



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**ESQUEMA DE REHABILITACIÓN DE FRANJA MARGINAL
Y PROYECTO EJECUTIVO DE
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR).**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA CIVIL

PRESENTA:

MARCIA ALEJANDRÍA GARCÍA MARTÍNEZ

ASESOR DE TESIS:

MAESTRO EN INGENIERIA JULIO ALEJANDRO CHÁVEZ CÁRDENAS

MORELIA, MICHOACÁN MAYO 2014

**ESQUEMA DE REHABILITACIÓN DE FRANJA MARGINAL Y PROYECTO
EJECUTIVO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(PTAR).**

ÍNDICE

CONTENIDO

Pág.

ANTECEDENTES

INTRODUCCIÓN

1	RASGOS RELEVANTES Y CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO	5
1.1	ASPECTOS GENERALES	5
1.2	ESTADO DE LA FRANJA MARGINAL	7
1.3	ARREGLO GENERAL ESQUEMA DE PARQUE URBANO	8
1.4	TRABAJOS PRELIMINARES EN EL TERRENO	9
2	ESQUEMA DE SANEAMIENTO	10
3	AGUAS RESIDUALES, ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS	11
3.1	ASPECTO DE LAS AGUAS NEGRAS	11
3.2	ORIGEN DE LAS AGUAS NEGRAS	11
3.3	NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES	13
3.3.1	SÓLIDOS DE LAS AGUAS RESIDUALES	13
3.3.2	GASES DISUELTOS EN LAS AGUAS NEGRAS	14
3.3.3	COMPOSICIÓN BIOLÓGICA DE LAS AGUAS RESIDUALES	15
3.3.4	CAMBIOS QUÍMICOS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS NEGRAS	17
4	PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	21
4.1	TRATAMIENTOS PRELIMINARES	21
4.2	TRATAMIENTO PRIMARIO	21
4.3	TRATAMIENTO SECUNDARIO (TRATAMIENTO BIOLÓGICO)	23
4.4	DESINFECCIÓN	25
4.5	TRATAMIENTO DE LODOS	26
5	DATOS DE PROYECTO	28
5.1	GASTO DE DISEÑO	28
5.2	CALIDAD DEL AGUA CRUDA, CAMPAÑA DE AFOROS	28
5.3	CALIDAD DEL AGUA TRATADA	29
6	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PLANTA DE TRATAMIENTO	29
7	SELECCIÓN DEL SITIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	30

8	TOPOGRAFÍA DEL SITIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	30
9	MECÁNICA DE SUELOS	30
10	PROYECTO EJECUTIVO, UNIDADES DE PROCESO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	31
10.1	PROYECTO FUNCIONAL E HIDRÁULICO	31
10.1.1	CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LAS UNIDADES	33
10.1.2	FLUJO DE AGUA	37
10.1.3	FLUJO DE LODOS	39
10.2	PROYECTOS COMPLEMENTARIOS	39
	CONCLUSIÓN	59
	BIBLIOGRAFÍA	61

RESUMEN

Se planteó implementar un parque urbano en las márgenes del Río Chiquito de Morelia, utilizando agua residual tratada en una planta de tratamiento situada en el mismo parque.

Se presentó un esquema del proyecto integral y el arreglo general del parque urbano, así como el esquema de saneamiento de las aguas residuales.

Por último se desarrollo el proyecto ejecutivo de la planta de tratamiento de aguas residuales, que incluye los diseños cinético, funcional e hidráulico de los flujos de agua y lodos, también se señalaron las características de las unidades que integran la planta de tratamiento, incluyendo el arreglo arquitectónico del conjunto.

Palabras clave: Parque Urbano, Planta de Tratamiento de Agua Residuales, Lodos Activados.

ABSTRACT

It was proposed to implement an urban park on the river banks of the Rio Chiquito de Morelia, using wastewater treated on a wastewater treatment plant, located in the urban park itself.

An outline of the overall project and the overall arrangement of urban park and sanitation scheme wastewater was presented.

Finally, was developed the final design of the wastewater treatment plant, which includes kinetic, functional and hydraulic design of the water and sludge flows, also were noted the characteristics of the units of the wastewater treatment plant, including architectural arrangement.

Keywords: Urban Park , Waste Water Treatment Plant , activated sludge .

ANTECEDENTES

En los grandes centros urbanos la disposición de áreas para la implementación de parques urbanos, para el esparcimiento y recreación de la población, es cada vez más escasa, por ello resulta imprescindible la rehabilitación de las zonas que, aún teniendo cierto potencial recreativo, no se han aprovechado cabalmente, porque entre otras condiciones adversas, además de las propias del terreno, no se dispone de agua para el riego y conservación de las áreas verdes, que es uno de los principales atractivos en las instalaciones de este tipo.

En ciudades en donde la planeación ha sido precaria y las áreas verdes fueron relegadas en los pasados procesos de urbanización, los terrenos disponibles, dentro de la mancha urbana, para el desarrollo de zonas de esparcimiento y convivencia son escasos y no presentan condiciones topográficas favorables. En este contexto las franjas marginales del Río Chiquito pueden considerarse aptas para la implementación de un parque urbano, que incluiría diversos aspectos de esparcimiento y recreación familiar y constituiría un sitio de convivencia comunal.

El hecho de que las franjas marginales sean reducidas, y se encuentren entre el cauce del río y vialidades primarias de tráfico intenso, constituyen retos importantes que tendrán que superarse en el proyecto arquitectónico que contempla aspectos de seguridad, y de optimización y armonía del área disponible.

Anteriormente se han planteado otras propuestas de rehabilitación y recuperación de los márgenes del Río Chiquito, y no han sido viables debido a los altos montos de la inversión requerida, ya que se incluyen obras de habilitación del terreno complejas que contemplan la conexión de diversos tramos de la franja marginal, la rectificación del cauce, situando tuberías pluviales en las calles marginales, o embovedando el cauce para construir sobre éstas áreas deportivas. Además los requerimientos de agua para riego impactarían negativamente en el suministro de las colonias de la zona.

El parque urbano que se proyecta en este trabajo tiene como principio fundamental conservar los márgenes del río y el cauce tal y como se encuentran y aprovechar de manera racional las áreas marginales, que son estrechas. El elemento central del parque lineal es una trotapista que servirá tanto para el acondicionamiento físico, como para realizar paseos recreativos, puesto que su trayecto recorrerá una serie de áreas y obras escénicas que estéticamente serán agradables y, que podrán utilizarse durante los recorridos.

Por otra parte la posibilidad de utilizar agua residual tratada, en una planta situada en el propio parque, vuelve atractivo el proyecto porque además de servir a las instalaciones de éste, el caudal tratado se enviará a otro sitio distante en donde se usará para regar áreas verdes y camellones.

Conforme a lo antes señalado el objetivo primario de este trabajo de tesis consiste en el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para obtener agua tratada, de características adecuadas, conforme a la normatividad vigente, para darle usos recreativos y para regar las áreas verdes del parque, y así contribuir dar viabilidad al proyecto de rehabilitación y desarrollo de la franja marginal del río.

INTRODUCCIÓN

El parque urbano será un lugar que las personas utilizarán de forma intensiva e integral, no se trata de un sitio para contemplar, ni de un jardín botánico, consiste en un conjunto de instalaciones diversas, para la práctica de actividades recreativas, físicas y de convivencia, entre otras. Si bien, se tendrán áreas de descanso y espejos de agua que serán rincones para realizar actividades más relajadas.

Entre las instalaciones que se alojarán en el parque se tienen una trotapista, franjas con grama, gimnasio al aire libre, áreas con mesas y bancas, pérgolas y una explanada para practicar danza y actividades similares. Las zonas con cubierta de pasto serán muy importantes ya que sobre ellas se desarrollarán las prácticas físicas, deportivas, de relajamiento, convivencia, diversión y juego.

Las unidades que integran la PTAR estarán parcialmente enterradas y, sobre la losa de ésta se implementará una semi cubierta con bancas, jardineras y espejos de agua, para el descanso y esparcimiento o para la realización de las actividades relacionadas o afines a la danza.

El agua que se obtendrá de la planta de tratamiento tendrá las características señaladas en la NOM-003-SEMARNAT y se utilizará para el riego de las áreas verdes y en los espejos de agua, además el caudal excedente se verterá al río, lo que contribuirá, aunque de manera limitada, en el mejoramiento de la calidad del agua y el aspecto estético del cauce.

El Río Chiquito es un cauce natural, rectificado en diversos tramos, que forma parte la red de drenaje de la cuenca del Río Grande de Morelia y se localiza en la zona centro-sur de la Ciudad. Se origina en los lomeríos y cerros de la parte sur y es alimentado por diversos afloramientos que se derivan, para potabilizarse (y abastecerse a la población) antes de que el cauce entre a la zona urbana. Por ello prácticamente se trata de un cauce intermitente por el que escurren aguas residuales mezcladas con los remanentes de los afloramientos que lo forman. Si bien se han eliminado y encausado la mayoría de las descargas de aguas residuales aún persisten algunas aportaciones de menor relevancia que se encausarán de la manera más conveniente, construyendo colectores y las obras que sean necesarias.

La realización del proyecto del parque urbano, es una tarea ardua, que involucra la participación de especialistas de disciplinas muy diversas, puesto que se incluyen temas: legales, arquitectónicos, caracterización de aguas residuales, hidráulica, impacto ambiental, urbanismo, mecánica de suelos, ingeniería ambiental, paisajismo, electromecánica, estructuras, administración, difusión, enlace ciudadano y gestoría, por ello la dirección, coordinación y ensamble de los diversos trabajos que se ejecuten es primordial para la adecuada integración y entendimiento del proyecto.

La motivación básica para la ejecución de este proyecto, que sin duda es complejo, es el proporcionar un área, razonablemente equipada, para el esparcimiento de los habitantes de la Ciudad, en la que progresivamente se agudiza la estresante problemática característica de las grandes urbes.

Aunque el proyecto traerá diversos beneficios, difíciles de medir, tales como conservación de la salud, mejoras del estado de ánimo, convivencia familiar y comunal, eliminación de

estrés, elevación de autoestima, mejoría de la condición física, entre otros, el proyecto seguramente enfrentará detractores, cuyas propuestas tendrán que analizarse y de ser posible integrarse al proyecto, evaluando de forma rápida si es que se trata de propuestas viables y hechas de buena voluntad y, no sean únicamente tácticas dilatorias o trabas.

Por otra parte instalaciones de este tipo incrementan la actividad económica de la zona en que se sitúan, con lo que directamente se ven beneficiados pequeños comercios y tiendas de conveniencia e incluso abren nuevos locales, la mayoría del ramo alimentario.

PARQUE URBANO, CONCEPTOS BÁSICOS

1 RASGOS RELEVANTES Y CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO

En los siguientes apartados se señalan aspectos sobresalientes (marco físico) que caracterizan la zona en que se localizará la PTAR, y la conceptualización de proyecto del parque urbano, así como sus características más sobresalientes. No se abordan a detalle los estudios preliminares, ni los diseños arquitectónicos de las obras que integran el parque.

1.1 ASPECTOS GENERALES

Aunque el área en estudio es muy reducida, del orden de 9,157m², es conveniente referir el marco físico del que forma parte.

Hidrología

El área se sitúa en la Región Hidrológica RH12, Lerma Chapala Santiago específicamente en el distrito de riego Morelia Queréndaro, en la cuenca G (Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo-Lago de Yuriria), en la subcuenca A (Lago de Pátzcuaro). A nivel local las corrientes más importantes son el Río Grande y su afluente el Río Chiquito, en cuyas márgenes se situará el parque, en determinados tramos, dentro de la zona urbana.

Aspecto, Materiales de Construcción y Servicios Públicos

La franja marginal se sitúa en las inmediaciones de la ciudad y de cierta forma divide los barrios y colonias tradicionales de los primeros desarrollos residenciales de clase media-alta. Las calles de la zona están pavimentadas, y las viviendas son de muros de tabique y losas de concreto, con acabados diversos y aspecto contrastante; como en las grandes ciudades se dispone de múltiples servicios institucionales y privados.

Aunque el uso del suelo es básicamente habitacional en las colonias aledañas se desarrollan actividades comerciales, de servicio y abasto locales, entre otros se tienen tiendas de abarrotes, tortillerías, panaderías, carnicerías, cocinas económicas carpinterías, herrerías, talleres mecánicos, bares, peluquerías, estéticas, florerías y otros semejantes.

Es conveniente conocer las actividades que se realizan en la zona y visualizar los diferentes usos que se le dan al agua suministrada, y en función de ello evaluar los resultados de la caracterización de las aguas residuales que se realizará.

Características Topográficas

En la zona urbana, en que se sitúa la franja marginal, las pendientes predominantes son bajas y se encaminan al cauce del río. En la zona marginal el terreno es sensiblemente plano, con pendientes del orden de 0.007 %, no está pavimentado, y aunque no hay obstáculos topográficos, los árboles existentes, de cierta forma condicionan el trazo y arreglo de las obras que integran el parque.

Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

El sistema de abastecimiento de agua potable de la Ciudad se forma con diversas redes separadas; la más extensa cubre la zona centro y las colonias y fraccionamientos aledaños a ésta, y se extiende hasta el pie de las lomas de la zona sur.

Las fuentes de abastecimiento son una planta potabilizadora, un manantial localizado en la parte suroeste y 103 pozos profundos. Además se tienen subsistemas locales que no son parte del organismo operador.

El suministro de agua potable en la zona en que situará el parque es constante, ya que esta parte de la ciudad se abastece de las fuentes más confiables, la potabilizadora y una serie de pozos profundos. En la parte situada al norte del cauce el servicio se presta diariamente, aunque solamente por algunas horas, y en la parte ubicada al sur es constante durante todo el día. Por ello, en el parque podría disponerse del suministro de agua potable.

Como en otras grandes urbes el sistema de abastecimiento de agua potable enfrenta problemáticas y presiones diversas; entre las principales, referidas a la infraestructura y su operación, se tienen la incidencia de fugas, que en las redes de mayor antigüedad llegan a ser del orden del 40%, por otra parte no se tiene una red troncal integral y el servicio solamente se presta por algunas horas, diariamente o cada tercer día, en un gran número de colonias y fraccionamientos.

Si bien en los últimos años se han implementado una serie de acciones encaminadas a mejorar el funcionamiento de la red, tales como la integración de distritos hidrométricos, la sustitución de tuberías de red primaria y la instalación de sistemas de telemetría.

Sistema de Alcantarillado Sanitario

La mancha urbana se asienta principalmente en la cuenca del Río Grande y se extiende hacia 2 subcuencas vecinas localizadas hacia el oriente y poniente. En función de tal condición, el sistema de alcantarillado sanitario se integra con una red principal que cubre la mancha urbana de la cuenca principal y 2 subsistemas que sirven las zonas urbanizadas de las cuencas colindantes.

En el sistema principal la infraestructura troncal son los colectores marginales del Río Grande que llegan hasta la planta de tratamiento de aguas residuales, que se localiza en la parte noreste, en la localidad de Atapaneo. Los colectores troncales reciben las aportaciones de diversas tuberías primarias, entre éstas las marginales del Río Chiquito, que cubren grandes zonas urbanas.

Los subsistemas se forman de manera similar, se tienen colectores troncales que descargarán en plantas de tratamiento cuya construcción es inminente.

La red principal experimenta cierta problemática, común en los grandes sistemas, que incluye descarga y transporte de aguas residuales en cauces naturales, márgenes invadidas, entrada tolerada de aguas pluviales, tramos colapsados y con fugas, entre otros; por otra parte, algunos desarrollos construidos en las últimas décadas cuentan con redes locales que incluyen PTAR.

En las 2 calles marginales (norte y sur) de la franja que ocupará el parque urbano, se tienen colectores, que prácticamente son el inicio de las líneas primarias del Río Chiquito, que se incorporan a las tuberías troncales que llegan hasta la PTAR de Atapaneo.

