva

- Información Básica del lugar
- Topografía con curvas de nivel
- Número de lotes y población
- Infraestructura de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario existentes en la zona y que se relacionen con el proyecto.
- Descripción del proyecto a realizar

(2) Memoria de cálculos hidráulicos

(3) Memoria de cálculos estructurales

(4) Planos

Los planos a presentar deberán consistir de un juego de hijuelos y dos juegos de copias de los mismos, y contener lo siguiente:

- a) Planimetría
- b) Perfiles
- c) Detalles

En los planos se deberá incorporar la siguiente información:

1. Norte magnético, curvas de nivel y elevación, referenciados a bancos de marca geodésicos.

2. Niveles de terrazas referenciados a bancos geodésicos
3. Ubicación, límites y colindantes del terreno
4. Ubicación de ríos, quebradas, etc. y obras de arte,
5. Ángulos de alineamiento de tuberías.
6. Niveles de intersección y elevaciones claves de puntos y obras.
7. Plano de distribución de lotes, que incluya cuadro general de áreas (total, útil y verde); ; cuadro detallado de áreas de lotes, nombres de calles, avenidas y pasajes.
8. Servidumbres de aguas negras.
9. Ubicación y número de pozos de visita.
10. Longitud, diámetro, pendiente y material de tuberías de cada tramo, así como la dirección de flujo.
11. Profundidad de pozos de visitas y niveles de: tapadera, fondo, llegada y salida.
12. Caudal y velocidad a sección plena.
13. Caudal y velocidad de diseño.
14. Detalles de entronques a la red; pozos, accesorios y/o piezas especiales.

Los anclajes enterrados se definirán durante la ejecución de las obras y deberán ser aprobados por ANDA.

Dimensiones de las hojas de plano

De acuerdo a las normas ISO, el tamaño el tamaño "A0" corresponde a una hoja de 1m^2 , en la cual se tiene una relación alto(M) a largo (N) de $1:\sqrt{2}$, de lo cual se obtiene un alto de 1189mm y un ancho de 841mm

	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Alto	1189	594	594	297	297	148	148	74	74
Ancho	841	841	420	420	210	210	105	105	52