A la altura de la franja, el colector marginal norte se forma con tuberías de concreto, de 45 y 61 cm de diámetro. Esta línea es relevante en el proyecto porque de aquí se derivará el caudal de aguas residuales, que se tratará y reutilizará para riego y en los estanques del parque.

El colector de la calle sur, a la misma altura, se integra con tuberías de concreto de 30 y 38 cm de diámetro.

Ambos colectores (calles norte y sur) reciben las descargas de los subcolectores y atarjeas que sirven a las calles aledañas.

1.2 ESTADO DE LA FRANJA MARGINAL

La franja marginal es hasta cierto punto estrecha, en promedio tiene un ancho de 10 m y en ella se tienen diversos árboles y arbustos, incluso algunos se encuentran en los taludes del cauce, lo que reduce la sección hidráulica y genera cierta problemática durante la temporada de lluvias porque troncos, ramas y otros objetos que arrastra la corriente se atorán y estrechan aún más la sección.

Legalmente la franja marginal es el derecho federal del Río Chiquito y sería cedida en comodato, por la CONAGUA, al H. Ayuntamiento para su resguardo y conservación. Generalmente se prevé utilizar las franjas del derecho federal de los cauces para localizar vialidades primarias o la infraestructura de servicios como agua potable, alcantarillado sanitario y electricidad, entre otros. Aunque en el Río Chiquito la franja del derecho federal se encuentra libre, en otros cauces el derecho federal no se respeta y es invadido por predios de los vecinos que ubican muros al inicio de los taludes o dentro de los cauces, incluso se llega a alterar la sección de éstos, entubándolos o tapándolos sin ningún respaldo o estudio técnico.

El hecho de que junto a la franja marginal se sitúen vialidades primarias vuelve factible su recuperación, puesto que la infraestructura de los servicios se localiza en tales vialidades, consecuentemente la única problemática estriba en las características propias de la franja, que se superaran con los diferentes estudios y proyectos que se ejecutarán, entre otros levantamientos topográficos, estudios de geotecnia, impacto ambiental y proyectos funcional, arquitectónico, estructural y de tratamiento de las aguas residuales.

La franja marginal se encuentra ocupada principalmente por árboles y suelo expuesto, si bien se encuentran matorrales, arbustos, y pasto y flores en áreas reducidas; el aspecto general del conjunto es poco atractivo y refleja cierto abandono y escasa planeación para el aprovechamiento del terreno con propósitos de esparcimiento. Aunque se nota que la mayoría de los árboles son resultado de una reforestación, otros crecieron sin ningún control lo que acentúa el escaso orden de la vegetación existente.

En ciertos tramos del río, la zona de terreno marginal libre no existe, ya que el cauce limita directamente con la calle. En otras partes de la franja se tienen registros de teléfono, paneles para anuncios e incluso altares religiosos.

El hecho de que gran parte del suelo se encuentre expuesto evidencia la falta de agua, para mantener permanentemente una cubierta vegetal, particularmente de pasto, que pueda soportar un uso intensivo, característico de los parques urbanos.

La franja marginal es discontinua puesto que la cruzan ciertas vialidades primarias, que son muy importantes porque unen las partes centro y centro-sur de la ciudad, que de manera natural están separadas por el cauce del río, si bien los tramos de la franja marginal son largos, de entre 250 y 500 m, ya que la mayoría de las calles no cruzan el cauce.

El parque inicialmente ocupará 2 tramos de la franja marginal, uno será un prototipo que incluye todas las obras que se tendrían en el resto de los tramos, y el otro solamente contempla áreas con pasto y espejos de agua. Este trabajo se refiere al tramo que aloja todas las obras que se tendrían en el parque y que podrían incluirse parcial o totalmente en otros tramos.

1.3 ARREGLO GENERAL ESQUEMA DE PARQUE URBANO

El parque urbano se considera lineal puesto que se formará con 2 franjas largas, que de manera natural están separadas por el cauce del río, si bien, tendrán continuidad ya que se interconectarán a través de puentes peatonales, por los que además, cruzarán adosadas las tuberías del sistema de riego.

La trotapista es la obra central del parque y define en gran parte el arreglo funcional y arquitectónico de éste, en función de su trazo surgen las áreas disponibles y se les asigna el uso para el que son aptas, o bien, en ellas se ubican las estructuras y obras que en conjunto integran el parque, entre las que se tienen, explanadas verdes, gimnasio al aire libre, áreas de reunión, áreas deportivas multiusos, plaza de ajedrez, plaza cívica, zona peatonal recreativa, pérgolas, juegos infantiles, montículos para escalar y, pista para danza y para otras expresiones artísticas.

En el plano **ARREGLO GENERAL DEL PARQUE** se presenta la localización de las áreas y obras antes señaladas.

La trotapista presenta un trazo con algunos cambios de dirección, forma un circuito que corre por ambas márgenes y se une a través de los puentes que cruzan el cauce; la mayor parte del trazo se apega a la calle y el resto va junto al cauce. El trayecto pasa por las diferentes zonas ya mencionadas cuya estética resulta muy agradable a la vista, durante el recorrido de los usuarios.

El trazo de la trotapista contempla aspectos funcionales, estéticos y de armonía entre el área disponible, la vegetación existente (que se conserve) y los elementos introducidos. El gimnasio al aire libre que incluye áreas de preparación, acondicionamiento y distensión física son elementos complementarios de las actividades practicadas en la trotapista.

Las explanadas verdes (cubiertas de pasto) son áreas importantes porque en ellas se realizarán diversas actividades, tales como ejercicios, reuniones y festejos grupales, convivencias familiares o simplemente se usaran para recostarse y descansar. Junto a estas áreas se tienen pérgolas en donde la convivencia se realizará bajo techo y en un ambiente más próximo.

Las áreas deportivas múltiples permitirán practicar de forma recreativa ciertos deportes, por otra parte los montículos para escalar son elementos atractivos para desarrollar prácticas físicas en modalidades menos tradicionales.

Los espejos de agua, las áreas de descanso, la plaza de ajedrez y los cubículos son elementos en los que se podrán realizar actividades más relajadas.

En particular en la losa de cubierta de la PTAR se tendrá una explanada en la que podrán desarrollarse actividades artísticas tales como danza, teatro o expresión corporal.

Puesto que las franjas en que se situará el parque son estrechas, con un ancho promedio de 10 m, el arreglo y disposición de las obras se basa en trazos simples que propician la funcionalidad y armonía del conjunto, lo que hasta cierto punto facilitará la introducción de la red de riego.

De acuerdo a la configuración y características de las áreas y elementos señalados, los usos del agua se harán básicamente en las áreas cubiertas con pasto y ocasionalmente en los estanques y fuentes, en las que se filtrará y recirculará. Los excedentes y eventualmente todo el caudal tratado se descargará al cauce.

Los requerimientos de agua tratada dentro del parque serán mínimos, puesto que el área por regar no es extensa, si bien, en la mayoría de las áreas que integran el parque se tiene cubierta de pasto. Por ello, la mayor parte del caudal se enviará a otra zona, localizada aproximadamente a 1.5 Km de la PTAR, en donde se utilizará para cargar pipas y regar camellones. El caudal que se tratará será de 3.50 l/s y el que se utilizaría en las instalaciones del parque sería del orden de 0.50 l/s.

En una segunda etapa, en el cauce se generará un tirante de agua del orden de 1 m, que resaltará los rasgos estéticos de las márgenes del cauce y consecuentemente del entorno del parque. El tirante se generaría artificialmente mediante la manipulación de compuertas que se cerrarían para formar el tirante y se abrirán para permitir el tránsito de las tormentas en la temporada de lluvias.

1.4 TRABAJOS PRELIMINARES EN EL TERRENO

Los trabajos preliminares, relacionados con el arreglo general del parque, consisten en la habilitación del terreno, en la preparación de las áreas en que se sembrará pasto, en la definición de la sección constructiva de la trotapista y en determinar las características de la cimentación de las estructuras consideradas.

La habilitación del terreno incluye el despalme, el retiro de los árboles que interfieren con las obras propuestas y la sustitución del suelo en las áreas en que se tendrá pasto. El estudio de mecánica de suelos en que se determinarán las características para el desplante de la trotapista, los puentes y las demás estructuras, es independiente del estudio que se realizará para el diseño estructural de la PTAR.

2 ESQUEMA DE SANEAMIENTO

Considerando que la franja marginal que se rehabilitará es aledaña a una vialidad en donde se tienen colectores sanitarios, el caudal de aguas residuales que se tratará, se tomará de alguno de éstos y se encausará a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), que se alojará en los terrenos que se recuperarán.

El caudal de aguas residuales, de 3.5 l/s, se derivará del colector existente de la calle marginal norte y la planta de tratamiento se localizará en el extremo noreste del predio que ocupará el parque. En el plano **ALCANTARILLADO EXISTENTE Y DERIVACIÓN** se presentan las características de los colectores existentes en la zona y la localización de la PTAR.

La planta de tratamiento será un proceso a base de aireación extendida (que es una variante de lodos activados) con desinfección final, y no tendrá tratamiento de lodos, si bien, el lodo en exceso se descargará al mismo colector, del que se toma el agua residual cruda, aunque aguas abajo.

La derivación del caudal se hace de una tubería de concreto, de 45 cm de diámetro, en un tramo cuya pendiente es de 7.45 milésimas, que resulta favorable tanto para ubicar la toma como para descargar el lodo en exceso. Más adelante las pendientes son menos favorables ya que fluctúan entre 3 y 0.52 milésimas.

El caudal se tomará por arriba del fondo del colector existente y mediante una tubería se llevará al cárcamo de bombeo de la PTAR, de aquí se enviará al pretratamiento, enseguida pasará al reactor biológico, continuará hacia el clarificador y de éste pasará al tanque de contacto de cloro, en el que concluye la fase de tratamiento del agua. Finalmente el caudal tratado pasará al cárcamo de bombeo de los sistema de riego y conducción, y eventualmente se descargará al río.

A partir del clarificador los lodos activados serán recirculados al tanque de aireación y el exceso se descargará al colector del que se toma el caudal crudo.

El prolongado tiempo de oxigenación genera lodos muy estables y prácticamente inocuos que pueden ser regresados a la red de alcantarillado sin deteriorar la calidad del agua residual, el hecho de que es posible eliminar las unidades de tratamiento de lodo, es una de las principales ventajas del proceso propuesto.

Los lodos descargados tanto por su volumen, como por sus contenidos no impactan en el colector, ya que se trata de una cantidad muy inferior al gasto promedio que lleva la línea sanitaria. Por otra parte, los lodos crudos podrían ser utilizados como mejoradores del suelo o abono orgánico o bien para formar composta.

AGUAS RESIDUALES Y SU TRATAMIENTO, GENERALIDADES

3 AGUAS RESIDUALES, ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS

Las aguas residuales indistintamente se nombran aguas negras, aguas residuales municipales o simplemente aguas municipales.

Las aguas residuales son el agua que después de abastecer a una población, retorna contaminadas con distintos tipos de desechos, una vez que fueron utilizadas en diferentes actividades. Es importante recordar que, por su origen, las aguas residuales tienen las mismas características del agua y por ello los diseños hidráulicos para su conducción y manejo en las plantas de tratamiento se hacen bajo esta consideración.

3.1 ASPECTO DE LAS AGUAS NEGRAS

Las aguas negras son líquidos turbios que contienen material sólido en suspensión, cuando son frescas su color es gris y tienen un olor a moho no desagradable, flotan en ellas cantidades variables de diversos materiales como desechos fecales, trozos de alimentos, pelo, vidrio, papel, envases, bolsas, higiénicos, astillas y otros residuos. Con el transcurso del tiempo el color cambia gradualmente del gris al negro, se desarrolla un olor ofensivo y desagradable, y sólidos negros aparecen flotando en la superficie o en todo el líquido, en este estado se denominan aguas negras sépticas.

3.2 ORIGEN DE LAS AGUAS NEGRAS

Si bien la disponibilidad del agua y los usos que se hacen de ella pueden variar de una localidad a otra, en general las aguas residuales se originan con:

- **Desechos Humanos y Animales**
- **Desperdicios Caseros**
- **Desechos Industriales**
- **Escurrimientos Pluviales, Aguas de Lavado de Calles e Infiltraciones de Aguas Subterráneas**

Desechos Humanos y Animales

Son las exoneraciones corporales humanas que llegan a las alcantarillas desde los retretes, en cierto grado también hay un aporte de los animales que llegan cuando se lava el piso de las viviendas y de las calles. Estos desechos son los más importantes desde el punto de vista de salud pública ya que pueden contener organismos perjudiciales al hombre, por lo que su tratamiento seguro y eficaz constituye el principal problema de acondicionamiento de las aguas negras para su disposición.

Desperdicios Caseros

Se originan en las actividades domésticas entre otras, lavado de ropa, baño, desperdicios de cocina, limpieza y preparación de alimentos y lavado de loza, la mayoría de estos desechos contienen Jabones y detergentes sintéticos que usualmente incluyen agentes

espumantes. Los desechos de cocina contienen residuos de alimentos y grasas que también constituyen un aporte relevante.

Desechos Industriales

Los productos de desecho de la industria son parte importante de las aguas negras de una población por lo que deben tomarse las precauciones necesarias para su eliminación. En muchas localidades se colectan los desechos industriales junto con las aguas negras de la población para su tratamiento y eliminación final.

En algunos casos dados el volumen y las características de los desechos industriales es necesario disponer de sistemas separados para su recolección, disposición y tratamiento. Muchos desperdicios industriales contienen agentes espumosos o espumantes, detergentes y otras sustancias químicas que interfieren con la disposición final de las aguas residuales y que dañan las alcantarillas y otras estructuras. Por esa razón no pueden mezclarse con las aguas negras municipales sino que deben recibir un tratamiento preliminar o eliminarse a través de medios especiales y por separado. Sin embargo casi siempre se tiene un aporte industrial (aunque sea mínimo) en las aguas residuales de los sistemas de alcantarillado sanitario.

Escurrimientos Pluviales, Aguas de Lavado de Calles e Infiltraciones de Aguas Subterráneas

Las lluvias descargan cantidades variables de agua a la superficie que al escurrir arrastran polvo, arena, hojas y otros desechos. En la mayoría de los sistemas, aunque no se permita, los escurrimientos pluviales van al alcantarillado sanitario y por lo tanto constituyen una parte importante del caudal que se conduce por éste.

En algunas localidades se tienen sistemas de drenaje pluvial por lo que estos escurrimientos se colectan y disponen de forma separada y no se mezclan con las aguas negras. Debido al volumen que aportan los escurrimientos pluviales generan problemas en las tuberías del alcantarillado sanitario y en las plantas de tratamiento, en las que se deben tener estructuras para derivar los excesos pluviales y evitar interferencias en el proceso.

El lavado de pisos de cocheras, patios y talleres caseros puede aportar residuos de diversos materiales como rebabas metálicas, arenas, vidrio, plástico, etc.

La red de alcantarillado sanitario generalmente va enterrada y en algunos tramos puede quedar por abajo del nivel freático, por ello existe la posibilidad de que se infiltre el agua subterránea, por las juntas de la tubería ya que no siempre quedan bien ajustadas. Puesto que en las alcantarillas el flujo no es a presión sino por gravedad las infiltraciones no solamente son posibles, sino que siempre son considerables. Para minimizar este problema actualmente los sistemas de alcantarillado deben construirse con tuberías de junta hermética o con materiales impermeables como PVC, PEAD y otros. El caudal que se fuga de las tuberías de agua potable eventualmente también puede drenar por el alcantarillado sanitario.

3.3 NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas negras se componen de agua y de los sólidos disueltos y suspendidos contenidos en ella. La cantidad de sólidos es generalmente muy pequeña, casi siempre menos de 0.1 % en peso, pero es la fracción que presenta el mayor problema para su tratamiento y disposición. El agua provee solamente el volumen y es el vehículo para el transporte de los sólidos.

3.3.1 SÓLIDOS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los sólidos de las aguas negras pueden clasificarse en dos grupos generales según su composición o su condición física. Teniéndose así sólidos orgánicos e inorgánicos, que a su vez pueden estar suspendidos o disueltos.

Sólidos Orgánicos.- En general son de origen animal o vegetal, incluyen los desechos de la vida vegetal y animal, la materia animal muerta, organismos o tejidos vegetales, aunque también pueden incluirse compuestos orgánicos sintéticos. Son elementos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, si bien algunos pueden estar combinados con nitrógeno, azufre y fósforo.

Los grupos principales son las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas, juntos con sus productos de descomposición, están sujetos a la descomposición y degradación por la actividad de las bacterias y de otros organismos vivos, además son combustibles.

Sólidos Inorgánicos.- Son sustancias inertes que no están sujetas a degradación. Ciertos compuestos minerales hacen excepción y bajo ciertas condiciones pueden descomponerse en sustancias más simples como sucede con los sulfatos que se reducen a sulfuros. A estos sólidos también se les conoce como sustancias minerales y entre ellos se encuentran: arena, grava, cieno y sales minerales del agua de abastecimiento que producen su dureza y contenido mineral. Generalmente estos sólidos no son combustibles.

De acuerdo a su condición física los sólidos pueden clasificarse como sólidos suspendidos, sólidos coloidales y sólidos disueltos, cada uno de estos grupos se tendría para los sólidos orgánicos e inorgánicos.

Sólidos Suspendidos.- Son aquellos que están en suspensión y que a simple vista son perceptibles en el agua; se pueden separar de las aguas residuales por medios físicos o mecánicos como sedimentación o filtración. Se definen como los sólidos que quedan retenidos por la capa filtrante, de asbesto, en un crisol Gooch. Incluye las partículas flotantes mayores que consisten en arena, polvo, arcilla, sólidos fecales, papel, astillas, partículas de alimento y de basura y otros materiales similares. Están constituidos aproximadamente por un 70 % de sólidos orgánicos y un 30 % de sólidos inorgánicos, siendo la mayor parte de estos últimos arena y polvo.

Los sólidos suspendidos, a su vez, se dividen en dos partes: sólidos sedimentables y sólidos coloidales.

Sólidos Sedimentables.- Son la porción de los sólidos suspendidos cuyo tamaño y peso es suficiente para que sedimenten en un periodo de tiempo determinado, que generalmente es de una hora (en un cono de Imhoff). Están constituidos

aproximadamente en un 75 % de sólidos orgánicos y en un 25 % de sólidos inorgánicos. Generalmente su resultado se expresa en mililitros de sólidos por litro de aguas residuales, aunque también se da en partes por millón en peso.

Sólidos Coloidales Suspendidos.- Se definen de manera indirecta como la diferencia entre los sólidos suspendidos totales y los sólidos suspendidos sedimentables.

Una parte de éstos sedimentaría si el periodo de reposo de la prueba del cono de Imhoff fuera mayor de una hora pero la mayor parte permanecería en suspensión durante periodos mayores de varios días o aún más. Constituyen la fracción de los sólidos suspendidos totales (cerca del 40 %) que no pueden eliminarse fácilmente recurriendo a tratamientos físicos o mecánicos pero que no pasan por la capa filtrante de asbesto del crisol de Gooch. Son de composición orgánica en unas dos terceras partes y de inorgánica en el resto, están sujetos a una rápida degradación y son un factor importante en el tratamiento y disposición de las aguas residuales.

Sólidos Disueltos.- El termino de sólidos disueltos usado comúnmente, estrictamente no es correcto, ya que no todos los sólidos están realmente disueltos puesto que se incluyen algunos en estado coloidal. De acuerdo con la costumbre se incluyen los sólidos que pasan por la capa filtrante de asbesto de un crisol Gooch. De los sólidos disueltos totales aproximadamente el 90 % realmente están disueltos y un 10 % se encuentran en estado coloidal. Los sólidos disueltos están compuestos por un 40% de sólidos orgánicos y un 60 % de inorgánicos. La parte coloidal contiene un mayor porcentaje de materia orgánica que la verdaderamente disuelta debido a que ésta incluye todas las sales minerales del agua de abastecimiento.

Sólidos Totales.- Incluye todos los constituyentes sólidos de las aguas residuales, consecuentemente son la totalidad de los sólidos orgánicos e inorgánicos o el total de los sólidos suspendidos y disueltos.

En las aguas residuales domésticas, de composición media, cerca de la mitad son orgánicos y la otra mitad inorgánicos, y aproximadamente unas dos terceras partes están en solución y una tercera parte en suspensión. La mitad orgánica de los sólidos sujeta a degradación es la que constituye el problema principal en el tratamiento de las aguas negras.

Las cantidades de sólidos antes señalados se basan en aguas residuales de tipo doméstico de composición media, si bien se debe considerar que las aportaciones de aguas residuales varían de un sitio a otro, de acuerdo a la hora y al día de la semana y en función de las diferentes aportaciones industriales, infiltraciones y demás variables en los usos que le pueden dar al agua suministrada.

3.3.2 GASES DISUELTOS EN LAS AGUAS NEGRAS

Las aguas negras contienen en pequeñas y variables concentraciones algunos gases disueltos, entre los más importantes se encuentra el oxígeno que está presente en el agua de abastecimiento y disuelto también cuando se ponen en contacto el aire y las aguas negras que fluyen. Este último se conoce como oxígeno disuelto y es un componente muy importante de las aguas negras, que además pueden contener otros gases como bióxido de carbono que resulta de la descomposición de la materia orgánica, nitrógeno disuelto de la atmósfera, ácido sulfhídrico que se forma por la descomposición

de los compuestos orgánicos del azufre. Aunque estos gases están presentes en pequeñas cantidades su función es importante en la descomposición y tratamiento de los sólidos de las aguas negras e indican significativamente el progreso de los procesos de tratamiento.

Las aguas negras pueden contener líquidos volátiles como la gasolina, si bien puede haber otros líquidos volátiles que por lo general hierven a menos de 100°C.

3.3.3 COMPOSICIÓN BIOLÓGICA DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales contienen incontables organismos vivos que son microscópicos, son la parte viva natural de la materia orgánica que se encuentra en las aguas negras y su presencia es de gran importancia ya que es otro de los motivos del tratamiento de estas aguas. Puede decirse que estos microorganismos son quienes realizan el trabajo de depuración en las plantas de tratamiento por lo que es muy importante conocerles para poder mantener condiciones adecuadas para su supervivencia.

Estos microorganismos pertenecen a dos tipos principales; bacterias y otros organismos vivos más complejos.

Bacterias.- Son microorganismos vivos compuestos de una sola célula y su proceso vital así como sus funciones son similares a las de un vegetal. Algunas bacterias son móviles y otras inmóviles, requieren como todos los seres vivos alimento, oxígeno y agua, y solo pueden existir cuando el medio ambiente provee estos requerimientos. Como resultado de sus procesos vitales las bacterias dan origen a su vez a productos de desecho. Las bacterias se clasifican en dos grupos: bacterias parásitas y bacterias saprofitas.

Bacterias Parásitas.- Normalmente viven a expensas de otro organismo vivo llamado huésped, porque requieren de alimento ya preparado para consumirlo, generalmente no se desarrollan fuera del cuerpo del huésped. Las bacterias parásitas que tienen importancia en las aguas residuales provienen del tracto intestinal de las personas y animales (seres de sangre caliente) cuyas deyecciones van a parar a las aguas residuales. Entre las bacterias parásitas se encuentran ciertos tipos específicos que durante su desarrollo en el cuerpo del huésped producen compuestos tóxicos o venenosos que causan enfermedad al huésped, éstas se conocen como bacterias patógenas, y están presentes en personas afectadas por tifoidea, disentería, cólera y otras enfermedades intestinales.

Bacterias Saprofitas.- Son las que se alimentan de materia orgánica muerta, de tal forma que descomponen los sólidos orgánicos para obtener el sustento necesario y producen a su vez sustancias de desecho que consisten en sólidos orgánicos e inorgánicos. Por esta razón son de suma importancia en los procesos de tratamiento de aguas negras que tienen como fundamento facilitar o acelerar la descomposición natural de los sólidos orgánicos. Existen diversas especies de bacterias saprofitas y cada una desempeña un papel específico en la descomposición de los sólidos orgánicos, cada especie tiende a morir una vez cumplida su misión en el proceso de descomposición.

Las bacterias ya sean parásitas o saprofitas necesitan de oxígeno para su respiración, además de alimento. Algunas de ellas solo pueden usar el oxígeno disuelto que también se le llama libre o molecular, a éstas se les conoce como bacterias aerobias y al proceso de descomposición de sólidos orgánicos que realizan se le conoce como descomposición

aerobia, oxidación o degradación y se caracteriza porque se lleva a cabo en presencia de oxígeno disuelto sin que se produzcan olores ofensivos o desagradables. Otros tipos de bacterias no pueden existir en presencia de oxígeno disuelto y lo obtienen del contenido de oxígeno de los sólidos orgánicos y de algunos inorgánicos, que se hace aprovechable en la descomposición de los sólidos. A éstas se les conoce como bacterias anaerobias y al proceso de degradación que llevan a cabo se le llama descomposición anaerobia o putrefacción, ya que se da en ausencia de oxígeno disuelto se caracteriza porque produce olores ofensivos y desagradables.

Son tan complejas las reacciones que se verifican en la degradación de la materia orgánica que ciertos tipos aerobios se adaptan por si mismos a vivir y funcionar en ausencia de oxígeno disuelto y se conocen como bacterias aerobias facultativas; por el contrario algunas variedades de bacterias anaerobias llegan a vivir y desarrollarse en presencia de oxígeno disuelto y por ello se les conoce como bacterias anaerobias facultativas.

Además de alimento y oxígeno las bacterias requieren de humedad para sobrevivir, por lo que las aguas residuales resultan ser el medio ideal. Para lograr una eficiencia máxima en su función las bacterias requieren de una temperatura favorable, ya que son muy susceptibles a los cambios de ésta en lo que respecta a su desarrollo y reproducción.

La gran mayoría de los tipos saprofitos prosperan mejor a temperaturas que varían de 20°C a 40°C, este tipo se conocen como bacterias mesofílicas, las variaciones fuera de este rango limitan la actividad de las bacterias mesofílicas eliminándose prácticamente a temperaturas extremadamente bajas o altas. La digestión mesofílica de los lodos se lleva a cabo más rápidamente a 35°C. Otras bacterias viven mejor a altas temperaturas dentro del ámbito de 55°C a 60°C, éstas se conocen como tipos termofílicos. Unos cuantos tipos de bacterias encuentran sus condiciones óptimas a bajas temperaturas, desde 0°C hasta 5°C, éstas se conocen como bacterias psicofílicas.

En consecuencia las temperaturas son de primordial importancia en la operación de los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

Cuando todas las condiciones ambientales como el abastecimiento de alimento, el oxígeno, la humedad y la temperatura se mantienen en forma adecuada y en cantidades suficientes para el pleno funcionamiento de las bacterias, la descomposición de los sólidos de las aguas negras se lleva a cabo de manera naturalmente ordenada.

Otros Organismos Microscópicos.- Además de las bacterias en las aguas residuales se encuentran otros organismos vivos microscópicos que están presentes en gran cantidad, aunque no en densidades tan grandes como las diversas especies de bacterias. Estos microorganismos tienden a ser mayores y de estructura más compleja que las bacterias, algunos son animales y otros vegetales. Todos provienen del suelo o de los desechos orgánicos que van a formar parte de las aguas residuales. Algunos son móviles y otros no, pueden ser aerobios, anaerobios y facultativos. Estos organismos también actúan en la descomposición y degradación de los sólidos orgánicos de las aguas negras, emplean los sólidos como alimento y producen desechos cuya estructura química es más sencilla, que frecuentemente sirven como alimento a ciertos tipos de bacterias saprofitas. Muchas de las formas más grandes son predadores por naturaleza y predominan sobre otros organismos, especialmente sobre las bacterias.

Organismos Macroscópicos.- Además de los grupos de organismos microscópicos, otros organismos visibles a simple vista toman parte de la descomposición de la materia orgánica. Entre éstos se incluyen algunas variedades de gusanos e insectos en diversos estados de desarrollo. Algunos son activos aprovechando los recursos del tratamiento de las aguas negras y otras prevalecen en corrientes altamente contaminadas por aguas negras u otros desechos orgánicos.

Algunas formas de estos organismos microscópicos y macroscópicos son indispensables para la descomposición ordenada de la materia orgánica en la naturaleza y por consiguiente son igualmente esenciales en los procesos de las plantas de tratamiento de aguas negras. De hecho los organismos biológicos son los que en realidad llevan a cabo el proceso de tratamiento y la única responsabilidad del operador consiste en procurar las condiciones ambientales que mejor se ajusten a ellos.

Virus.- En las aguas negras hay otra forma de vida que son los virus, éstos son aún más pequeños que los organismos microscópicos antes señalados y no pueden ser observados con un microscopio común de los que se usan en los trabajos de bacteriología. No tienen un papel importante en el tratamiento de las aguas residuales, su importancia estriba en que como las bacterias patógenas son agentes causales de cierto número de enfermedades en el hombre. Algunos como el virus de la hepatitis se desarrollan en el intestino del hombre y son arrastrados por las materias fecales a las aguas residuales.

3.3.4 CAMBIOS QUÍMICOS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS NEGRAS

La actividad de la vida biológica en las aguas residuales produce muchos cambios en la composición química de sus sólidos. Estos cambios químicos, aunque en realidad son bioquímicos (ya que se llevan a cabo debido al desarrollo biológico) no solamente indican la actividad de los microorganismos sino que miden también el grado de descomposición de los sólidos y por ende la eficacia de cualquier proceso de tratamiento particular.

En el tratamiento de las aguas residuales, mediante el proceso de sedimentación se disminuyen los sólidos suspendidos, en especial aquellos que corresponden la fracción sedimentable. Los cambios bioquímicos producen sobre los sólidos coloidales o no sedimentables una eliminación de aire de las moléculas de agua retenidas en ellos, esto propicia que se aglomeren o floculen formando sólidos más pesados o sedimentables. Estos sólidos sedimentados tanto orgánicos como inorgánicos que se separan se conocen como lodos y arenas.

Por la descomposición anaeróbica el oxígeno es eliminado de los compuestos complejos y se forman otros más sencillos. Tales reacciones bioquímicas continúan y paso a paso los componentes complejos se degradan hasta que se llega a un producto final formado de productos inorgánicos y orgánicos estables.

Los sólidos orgánicos complejos de las aguas residuales son compuestos del elemento carbono en combinación con otros elementos como el nitrógeno, el azufre, el fósforo, el oxígeno y otros, con frecuencia retienen moléculas de agua íntimamente ligadas.

En el proceso de descomposición aerobia el oxígeno se combina con estos elementos de manera que los productos finales de los cambios bioquímicos cuándo se llevan a cabo en forma completa, son el bióxido de carbono, el agua, los nitratos, sulfatos, fosfatos y otras

substancias similares a las que usualmente se les llama sales minerales, éstas generalmente son similares a los sólidos inorgánicos de las aguas negras y sirven como fertilizantes o alimento para producir nueva materia orgánica compleja mediante el desarrollo vegetal.

Durante las etapas de la descomposición bioquímica se forman productos intermedios, que incluyen ácidos orgánicos e inorgánicos, gases como el ácido sulfhídrico, metano, bióxido de carbono y en muchas ocasiones gases de olor ofensivo que resultan de los cambios bioquímicos de los compuestos orgánicos sulfurados.

El proceso de los cambios bioquímicos queda bien ilustrado en los ciclos del nitrógeno, el carbono y el azufre, que se presentan en la **Figura No. 1**, en la que se ilustran los pasos o etapas a través de los que pasa la materia orgánica que contiene nitrógeno, carbono o azufre, para su descomposición, a productos aprovechables por la vida vegetal, de la que depende a su vez la vida animal. Por su parte la vida animal a través de sus productos de desecho, muerte y degradación acaba en materia orgánica muerta, iniciándose así otra vez los ciclos.

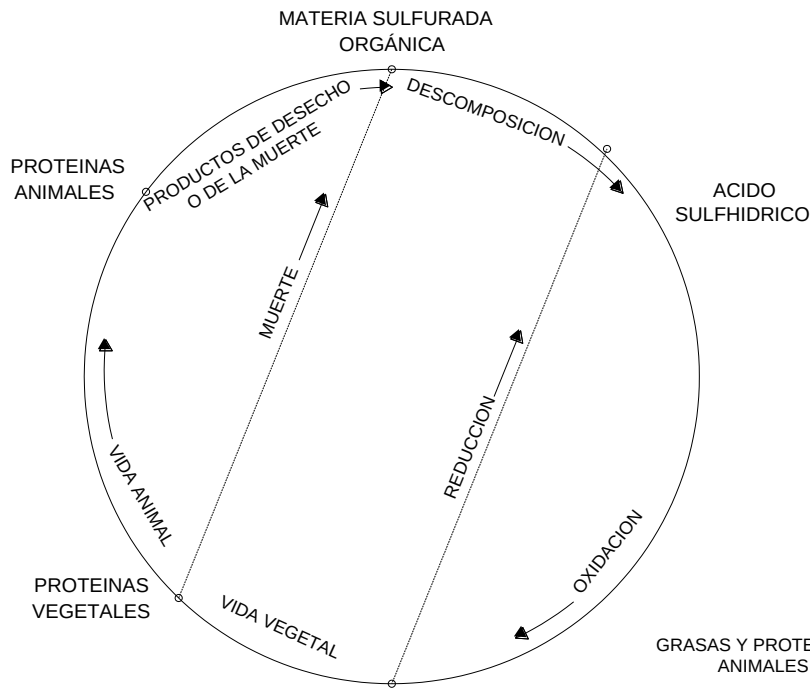
En los tres ciclos, la mitad de la izquierda de las figuras corresponde a la materia viva, mientras que la otra mitad se refiere a la materia muerta o de desecho. El tratamiento de las aguas residuales y su disposición quedan en la mitad del lado derecho.

Los tres ciclos ilustran la conservación de la materia en la naturaleza. Los productos de la muerte se transforman en el soporte de la vida vegetal y animal. El aire y el agua sirven como enormes depósitos en los que se almacena el oxígeno, el nitrógeno, el bióxido de carbono y otros gases producidos en una parte del ciclo hasta que sean requeridos en otra parte.

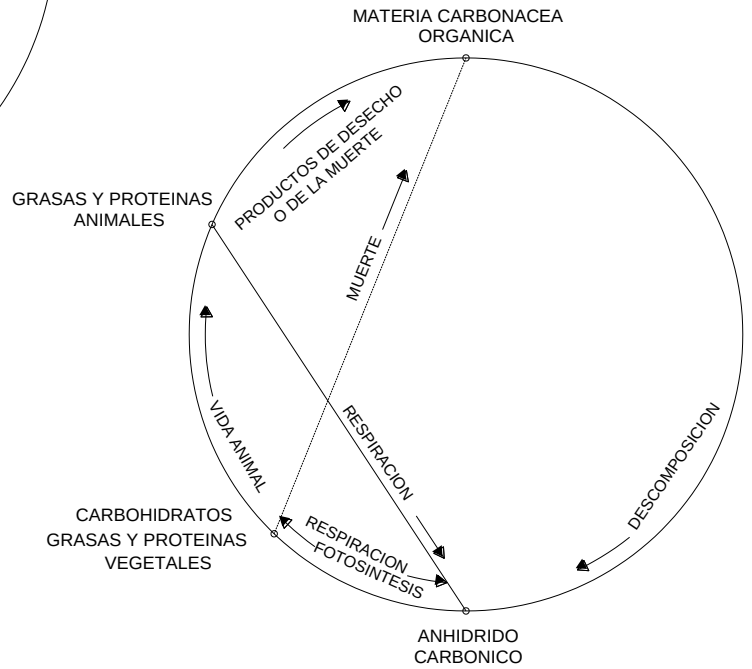
El tratamiento de las aguas negras no altera ni modifica los procesos naturales, una planta de tratamiento no es sino un dispositivo que sirve para situar en el lugar más adecuado, un espacio en el que los procesos naturales de descomposición de la materia orgánica muerta se llevan hasta donde sea necesario, y hasta cierto grado se controlan y aceleran.

En los cambios bioquímicos de las aguas residuales el oxígeno disuelto tiene un papel muy importante ya que cuando está presente en las aguas negras o cuando se agrega mediante dispositivos de tratamiento asegura el desarrollo y la actividad de los microorganismos aerobios y con ello el progreso de la descomposición aeróbica, sin dar lugar a putrefacciones. Cuando se ha agotado completamente el oxígeno disuelto los organismos aerobios son remplazados por variedades anaerobias, teniendo lugar la descomposición anaerobia asociada a una rápida putrefacción y a la correspondiente apariencia negra y desagradable de las aguas junto con los olores ofensivos. Aunque otros gases disueltos en las aguas negras no controlan las actividades biológicas en el grado en que lo hace el oxígeno disuelto su función también es importante. El ácido sulfhídrico que es un gas de olor repugnante es el resultado de la descomposición anaerobia de los compuestos que tienen azufre y dan origen a un estado de acidez que puede afectar ulteriores reacciones bioquímicas y que ejerce reacción corrosiva sobre las estructuras de la planta. Cuando hay bióxido de carbono en cantidades excesivas significa que está teniendo lugar la descomposición ácida de los sólidos, con la resultante disminución de la velocidad de degradación. En el caso de la digestión de los lodos la

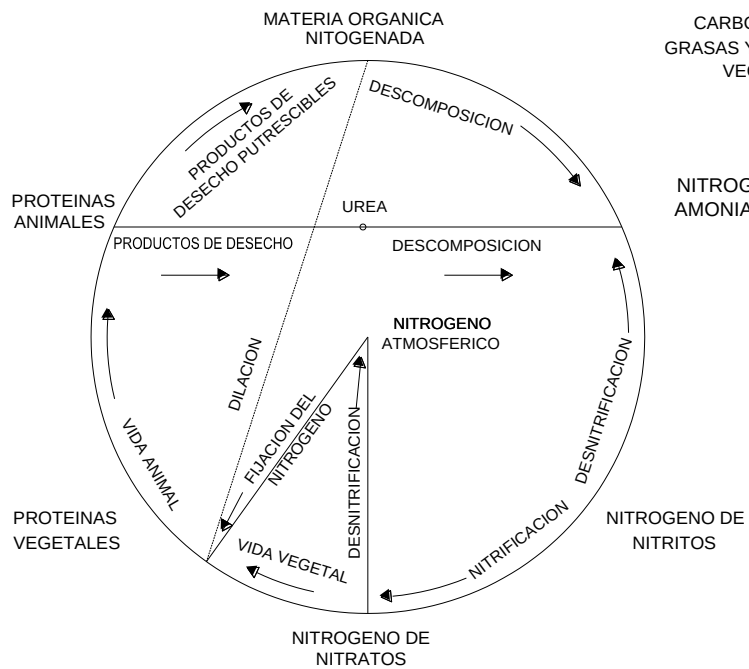
producción de bióxido de carbono disminuye la generación de gas combustible que es un producto valioso en esa operación.



CICLO DEL AZUFRE



CICLO DEL CARBONO



CICLO DEL NITROGENO

CICLOS DEL AZUFRE, CÁRBONO Y NITRÓGENO

Figura No. 1

4 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los procedimientos para tratar las aguas residuales son muy diversos, si bien todos pueden incluirse en los siguientes procesos:

- **TRATAMIENTO PRELIMINAR**
- **TRATAMIENTO PRIMARIO**
- **TRATAMIENTO BIOLÓGICO O SECUNDARIO**
- **TRATAMIENTO Terciario**
- **DESINFECCIÓN**
- **TRATAMIENTO DE LODOS**

4.1 TRATAMIENTOS PRELIMINARES

En los tratamientos preliminares se preparan las aguas residuales, para que enseguida puedan recibir algún tipo de tratamiento, sin perjudicar los equipos mecánicos ni las estructuras en que se verifican los procesos. Sirven también para minimizar algunos efectos negativos en el tratamiento tales como grandes variaciones de caudal y de composición, y la presencia de materiales flotantes como aceites, grasas, sólidos y otros.

Las unidades de tratamiento preliminar o pretratamiento más empleadas e importantes son las siguientes:

- **Rejas**
- **Desarenadores**
- **Desengrasadores**
- **Desmenuzadores**
- **Tanques de Compensación**

Prácticamente todas las plantas de tratamiento incluyen rejillas (cribas) y desarenadores, las demás unidades son utilizadas con más frecuencia en los residuos líquidos industriales o para hacer más manejables desechos generados en el procesamiento de alimentos.

4.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

El objetivo básico del tratamiento primario estriba en conseguir un efluente líquido adecuado para un subsecuente tratamiento biológico. La sedimentación primaria es la principal forma del tratamiento primario, es la más antigua y es extensivamente empleada en el acondicionamiento de las aguas negras. El tratamiento primario casi siempre es precedido del preliminar.

Con este tratamiento se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos (entre el 40 y 60 por ciento) mediante el proceso físico de asentamiento. Ello genera lodos primarios que deberán acondicionarse adecuadamente antes de su disposición final.

Entre las unidades de tratamiento primario más difundidas y usadas en diversos ámbitos se tienen:

- **Sedimentador Primario**
- **Tanque Séptico (Fosa)**
- **Tanques Imhoff**
- **Laguna Anaerobia**

Además se han desarrollado otros sistemas patentados y hay algunos menos conocidos que básicamente siguen principios de sedimentación y degradación de la materia orgánica mediante organismos anaerobios.

El tratamiento primario por sí mismo no produce un efluente que pueda ser descargado a los cuerpos receptores, por lo que casi siempre son el paso anterior al tratamiento biológico. Eventualmente seguidos de desinfección se han empleado como tratamiento único, aunque esta práctica se utiliza poco.

Los tratamientos primarios pueden ser procesos físicos o biológicos. El primer caso se refiere a la sedimentación de la materia orgánica que se verifica en tanques, en donde las aguas residuales tienen un tiempo de retención de horas (1.5 ó 2) con lo que se evita la descomposición de la materia orgánica y la generación de olores desagradables.

Los procesos biológicos primarios consisten en la degradación que hacen de la materia orgánica, presente en las aguas negras, organismos anaerobios que se desarrollan en las mismas aguas. Estos procesos se verifican al retener en estructuras (generalmente tanques y lagunas) las aguas residuales en periodos que fluctúan de 6 horas a 2 días o más. La retención de las aguas propicia el desarrollo de organismos anaerobios, que no requieren de oxígeno disuelto para vivir puesto que lo toman de las moléculas de la materia orgánica presente en las aguas residuales, y que consumen para su desarrollo y subsistencia.

El proceso bioquímico que se vive en un reactor primario es muy complejo, continuamente se investiga y se obtienen nuevos datos para desarrollar variantes más eficaces del proceso. La eficiencia de remoción de los tratamientos primarios en algunos contaminantes fluctúa entre el 40 y 60%.

Los tanques sépticos se han usado con mucho éxito en casas habitación, escuelas y en instalaciones comunales de tipo rural. El sedimentador primario, el RAFA y la laguna anaerobia se utilizan generalmente como la parte previa de los procesos secundarios, en la mayoría de los casos. El tanque Imhoff pretendió utilizarse extensivamente como un sistema de tratamiento único en el medio rural, sin embargo su utilización ha dejado de considerarse porque es relativamente compleja su operación.

Los lodos obtenidos de un tanque de sedimentación primaria, son esencialmente los sólidos sedimentables del agua negra cruda y prácticamente no han sufrido descomposición y son por lo tanto, sumamente inestables y putrescibles. Estos lodos son usualmente de color gris, de apariencia desagradable y contienen fragmentos de desperdicios, sólidos fecales y otros desechos que les dan un olor nauseabundo.

4.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO (TRATAMIENTO BIOLÓGICO)

Los procesos biológicos también llamados secundarios tienen como objetivo principal remover las sustancias coloidales y estabilizar la materia orgánica presente en las aguas residuales. Los procesos biológicos más comúnmente usados son:

- **MEDIOS EN SUSPENSIÓN (Lodos Activados)**
- **MEDIOS FIJOS Y DUALES (Filtros Percoladores)**
- **LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

Además existen modificaciones de éstos y combinaciones de los mismos, algunos son patentados y la mayoría son a base de tanques prefabricados, generalmente se utilizaban en instalaciones pequeñas pero han escalado y se usan extensivamente en localidades medianas y grandes.

Lodos Activados

En el proceso de lodos activados, organismos vivos aerobios y los sólidos orgánicos de las aguas negras se mezclan en un medio favorable para la descomposición aerobia de los sólidos, este medio son las mismas aguas negras, en las que continuamente se debe mantener oxígeno disuelto, los lodos activados se deben mantener en suspensión agitando las aguas residuales.

Las aguas negras incluyen organismos aerobios de este tipo, pero en un número muy reducido, por lo que es necesario agregar muchos más para que el proceso funcione con eficiencia. En general este proceso se usa después de la sedimentación primaria, aunque en algunas plantas no se emplea ésta.

Los lodos activados son floculos que contienen principalmente materia orgánica con una gran cantidad de bacterias que tienen la propiedad de absorber la materia coloidal y disuelta, se alimentan de ella y la convierten en sólidos insolubles putrescibles. Los lodos activados producidos a partir de las aguas negras se generan lentamente, de tal forma que es necesario recolectarlos y usarlos nuevamente, recirculándolos en un proceso acumulativo, en el que eventualmente se tendrá una mayor cantidad que la requerida, por lo que el exceso de lodos activados deberá desecharse.

Los lodos de desecho que se generan en este proceso son una mezcla de aguas negras y sólidos sedimentados que deben ser tratados para facilitar su disposición y evitar contaminación en los cuerpos receptores dado que dichos lodos no son productos terminados debido a su origen, contenido de agua, putrescibilidad, etc.

Entre las variantes del proceso de lodos activados se tienen: Proceso Convencional, Mezclado Completo, Aireación Dosificada, Aireación por Etapas, Aireación Modificada, Estabilización por Contacto, Aireación Extendida, Zanjias de Oxidación, Proceso Kraus, Aireación de Alta Tasa y Sistema de Oxígeno Puro.

Filtros Percoladores

En los procesos de este tipo organismos aerobios que forman un limo biológico (también llamado zooglea) se adhieren a un medio filtrante natural o artificial y al paso del agua a través de este medio, los organismos toman la materia orgánica de las aguas residuales para mantener sus procesos vivientes. El agua residual entra superficialmente a los filtros y atraviesa todo el lecho filtrante.

El proceso de filtración biológica se define como un sistema de lechos de distintos materiales sobre los que se vierten las aguas residuales, al pasar por el filtro de material granular (percolar) las aguas residuales entran en contacto con las películas de limo biológico que crecen sobre la superficie del material. En el lecho se mantienen condiciones aeróbicas mediante el flujo de aire, a través del lecho, que es inducido por los gradientes de temperatura existentes entre la temperatura del aire en el lecho y la temperatura ambiente.

A medida que las aguas residuales y el aire fluyen a través del lecho, el limo biológico hace uso de ellos para obtener, de los compuestos orgánicos, la energía necesaria para sus procesos vivientes, material y energía para sintetizar nueva masa celular, el oxígeno necesario para las reacciones de oxidación bioquímica y los nutrientes indispensables para la síntesis celular. Como resultado se logra la remoción de la materia orgánica mediante su conversión a masa celular, CO_2 y H_2O .

El crecimiento biológico sobre la superficie del medio que forma el lecho tiene un límite, al cabo del cual se desprende y es arrastrado con el efluente del filtro percolador. Por ello se requiere como complemento del proceso un sedimentador secundario, en el que se remuevan las películas biológicas que se desprenden del lecho. Generalmente en estos procesos se tiene inicialmente una sedimentación primaria.

Entre las variantes más difundidas se conocen los filtros rociadores (de baja, media y alta tasa) y los discos biológicos.

En este caso como en el anterior (lodos activados) se generan lodos tanto primarios como de desecho (exceso de limo biológico) que deberán ser acondicionados para su disposición final.

Lagunas de Estabilización

Las lagunas de estabilización son estanques en los que se descargan y retienen las aguas residuales y se construyen aprovechando las características del terreno, el tratamiento del agua residual se realiza mediante la interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.), la materia orgánica del desecho y otros procesos naturales.

Entre las lagunas de estabilización se incluyen: Lagunas Anaerobias, Lagunas Facultativas y Lagunas de Maduración. El uso en serie de éstas o de algunas de ellas produce un efluente adecuado para ser dispuesto directamente en los cuerpos receptores.

Los procesos de lodos activados y filtros percoladores producen efluentes con una alta carga de organismos patógenos por lo que antes de ser dispuestos requieren de un proceso adicional de desinfección, que en la mayoría de los casos consiste en la

aplicación de cloro. En las lagunas de estabilización la reducción de patógenos es muy alta a tal grado que puede ser superior a la lograda con la desinfección.

Las lagunas anaeróbicas son estanques con profundidad de entre 2.50 m y 5 m y reciben cargas orgánicas elevadas de modo que la actividad fotosintética de las algas se suprime y se tiene ausencia de oxígeno en todos sus niveles. Las lagunas anaeróbicas son utilizadas preferentemente para el tratamiento primario de desechos industriales o desechos domésticos con una elevada aportación industrial.

Las lagunas facultativas son estanques con profundidades de entre 1.5 y 2.5 m, y su contenido de oxígeno varía de acuerdo a la profundidad y a la hora del día, el oxígeno disuelto disminuye con la exposición solar y la profundidad, en el primer estrato que es el de oxidación aeróbica; inmediatamente debajo de éste se encuentra el estrato de degradación anaeróbica.

Las lagunas facultativas tienen como principal característica el comensalismo entre algas y bacterias en el estrato superior y la descomposición anaeróbica de los sólidos sedimentados en el fondo. Por consiguiente, su ubicación como unidad de tratamiento en un sistema de lagunas puede ser como laguna primaria única o como una unidad secundaria después de lagunas anaeróbicas, aireadas mecánicamente o de un RAFA.

Las lagunas de maduración o de pulimento son unidades netamente aeróbicas, de entre 1 m y 1.5 m de profundidad, con la función básica de reducir el contenido bacteriano ya que la mayor proporción de sólidos, DBO y parásitos se remueve en las lagunas primarias de tipo anaeróbico o facultativo.

Las lagunas son un sistema poco eficiente en la remoción de nitrógeno (N) y fósforo (P) por lo que el efluente de éstas es muy apreciado en las zonas de riego, sin embargo se debe evaluar la práctica de descargarlas a lagos y embalses ya que se podría propiciar la eutroficación del lecho.

Los sistemas en serie (y en paralelo) son muy eficientes ya que la secuencia del trabajo de las lagunas genera un efluente de gran calidad, sobre todo en cuanto a la calidad bacteriológica. Aunque es necesario un tiempo de retención mínimo de entre 21 y 25 días para eliminar microorganismos nocivos y obtener calidades bacteriológicas deseables.

4.4 DESINFECCIÓN

La desinfección es un proceso selectivo para la destrucción de los microorganismos patógenos (capaces de producir enfermedades), involucra un tratamiento especializado mediante el empleo de un agente físico, o químico para la destrucción de aquellos microorganismos que pueden ser peligrosos o que sean objetables por inconvenientes o molestos.

Para la desinfección de las aguas de abastecimiento público se usan generalmente las siguientes sustancias químicas ordenadas según su frecuencia de uso.

- Cloro y sus compuestos
- Ozono

- Luz ultravioleta
- Iones de plata

Cloración

La cloración consiste en la adición del cloro al agua con los siguientes objetivos:

- Desinfección de las aguas
- Controlar olores y sabores (remoción de amonio y sus compuestos y otros compuestos nitrogenados).
- Remover color
- Remover hierro y manganeso (compuestos orgánicos y oxidables)
- Prevenir el crecimiento de algas y microorganismos.

Como el cloro gaseoso cuesta mucho menos que el que se obtiene a partir de hipocloritos, generalmente es el que más se utiliza.

4.5 TRATAMIENTO DE LODOS

Los lodos de las aguas negras son una mezcla de aguas negras y sólidos sedimentarios. Los lodos se tratan para facilitar su disposición, los diversos procesos de tratamiento tienen dos objetivos, disminuir el volumen del material que va a ser manejado, (debido a la eliminación de una parte o de toda la porción líquida) y, descomponer la materia orgánica muy putrescible en compuestos orgánicos e inorgánicos relativamente estables o inertes, de los que el agua puede desprenderse con mayor facilidad.

Los lodos que se extraen de los sedimentadores primarios son lodos crudos, puesto que no reciben ningún tipo de tratamiento ya que no pasan por los reactores, son sumamente inestables, putrescibles y peligrosos debido a la alta concentración bacteriológica que contienen; no es recomendable mezclarlos con lodos provenientes de reactores, puesto que por su origen son lodos parcialmente digeridos y en algunos casos inocuos.

Los lodos generados en los reactores anaerobios (RAFA, lagunas anaerobias y tanques sépticos, entre otros) son lodos parcialmente acabados que en la mayoría de los casos tienen varios días e incluso meses de digestión.

Los lodos generados en los procesos de lodos activados ya están parcialmente digeridos debido al proceso de aireación a que se someten en el reactor y en algunos casos como en la aireación extendida son prácticamente inocuos. En general estos lodos se deben digerir (estabilizar), espesar y después deshidratar en lechos de secado o en filtros banda.

Los lechos de secado son el procedimiento más simple y económico para el deshidratado del lodo, el lecho básicamente consiste en una serie de capas de material filtrante sobre las que se depositan los lodos, una parte del agua que contienen se filtra a través del lecho y otra se evapora, además la acción del sol elimina parte de los patógenos contenidos en el lodo.

Los filtros bandas son dispositivos mecánicos compuestos de rodillos metálicos y banda (telas) que gradualmente se cierran y exprimen el agua del lodo. Se requiere de un polímero (solución madre) para mejorar la consistencia del lodo y de inyección de aire

para nivelar las telas. Otros dispositivos mecánicos de deshidratación son los filtros prensa y las centrifugadoras de lodo.

Los lodos producto de los reactores aireados son muy apreciados como abono orgánico y aun sin deshidratarse se pueden disponer sobre cultivos de maíz o de productos que no se consumen crudos.

PROYECTO EJECUTIVO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

5 DATOS DE PROYECTO

En este caso los datos de proyecto relevantes son el gasto de diseño y las características de las aguas residuales.

5.1 GASTO DE DISEÑO

Considerando que la planta de tratamiento se diseñará para servir un área de riego, que prácticamente no tendrá variables, porque no hay rotación de cultivos, ni posibilidades de incrementar el área, el gasto de diseño es el dato de proyecto más relevante.

El caudal requerido para el riego del pasto, que es el consumo principal, es del orden de 0.50 l/s, si bien, la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se diseñará para un caudal medio de 3.50 l/s, ya que se regarán otras áreas distantes.

5.2 CALIDAD DEL AGUA CRUDA, CAMPAÑA DE AFOROS

Con la finalidad de conocer la calidad que tiene el agua residual, a la altura del parque urbano, se realizó la caracterización de ésta; en el monitoreo se determinaron caudal y se tomaron muestras simples para determinar parámetros de campo, grasas y aceites, y contenidos bacteriológicos, además se formaron las muestras compuestas para determinar los parámetros de laboratorio. El monitoreo se efectuó conforme a la normatividad NOM-003-SEMARNAT-1997, en el siguiente cuadro se presentan las características índice del monitoreo realizado.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES					
Parametro	DBO₅	SST	DQO	Coliform. fec.	Q medio
Unidad	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	l/s
Valor	272	300	380	3.4E ⁶	45.50

De los resultados de la caracterización se concluye que las aguas residuales son típicamente domésticas de concentración un poco superior a la media, si bien algunos parámetros presentan variaciones significativas que reflejan la predominancia de ciertas actividades que se realizan durante la semana y en el transcurso del día.

El organismo operador registra la existencia de un estudio de caracterización en la descarga del colector, aunque no se encontró el reporte de tal estudio. Por otra parte, en internet se pueden encontrar resultados de caracterización de las aguas residuales de esta zona, sin embargo, como es común, no hay certeza del origen y seriedad de tales reportes.

5.3 CALIDAD DEL AGUA TRATADA

Inicialmente en función del uso que se le dará al agua tratada se determina la calidad que deberá tener el efluente de la planta de tratamiento, puesto que eventualmente entraría en contacto con personas y se usaría en actividades recreativas, deberá cumplir con la **NOM-003-ECOL-1997**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES

PROMEDIO MENSUAL					
TIPO DE REUSO	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Huevos de Helminto (h/l)	Grasas y Aceites (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	SST (mg/l)
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	1	15	20	20

Existen factores funcionales que determinan el proceso de tratamiento por implementar, tales como la localización de la planta con respecto a las viviendas, el terreno disponible, los materiales y procedimientos de construcción, el equipamiento que requieren, los desechos secundarios que generan y la flexibilidad respecto a las variaciones de carga, entre otros. Los montos de la inversión inicial y del mantenimiento tienen gran relevancia aunque pueden estar supeditados a la calidad del agua requerida y a los inconvenientes que puede generar asentar una planta entre las viviendas.

En cuanto a los lodos que se producen durante los procesos de depuración del agua, éstos se tratarán o se dispondrán en el sitio de la PTAR, o bien se llevarán a lugares en donde puedan disponerse como mejoradores del suelo, o bien como abono orgánico.

De acuerdo con lo anterior en el siguiente apartado se determinará el proceso idóneo para obtener la calidad requerida.

6 ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta (PTAR) seleccionada será un proceso de aireación extendida, que es una variante de lodos activados. Este tipo de plantas es el más adecuado para instalarse en edificaciones o zonas habitadas, con escasa área disponible, ya que suelen ser compactas, no generan olores y son muy eficientes en la eliminación de contaminantes, los lodos resultantes ya están parcialmente digeridos, debido a los prolongados tiempos de aireación y pueden ser dispuestos, sin mayores riesgos, de diferentes formas.

La planta se construirá en el sitio, será subterránea, de concreto armado, de las dimensiones que resulten del diseño cinético, se ubicará en el nivel más conveniente respecto a la toma y descarga del caudal, y de acuerdo a otras condicionantes del proyecto arquitectónico de conjunto del parque.

Otra alternativa la constituyen las plantas prefabricadas de este tipo (aireación extendida) que son de las más abundantes en el mercado, algunas son de concreto preesforzado y se arman en el sitio, otras son a base de tanques circulares de polietileno y todas son

modulares. La principal desventaja que presentan es que el equipamiento es patentado y solamente lo distribuyen los proveedores, por esta razón no se considera como la mejor alternativa.

Otros procesos, como los filtros percoladores o los discos biológicos, en este caso no son convenientes ya sea porque requieren de mayores extensiones de terreno o bien porque pueden generar olores desagradables y proliferación de insectos.

7 SELECCIÓN DEL SITIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta se situará en el extremo noreste de la franja marginal, este sitio es propicio porque el colector, en este tramo, presenta condiciones adecuadas para derivar el caudal de aguas residuales y para descargar los lodos de desecho de la PTAR. Por otra parte al situarse en un extremo no interfiere con otras áreas y obras del parque.

A la altura de este sitio el colector ofrece las mejores condiciones para tomar el caudal, el gasto mínimo en este punto es de 14.70 l/s, que es superior al de diseño de la PTAR, de 3.5 l/s, y el tirante que se genera permitirá hacer la derivación por arriba del nivel de la plantilla del colector, lo que evitará la entrada, a tubería de la toma, de los materiales más gruesos que van cerca del fondo.

8 TOPOGRAFÍA DEL SITIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

El terreno en que se asentará la planta de tratamiento, tiene un área de 188 m², es parte de la franja marginal y por ello no se hizo un levantamiento diferente al realizado para el arreglo del parque. El terreno es sensiblemente plano, con pendiente natural del 0.007 %, y está dividido por el cauce del río en 2 franjas estrechas de unos 10 m de ancho y 445 m de largo, el cauce tiene una profundidad promedio de 4.5 m y la franja por la que escurre, incluyendo los taludes es de aproximadamente 11 m de ancho.

El arreglo del parque lineal no contempla la rectificación del cauce, entubándolo, reubicándolo por las calles marginales o cubriéndolo con losas de concreto, para extender las franjas marginales. Si bien se respeta el trayecto, si se prevén algunas mejoras tales como el afine y recubrimiento de taludes y la remoción de obstáculos que reduzcan la sección hidráulica.

9 MECÁNICA DE SUELOS

Se realizó un estudio de mecánica de suelos, específicamente en el sitio en que se asentará la planta de tratamiento, que consistió en la excavación un pozo a cielo abierto de 3.50 m de profundidad y una perforación mixta de 10 m de profundidad.

El estudio se realizó con la finalidad de conocer la estratigrafía y propiedades mecánicas e hidráulicas del subsuelo, se obtuvieron muestras y se hizo la clasificación de campo, se elaboraron perfiles estratigráficos y en laboratorio se determinarán las propiedades índice (humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, índice plástico) de los suelos encontrados para su clasificación según el S.U.C.S.. Entre los aspectos básicos que se determinaron se tienen: capacidad de carga admisible, recomendaciones de cimentación, profundidad de desplante, estabilidad de taludes y análisis de deformaciones.

10 PROYECTO EJECUTIVO, UNIDADES DE PROCESO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La planta de tratamiento propuesta, **Aireación Extendida**, es una variante de los lodos activados, que es el proceso representativo de los medios en suspensión.

El reactor biológico o tanque de aireación es la unidad en que se lleva a cabo la degradación, transformación y eliminación de la materia orgánica y de los otros componentes de las aguas residuales. Las reacciones cinéticas que se verifican en el reactor son complejas ya que involucran organismos y componentes muy diversos, de tal manera que su comprensión avanza gradualmente, y las formulaciones que inicialmente las describían y que son válidas, han sido complementadas con otras expresiones que interpretan procesos paralelos, secundarios o complementarios.

Aunque la cinética de las reacciones y el balance de masa que fundamentan el proceso se verifican en el reactor, el resto de las unidades que integran la PTAR son indispensables en el funcionamiento del sistema, por otra parte, el flujo hidráulico que se da entre las estructuras es básico puesto que conlleva el movimiento del agua y de los lodos en las diferentes fases del sistema de tratamiento.

10.1 PROYECTO FUNCIONAL E HIDRÁULICO

AIREACIÓN EXTENDIDA

El proceso de aireación extendida es muy utilizado en plantas de tratamiento de aguas residuales que se localizan muy cerca de viviendas, edificaciones o en sitios en donde el público está muy próximo.

En general en los procesos de lodos activados organismos vivos aerobios y los sólidos orgánicos de las aguas negras se mezclan en un medio favorable para la descomposición aerobia de los sólidos, este medio son las mismas aguas negras, en las que continuamente se debe mantener oxígeno disuelto, y los lodos en suspensión, por lo que las aguas negras se agitan, ya sea inyectando aire por el fondo o bien creando superficialmente una turbulencia con agitadores de aspas. Las aguas residuales incluyen organismos aerobios del tipo de los contenidos en los lodos, pero en un número muy reducido.

Los lodos activados son flóculos que contienen principalmente materia orgánica con una gran cantidad de bacterias que tienen la propiedad de absorber la materia coloidal y disuelta, se alimentan de ella y la convierten en sólidos insolubles putrescibles. Los lodos activados producidos a partir de las aguas negras se generan lentamente, de tal forma que es necesario recolectarlos y usarlos nuevamente, recirculándolos en un proceso acumulativo en el que eventualmente se tendrá una mayor cantidad a la requerida, por lo que el exceso deberá desecharse.

Los lodos de desecho que se generan en este proceso son una mezcla de aguas negras y sólidos sedimentados que deben ser tratados para facilitar su disposición y evitar la contaminación en los cuerpos receptores, puesto que dichos lodos no son productos terminados debido a su origen, contenido de agua, putrescibilidad, etc.

El proceso de aireación extendida se caracteriza por el prolongado tiempo de retención (t_r) que se encuentra entre 18 y 36 horas, el tiempo de residencia celular (t_c) de 25 días, la constante de reacción $Y=0.85 (d^{-1})$ y la constante de decaimiento $K_d=0.50 (d^{-1})$. Si bien, se tienen reportes de este tipo de plantas en donde el tiempo de retención se establece entre 12 y 14 horas.

Es evidente que debido al prolongado tiempo de aireación los lodos generados en este proceso están prácticamente digeridos y casi son inocuos, su principal problemática estriba en la dificultad para espesarse.

Las plantas de aireación extendida son compactas y generalmente se forman con tanques de concreto armado, requieren de equipamiento mecánico básico consistente en bombas, sopladores, difusores y filtros banda, además precisan del suministro de energía eléctrica y, de cloro y polímeros.

Como en todos los procesos, en el de aireación extendida se tienen el tren de tratamiento de agua y el de tratamiento del lodo. Las plantas de este tipo se integran con pretratamiento, reactor biológico, clarificador, sistema de recirculación de lodo, y tanque de contacto de cloro, para la fase de tratamiento del agua y, espesador, digestor y filtros banda (centrifugadores o lechos de secado) para el acondicionamiento del lodo. Además en distintas unidades se generan sobrenadantes y lixiviados que deben retornarse al inicio del proceso.

Además de las unidades de tratamiento la planta requiere de edificaciones para resguardar los equipos y desarrollar actividades administrativas, de control del proceso y vigilancia, así mismo se incluyen un pequeño almacén y en algunos casos laboratorio, entre otras instalaciones.

UNIDADES DE PROCESO, ARREGLO FUNCIONAL PTAR DE PROYECTO

La planta de proyecto tiene 2 características principales que la diferencian de otras de este tipo:

1. El caudal que se tratará será constante (3.5 l/s) no habrá variaciones con máximos y mínimos.
2. El lodo en exceso se descargará al colector sanitario, no se tendrá tratamiento de lodo.

La planta de tratamiento se integra con las siguientes unidades: caja de derivación, cárcamo de bombeo, pretratamiento, reactor biológico, clarificador y tanque de contacto de cloro, para la fase de tratamiento del agua; además se tendrán tanque de almacenamiento y, cárcamo de bombeo del sistema de riego y de conducción al sitio de utilización distante.

En los planos **DIAGRAMA DE PROCESO Y PERFIL HIDRÁULICO** se presentan las unidades de proceso y los flujos de agua y lodo que se verifican entre las estructuras.

La planta se formará con 2 módulos, para tratar un caudal de 1.75 l/s en cada uno, si bien, serán unidades únicas la caja de derivación, el cárcamo de bombeo de aguas residuales y el tanque de almacenamiento de agua tratada.

La PTAR se ubicará parcialmente enterrada y estará cubierta con una losa de concreto, como si se encontrara en un sótano. Es conveniente que la planta sobresalga solo un poco de la superficie para que no sea un obstáculo en el parque y para que eventualmente la descarga del agua tratada se dé por gravedad hacia el cauce.

Las aguas residuales serán derivadas del colector de la calle norte e ingresarán al cárcamo de bombeo, de aquí se enviarán al pretratamiento, enseguida pasarán al reactor biológico, en donde entrarán en contacto con los lodos activados y con el aire, es aquí en donde el agua residual es tratada; enseguida pasarán al clarificador en el que se separan el agua y el lodo, el agua sigue hacia el tanque de contacto de cloro en el que se desinfecta y finalmente llega al tanque de almacenamiento de donde se dispone. A partir del clarificador el lodo se recircula al reactor biológico para iniciar nuevamente el proceso.

En los planos **ARREGLO DE CONJUNTO, Y CORTES** se presenta la disposición de las unidades que integran la PTAR.

Este tipo de plantas son fáciles de operar y se cuenta con mucha información sobre ellas, son las más adecuadas para instalarse en las inmediaciones de centros habitados ya que no generan grandes problemas como la aparición de olores ofensivos y la proliferación de insectos. Entre sus principales desventajas está el hecho de que necesitan de energía eléctrica para operar y que los equipos mecánicos periódicamente se deben remplazar. Los costos de operación y mantenimiento son una causa común de su abandono.

Todas las unidades que integran la planta de tratamiento de aguas residuales estarán confinadas, en una especie de gran caja, que se formará con muros perimetrales y losa de cubierta, de concreto armado, que se habilitará como explanada para danza.

10.1.1 CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LAS UNIDADES

CAJA DE DERIVACIÓN (OBRA DE TOMA)

Esta estructura se construirá en el colector existente, de aquí se derivará el caudal de aguas residuales que se tratará, básicamente consiste en un canal perpendicular que se conecta a la media caña de la caja, en el canal se forman 2 cámaras, la primera restringe el paso de objetos y de la segunda sale la tubería que va al cárcamo de bombeo. A la entrada del canal se tiene una mampara que no llega al fondo (y forma un orificio sumergido) y más adelante, a 40 cm, se tiene un vertedor, estos 2 elementos forman la primera cámara, enseguida se encuentra la segunda cámara de la que se desprende la tubería.

En la primera cámara, entre la mampara y el vertedor la plantilla del canal tiene una pendiente ascendente, la mampara imposibilita que los materiales flotantes pasen hacia el cárcamo y el vertedor impide que lo hagan los materiales que se arrastran por el fondo; la pendiente propicia que las arenas que sedimentan en este tramo se deslicen hacia la media caña.

En el plano **CAJA DE DERIVACIÓN** se presentan las características y detalles de esta unidad.

La caja es rectangular, de concreto armado y tanto la media caña del colector como el canal de derivación se forman con un segundo colado; la media caña tiene un diámetro de 45 cm y el canal es de 20 cm de ancho. Sobre el vertedor se podrán instalar agujas con lo que se cortará el flujo que va al cárcamo.

CÁRCAMO DE BOMBEO

El cárcamo de bombeo es la unidad que recibe las aguas residuales y de aquí se envían al pretratamiento, que se encuentra sobre cárcamo, que está equipado con una bomba sumergible inatascable, para el caudal de diseño de 3.50 l/s.

En la tubería que conecta la caja de derivación y el cárcamo se tiene una válvula de seccionamiento para prevenir que durante una lluvia intensa se inunden las instalaciones de la PTAR, en caso de que el colector sea rebasado por aportaciones pluviales, se presurice y el agua brote por las tapas de los pozos de visita.

El cárcamo es de concreto armado, rectangular, con las equinas romas, está adosado a los reactores y sobre la mayor parte de éste se encuentra el pretratamiento. El caudal que ingrese al cárcamo será variable, debido a las variaciones horarias, aunque solamente se bombearían 3.50 l/s; consecuentemente el nivel en el cárcamo variaría muy poco y solamente estaría un poco abajo del que se tenga en el colector.

En los planos **CÁRCAMO Y PRETRATAMIENTO** se presentan la configuración de estas unidades y los elementos que las integran.

El cárcamo estaría equipado con una bomba para un gasto de 3.50 l/s, inatascable, con paso de esfera de 2.3 cm, de 1 hp, 3,450 rpm, tipo jaula de ardilla, para aguas residuales.

En la tubería de descarga de lodos de desecho también se tendrían válvulas de seccionamiento para prevenir el ingreso de agua del colector, en la situación ya mencionada.

PRETRATAMIENTO

El pretratamiento tiene la función de preparar las aguas residuales para su tratamiento, básicamente se pretende eliminar materiales y desechos que arrastran las aguas negras y que suelen obstruir o dañar los dispositivos instalados en las unidades de proceso de la PTAR.

Esta estructura incluye las unidades de cribado (rejillas) y decantación de arenas (desarenador), se trata de 2 canales paralelos, en los que se tienen instaladas rejillas y enseguida, (en el área de los desarenadores) se propicia la sedimentación de las partículas propiciando la velocidad requerida. Antes de las rejillas se tiene la zona de llegada, que es común a los 2 canales y después de los desarenadores está la caja de salida que también es común, a partir de ésta el caudal se envía a los reactores, mediante 2 tuberías de acero de 100 mm (4") ø. Véanse planos **CÁRCAMO Y PRETRATAMIENTO**.

La rejilla es metálica, con espacio libre entre barras de 25 mm (1"), de operación manual, en ella se retendrán ciertos desechos tales como trozos de plástico, cartón, madera, trapos y otros residuos similares. El desarenador es de tipo hidráulico, de flujo horizontal, en donde la velocidad de sedimentación (de la partícula discreta) que es menor que la de arrastre, se propicia con un vertedor rectangular, que mantiene la misma velocidad para un gasto constante; se espera que decanten arenas, rebabas y materiales similares.

Una vez que el agua residual pasa por el desarenador ya está libre de materiales abrasivos, pesados y gruesos que puedan obstruir o dañar los elementos de alimentación de aire del reactor y otros dispositivos del resto de las unidades de la PTAR.

El pretratamiento es una estructura de concreto armado y estará incrustado en la losa de cubierta del cárcamo, los canales miden 0.30 m de ancho y, toda la estructura mide 1.05 m de ancho por 3.18 m de largo. Los canales, en la parte del desarenador, tienen una tolva en el fondo, en la que se acumulan los materiales que sedimentan, y que se descargarán traspaleándolos.

Los canales se utilizarán alternadamente, trabajará uno en tanto se limpia y se da mantenimiento al otro, los canales se seccionan con agujas de madera.

REACTOR (TANQUE DE AIREACIÓN)

El Reactor o tanque de aireación es la unidad central del proceso, es una estructura rectangular de concreto armado, generalmente de 4 m de profundidad. Aquí las aguas residuales y los lodos activados (licor mezclado) reciben aire, inyectado desde el fondo, que mantiene en suspensión los lodos y suministra el oxígeno que requieren los organismos depuradores para sus procesos metabólicos.

Son dos los conceptos básicos de diseño de esta unidad, el volumen (Vol) expresado en M^3 y el tiempo de retención (Tr) expresado en horas. Si bien son diversos los datos que entran en juego, el volumen está determinado por: el t_c , en días (tiempo de residencia celular), Y en d^{-1} (constante de reacción) S_o y S en mg/l (DBO_5 de efluente e influente), X en mg/l (sólidos en el reactor) y K_d en d^{-1} (constante de decaimiento). La determinación del oxígeno requerido (O_2) la carga volumétrica (C.V.), la relación F/M (alimento/microorganismos) y el cálculo de lodos de recirculación y desecho, son otros aspectos relevantes del diseño.

El tanque cuenta con dos canaletas interiores una de entrada y otra de salida, y en el fondo se tienen los difusores que están instalados en las tuberías de alimentación de aire. En las canaletas se tienen vertedores que propician la distribución equitativa de los caudales de entrada y salida.

En los planos **TANQUE DE AIREACIÓN** se presentan las características de estas unidades y los detalles de los elementos que las complementan.

Los caudales de aguas residuales y lodos de retorno llegan al pozo de alimentación que se tiene en el centro de la canaleta de entrada y de ésta vierten al tanque. En el fondo, junto al muro, se tiene el cabezal de suministro de aire y de éste se desprenden ramas perpendiculares, separadas aproximadamente a 1 m, que cubren todo el fondo; es en los ramales en donde están instalados los difusores son de burbuja fina, que son de tipo plato.

Sistema de Suministro de Aire

El sistema de suministro de aire consta básicamente del soplador en el que se genera el flujo de aire, las líneas de conducción de aire y los difusores, tipo plato. El soplador se aloja dentro de un gabinete, e incluye, silenciador, filtro y otros elementos de medición y control. Sus principales características son: capacidad de 240 m³/h (140 CFM), presión de 900 mbar (g), (13 PSI), motor de 11 kW (15 BHP).

En el plano **SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AIRE Y CLORACIÓN** se presentan los detalles y características de los elementos que los integran.

CLARIFICADOR

En esta unidad básicamente se separa el agua residual tratada de los lodos activados. Los lodos sedimentan y se bombean constantemente al reactor y eventualmente se desechan y, el agua tratada va a la unidad de desinfección. Hay dos conceptos básicos en el diseño de esta unidad, la carga superficial expresada en M³xM²/día y el tiempo de retención, expresado en horas, el primer concepto se refiere la volumen diario que puede ser manejado en la estructura y el segundo al tiempo que permanece el caudal en la unidad; a partir de ambos datos se determinan las características de la unidad, tales como área, profundidad y carga sobre el vertedor.

Otro concepto complementario se refiere a la revisión del sedimentador por carga de lodos, que consiste en determinar la cantidad de lodos del efluente y del influente, expresadas como *SST_i* y *SST_e*, en mg/l, cuya diferencia sería la cantidad de lodos a tratar.

El tanque es rectangular, de concreto armado, con fondo de tipo tolva. La profundidad de la parte recta es del orden de 3 m y la de la tolva es de 0.83 m. En la zona de entrada el tanque tiene una mampara que llega hasta 1/3 del inicio del fondo atollado y en la salida se tiene la canaleta de recolección a la que vierte el agua tratada.

El muro de entrada y la mampara forman una franja profunda de 0.40 m de ancho, en esta zona, natas, espuma y residuos de materiales flotantes forman un sobrenadante que permanece en la superficie, manualmente se junta en una charola recolectora, y se tira en el cárcamo de bombeo de lodo, cuando se descarga el lodo de desecho. También se puede descargar en el cárcamo de bombeo del agua cruda.

En los planos **CLARIFICADOR Y TANQUE DE CONTACTO DE CLORO**, se tiene la configuración de esta unidad y la de sus elementos complementarios.

La mampara es un elemento primordial ya que propicia la sedimentación del lodo debido al área que interpone al flujo. La mampara encamina el flujo de agua y lodo hacia el fondo para que cruce el área del tanque, en este trayecto sedimentan los lodos y el agua tratada vierte superficialmente. Los muros del fondo son inclinados, y se forman un segundo colado, la pendiente es de 0.6:1 que propicia que los lodos se deslicen hacia el fondo, en donde se juntan y pasan al cárcamo de bombeo, del que se recirculan o desechan.

TANQUE DE CONTACTO DE CLORO

En esta unidad el caudal tratado se desinfecta, aplicándole una solución clorada, el contenido de organismos indicadores (coliformes en PPM/l) del agua tratada es muy alto, por lo que se debe reducir hasta alcanzar valores de orden de 250 col NMP/1000 ml. El mecanismo de reducción lo genera la acción del ácido clorhídrico sobre los microorganismos, en este caso una dosificación de 6 PPM de hipoclorito de sodio al 13 % se aplicaría al caudal tratado. Por otra parte una relación largo ancho de 40:1 y/o un tiempo de retención de 30 minutos del caudal son recomendados, si bien el almacenamiento y la conducción contribuyen al cumplimiento de tales condiciones.

El tanque es rectangular, de 0.95 m de ancho, 3.35 m de longitud y 2.67 m de profundidad, es de concreto armado y cuenta con dos mamparas longitudinales, que se desprenden alternadamente de cada uno los muros laterales, y que no llegan al muro de enfrente, con lo que se forma un canal, en el que el caudal tratado entra en contacto con el cloro y se lleva a cabo la reducción bacteriana. Véanse planos **CLARIFICADOR Y TANQUE DE CONTACTO DE CLORO**.

Sistema de Cloración

El caudal se desinfectará suministrando al caudal tratado una solución de hipoclorito de sodio, que se aplicará en el vertedor de entrada del tanque de contacto de cloro.

Cerca del cárcamo de bombeo se tiene, delimitada con medios muros, el área del sistema de cloración, en la que se almacenará el reactivo y realizará la mezcla. El hipoclorito se presenta en porrones de 19 l/s y se mezclará (con agua) manualmente, en un contenedor de polietileno de 200 lts, de éste se succionará la solución, que mediante el equipo de dosificación, de 100 lpd y 110 psi, se enviará al punto de aplicación. Véase plano **SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE Y DESINFECCIÓN**.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y CARCAMO DE BOMBEO

El tanque de almacenamiento recibe el caudal tratado y desinfectado que le llega del tanque de contacto de cloro. Aquí se tienen instalados los equipos de bombeo del sistema de riego y de conducción a la zona distante de llenado de pipas.

Entre las estructuras que integran la planta de tratamiento y el tanque de almacenamiento se tiene una galería en la que se localizan los cárcamos de bombeo de lodos y otras líneas de interconexión.

El tanque de almacenamiento será de concreto armado, de 6.95 m de ancho 5.50 m de largo y 2.35 m de profundidad, sobre la mayor parte de la losa de cubierta se tendrá un terraplén que será parte de la superficie del parque.

En los planos **TANQUE DE AGUA TRATADA** se presentan las características y configuración de esta unidad.

10.1.2 FLUJO DE AGUA

LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN

Las líneas de interconexión son las tuberías, elementos de control y dispositivos que propician la continuidad del flujo entre las unidades que integran la PTAR, se incluyen tuberías que conectan los tanques, canaletas adosadas a éstos, vertedores y líneas de bombeo, entre otros elementos.

En este caso se tienen 2 trayectos de interconexión principales; **el trayecto del agua**, que inicia en la caja de derivación (del colector) y finaliza en el tanque de agua tratada (o en las tuberías de riego), y **el trayecto de los lodos**, que principia y finaliza en el reactor.

La tubería de recirculación de lodos opera por bombeo entre el cárcamo del clarificador y el reactor y, por gravedad entre éste y el cárcamo (del clarificador); la línea de desecho de lodos que va del cárcamo al colector también opera por bombeo.

Por otra parte las líneas de alimentación de aire y de la solución de cloro también son relevantes, además se tiene la línea de descarga de agua tratada que va al río.

En el plano **LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN** se presenta la localización de las tuberías y elementos de interconexión y sus características.

El caudal se deriva del colector y se envía al cárcamo mediante una tubería de acero, de 15 cm de diámetro, de aquí se bombea al pretratamiento a través de una tubería de acero de 50 mm, (2") $\varnothing$. El caudal pasa por las rejillas, cruza el desarenador y descarga en la caja de repartición y de aquí pasa a los reactores por tuberías de acero de 100 mm (4") de diámetro.

En esta parte las estructuras presentan ciertas particularidades, el gasto que llega al cárcamo es variable, aunque solamente se bombearán 3.50 l/s, por lo que en las unidades de proceso no se tendrán variaciones mínima ni máxima, además la velocidad en el desarenador no se controlará con un vertedor proporcional puesto que el gasto será constante.

El caudal ingresa al reactor por la canaleta de entrada, que se encuentra adosada y dentro del tanque, la tubería que llega del pretratamiento descarga en el fondo del pozo de alimentación, que se ubica a la mitad de la canaleta; el caudal pasa ésta al tanque a través de un vertedor triangular múltiple (dentado); una vez que el caudal cruza el reactor vierte a la canaleta de salida, que es similar a la anterior, mediante un vertedor triangular múltiple (dentado); el flujo pasa de la canaleta al clarificador a través de 5 orificios (tubos) de 10 cm de diámetro. Por otra parte, al pozo de alimentación también llegan los lodos de retorno del cárcamo del clarificador.

Los vertedores deberán estar bien nivelados para que la distribución del caudal sea uniforme a lo largo de la canaleta. En esta unidad como en las otras, los vertedores y consecuentemente las canaletas, subsecuentemente están en niveles más bajos, para propiciar que el flujo sea por gravedad.

El caudal entra al clarificador por la zona de separación, que es una franja delimitada por una mampara que llega hasta 1/3 del fondo del tanque, una vez que atraviesa el clarificador vierte a la canaleta de recolección, que está adosada y por dentro del sedimentador. El caudal entra a la canaleta por medio de un vertedor similar a los

anteriores y sale de ésta, para entrar al tanque de contacto de cloro (TCC) por un vertedor rectangular de 45 cm de ancho.

El tanque de contacto de cloro funciona como un canal en el que el flujo se da a lo largo de las mamparas, el caudal sale del TCC y pasa al tanque de almacenamiento de agua tratada, a través de una tubería de acero de 100 mm (4") de diámetro, que se localiza en la parte alta del TCC, con lo que se mantiene el tirante de aproximadamente 2.10 m.

Del tanque de almacenamiento, que se utiliza como cárcamo, el caudal se bombea a la zona de riego del parque, y al cárcamo distante, en los 2 casos las tuberías de conducción serán de acero de 75 mm (3") de diámetro.

10.1.3 FLUJO DE LODOS

Los lodos activados pasarán del fondo del clarificador, al cárcamo de bombeo de lodos, por una tubería de acero de 100 mm (4") $\varnothing$, de éste se bombearán al pozo de alimentación de la canaleta de entrada del reactor. Véase plano **LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN**.

El exceso de lodos del reactor se descargará al colector existente, a través de una tubería de acero de 75 mm (3") $\varnothing$.

10.2 PROYECTOS COMPLEMENTARIOS

Los proyectos electromecánico y estructural son trabajos complementarios e indispensables, que deben desarrollarse para lograr el funcionamiento de la PTAR.

PROYECTO ELECTROMECAÁNICO

El proyecto electromecánico se refiere al diseño de la red de energía eléctrica que alimentará la planta de tratamiento y a la selección y revisión de los equipos mecánicos de proceso. En este caso se incluyen línea de alimentación de energía eléctrica, subestación, red de fuerza, red de tierras, elementos de control y conexiones mecánicas y eléctricas de los equipos.

El proyecto electromecánico incluyó el diseño de las instalaciones eléctricas y las conexiones mecánicas necesarias para el funcionamiento de la PTAR, tales como del equipo de bombeo de agua residual, del soplador, utilizado para suministrar aire al reactor, de la dosificadora del sistema de cloración, de las bombas de descarga del agua tratada, y de las equipos de recirculación y desecho de lodos. El proyecto electromecánico no se incluye en este trabajo de tesis.

PROYECTO ESTRUCTURAL

Todas las unidades y elementos que integran la planta (PTAR) se diseñaron estructuralmente de acuerdo a la reglamentación vigente y a las recomendaciones de la literatura especializada. El proyecto estructural incluyó cajas, cárcamos de bombeo, pretratamiento, tanques de proceso, muros de contención, losas y la semi-cubierta, entre otros elementos. El proyecto estructural no se incluye en este trabajo.

Los elementos estructurales del arreglo arquitectónico del parque urbano tales, como los puentes de la trotapista, las pérgolas, las cubiertas y demás elementos que se encuentran en las diversas áreas se diseñaran en en proyecto estructural diferente al de la PTAR.

ARREGLO ARQUITECTÓNICO DE CONJUNTO, PTAR

La planta de tratamiento será subterránea, se situará a unos 2 m bajo el nivel de piso y tendrá una losa de cubierta que sobresaldrá del orden de 1 m de la superficie del parque. En partes de los muros que sobresaldrán se instalaran ventanas para ventilar e iluminar naturalmente la especie de sótano en que se localizan las unidades de proceso que integran la PTAR.

Se ingresará a las instalaciones de la planta de tratamiento por una caseta desplantada en la superficie, en la que se ubicará una escalera para acceder (bajar) al área de la planta.

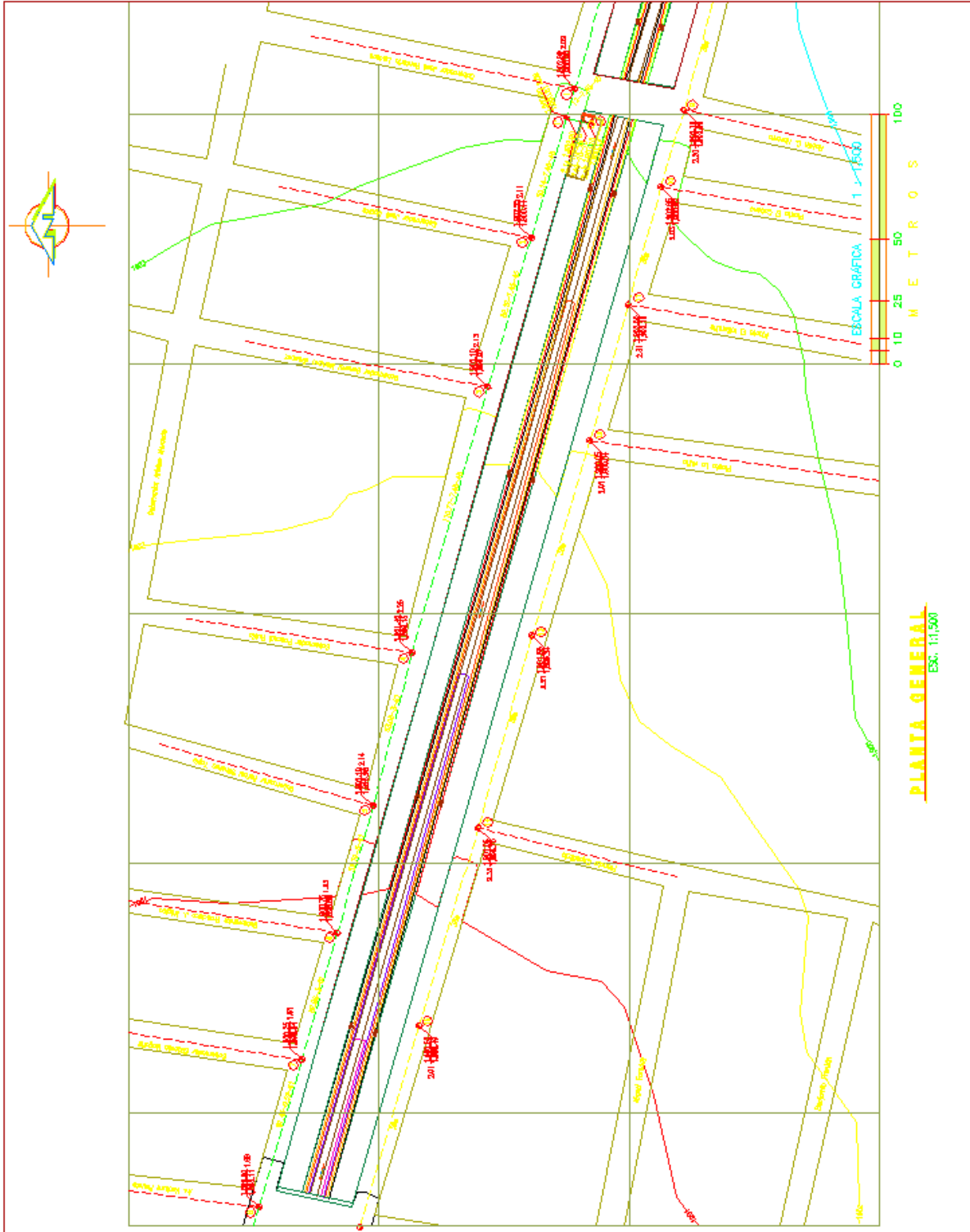
La planta se compone de 2 módulos colindantes y las unidades de proceso, de cada módulo, estarán adosadas una a la otra, exceptuando el tanque de almacenamiento de agua tratada, que estará separado por un pasillo, en que se tienen tuberías de interconexión y otras instalaciones de proceso.

Sobre el muro que separa los módulos se tiene un andador por el que se puede acceder a todas las unidades de proceso.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El manual de operación y mantenimiento de la PTAR, es un documento que contiene los procedimientos esenciales para operar y dar mantenimiento a las unidades que integran la planta, y está destinado a los operadores y al responsable de la prestación del servicio.

Contempla los procedimientos de operación rutinaria de las unidades y equipos de proceso, la operación en condiciones extraordinarias, los procedimientos para arranque, puesta en operación y paro de la planta, los lineamientos del mantenimiento programado y correctivo de los equipos, e incluye los manuales de seguridad e higiene. El manual de operación y mantenimiento no es parte de este trabajo de tesis.



ESTUDIO DE REUBRICACIÓN DE PÍRAMA INTERNA Y PROYECTO SANEAMIENTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)

ORDEN DE LOCALIZACIÓN

GEOMETRÍA

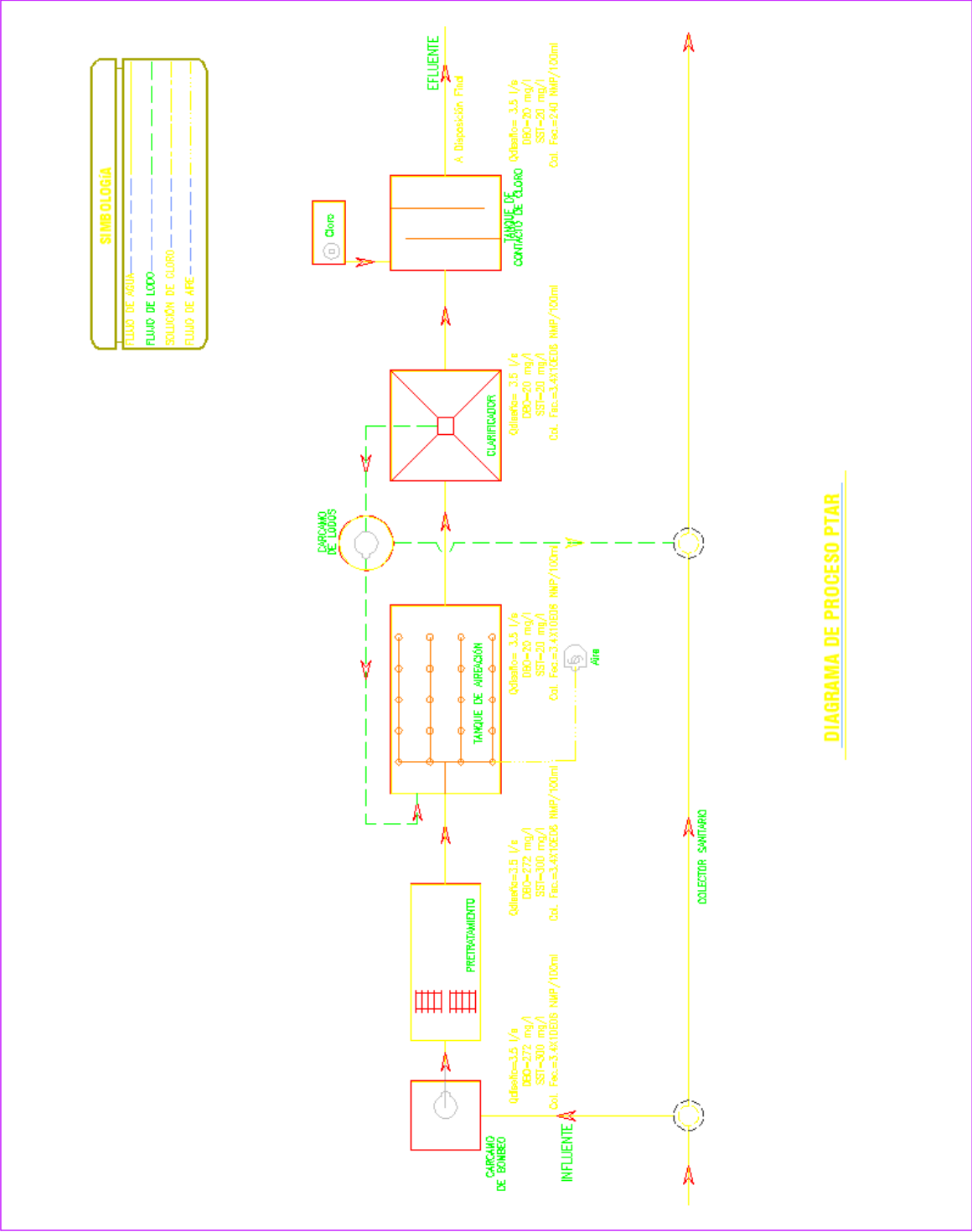
LÍNEAS EXISTENTES:
 COLECTOR EXISTENTE 15" ϕ E
 POZO DE VISITA EXISTENTE 0.001.000
 ELEVACIÓN DE TERRENO 0.002.000
 PROFUNDIDAD DE PLANTILLA 1.40
LÍNEAS DE PROYECTO:
 ATALAYA SUBCOLECTOR
 POZO DE VISITA
 MONEDERO DE POZO DE VISITA 12.50-34-20
 LONG.-FEDIC-044 (m-milla-cm)

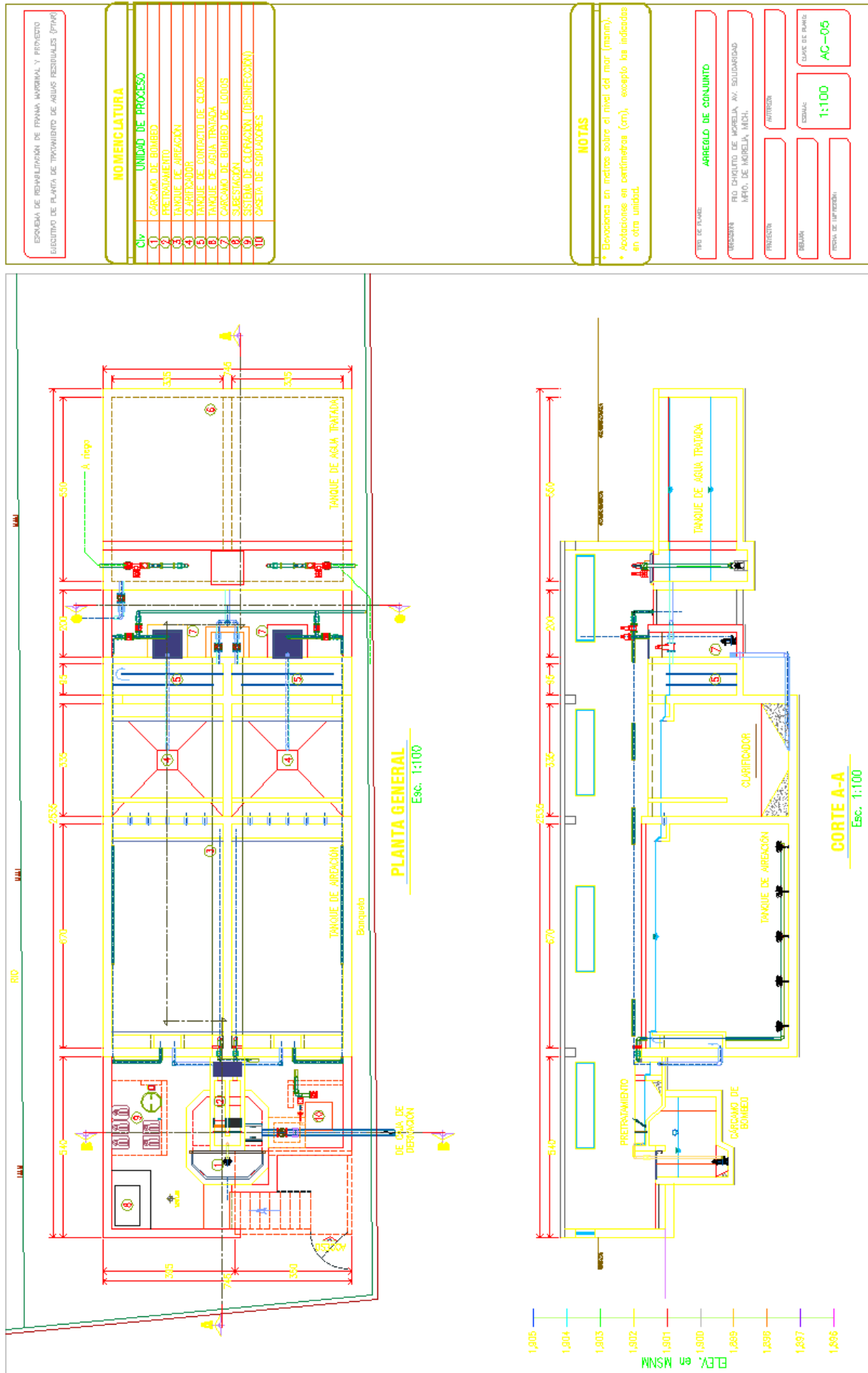
NOTAS

1. Elevaciones en metros sobre el nivel del mar (msnm).
 2. Aproximación en centímetros (cm), excepto las indicadas en otra unidad.

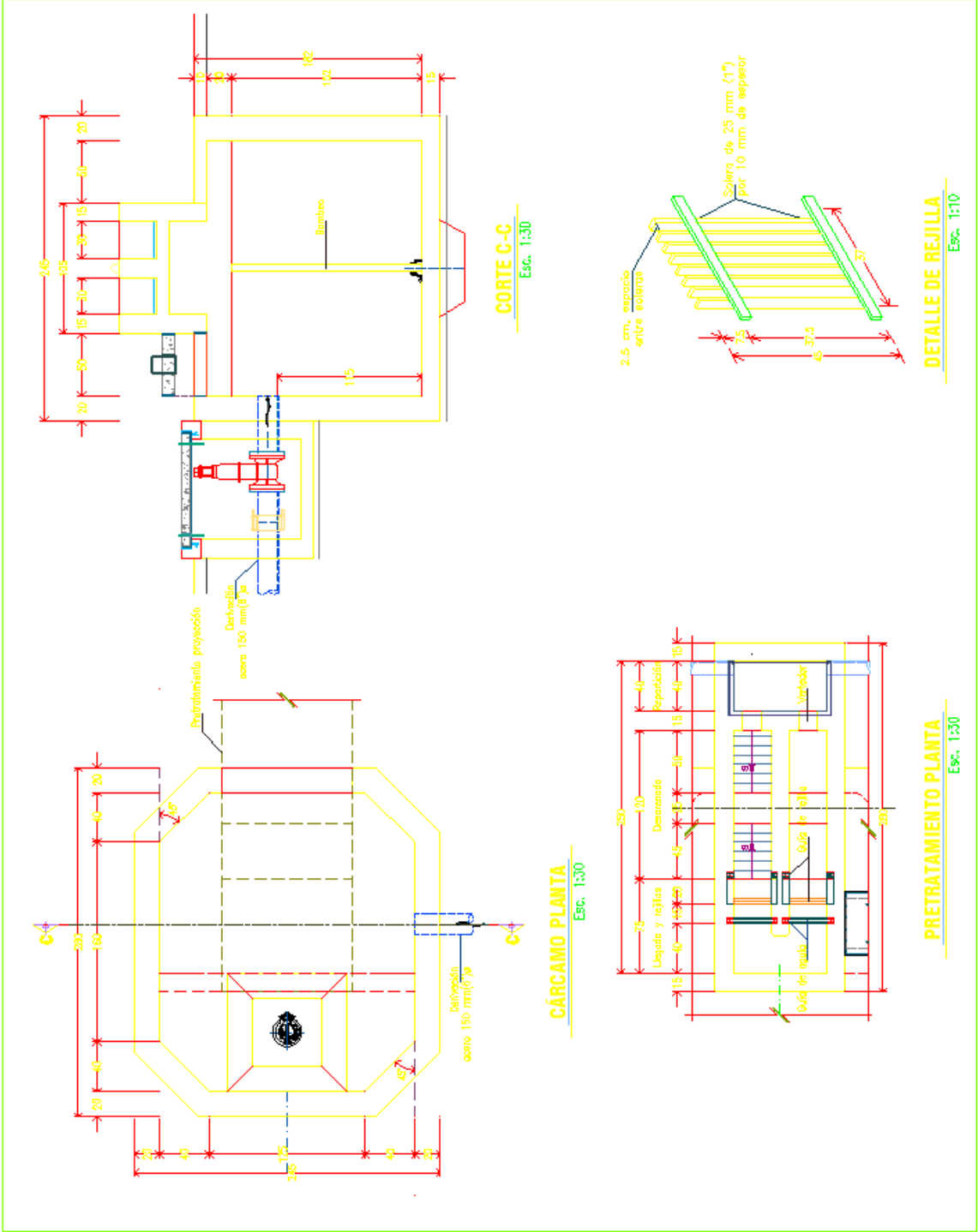
FECHA DE ELABORACIÓN: **ALCANTARILLADO EXISTENTE Y DERIVACIÓN**
 ELABORADO: **PROYECTO DE AGUILLAS, AL BILBAO**
 REVISADO: **PROYECTO DE AGUILLAS, AL BILBAO**
 APROBADO: **PROYECTO DE AGUILLAS, AL BILBAO**
 ESCALA: **1:1,500**
 FECHA DE ENTREGA: **AED-02**

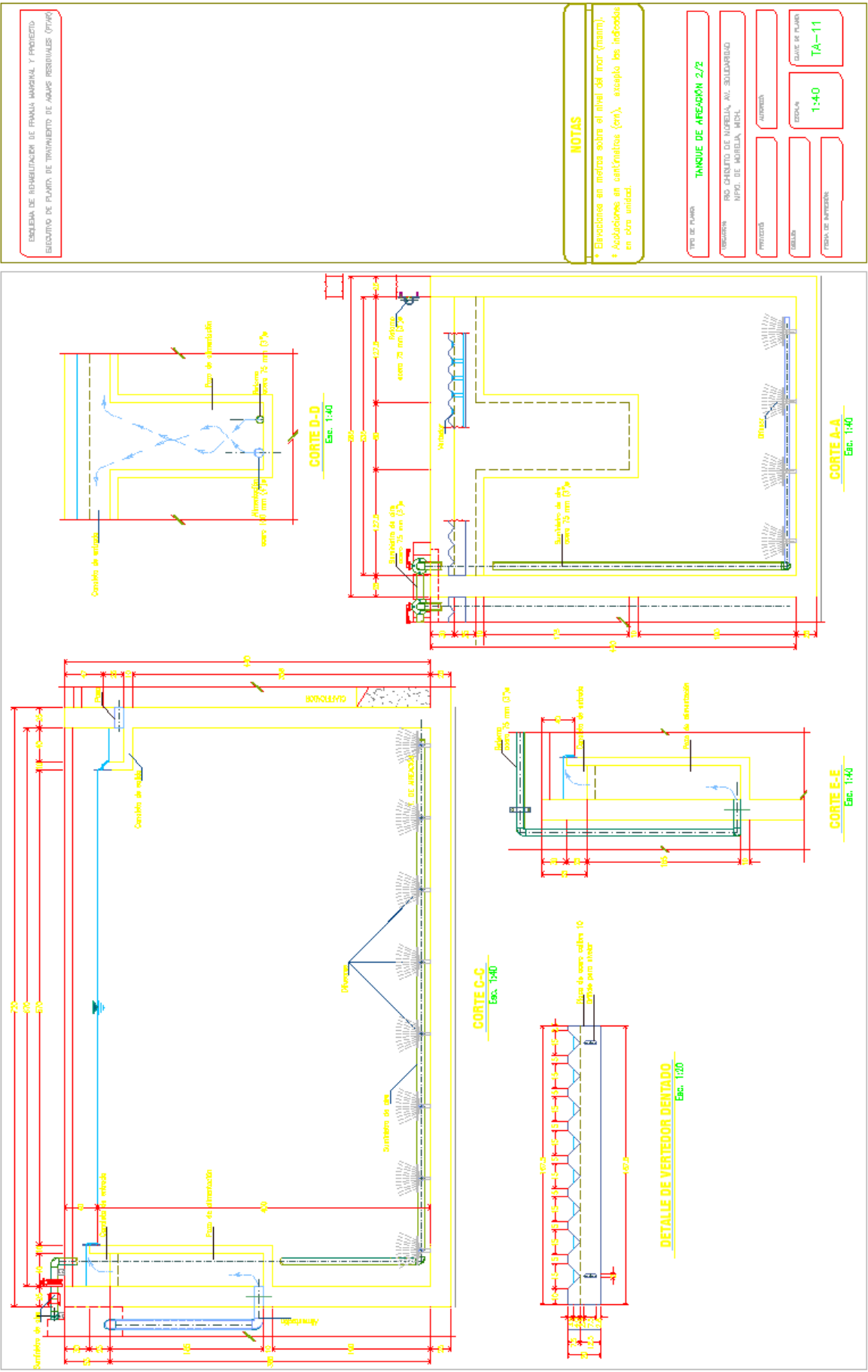
ESQUEMA DE REMEDIACIÓN DE TRAMPA INAFINAL Y PROYECTO EJECUTIVO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)		
DATOS DE PROYECTO		
CONCEPTO	VALOR	UNIDAD
CARGAMO DE BOMBEO		
Tr (Tiempo de retención)	30	min.
Volumen	6.30	m ³
Caudal de diseño (bomba)	3.50	l/s
PRETRATAMIENTO		
REJILLAS		
Número de unidades	2	
Canto de diseño	3.50	l/s
Velocidad de aproximación	0.60	m/s
DESARENADOR		
Número de unidades	2	
Canto de diseño	3.50	l/s
Diámetro de partícula diseñada	0.15	mm
Velocidad de sedimentación	0.016	m/s
Velocidad horizontal	0.068	m/s
Tr (Tiempo de retención)	12	seg
TANQUE DE AIREACIÓN		
Número de tanques	2	
Canto de diseño	3.5	l/s
DBO influente	272	mg/l
DBO efluente	30	mg/l
Concentración de sólidos volátiles en lócul mezclados	3,500	mg/l
Relación de carga de nitrificación	100	%
Gasto de nitrificación	3.5	l/s
Concentración de sólidos volátiles en nitrificación	7,000	mg/l
Tr (Tiempo de retención)	14.89	hrs
Volumen por módulo	59	m ³
Requisitos mínimos de oxígeno	33	kgO ₂ /día
Producción de lodos en exceso	2.31	m ³ /d
CLARIFICADOR		
Número de unidades	2	
Caudal de diseño	3.5	l/s
Carga superficial	27	m ³ /m ² /d
Tr (Tiempo de retención)	2.87	hrs
Caudal de nitrificación	3.5	l/s
Caudal de desechos	2.31	m ³ /d
TANQUE DE CONTACTO DE CLORO		
Caudal	3.5	l/s
Tiempo de contacto	30	min.
Desinfección	6	mg/l
TANQUE DE AGUA TRATADA		
Número de tanques	2	
Gasto por tanque	3.5	l/s
Volumen	75.60	m ³

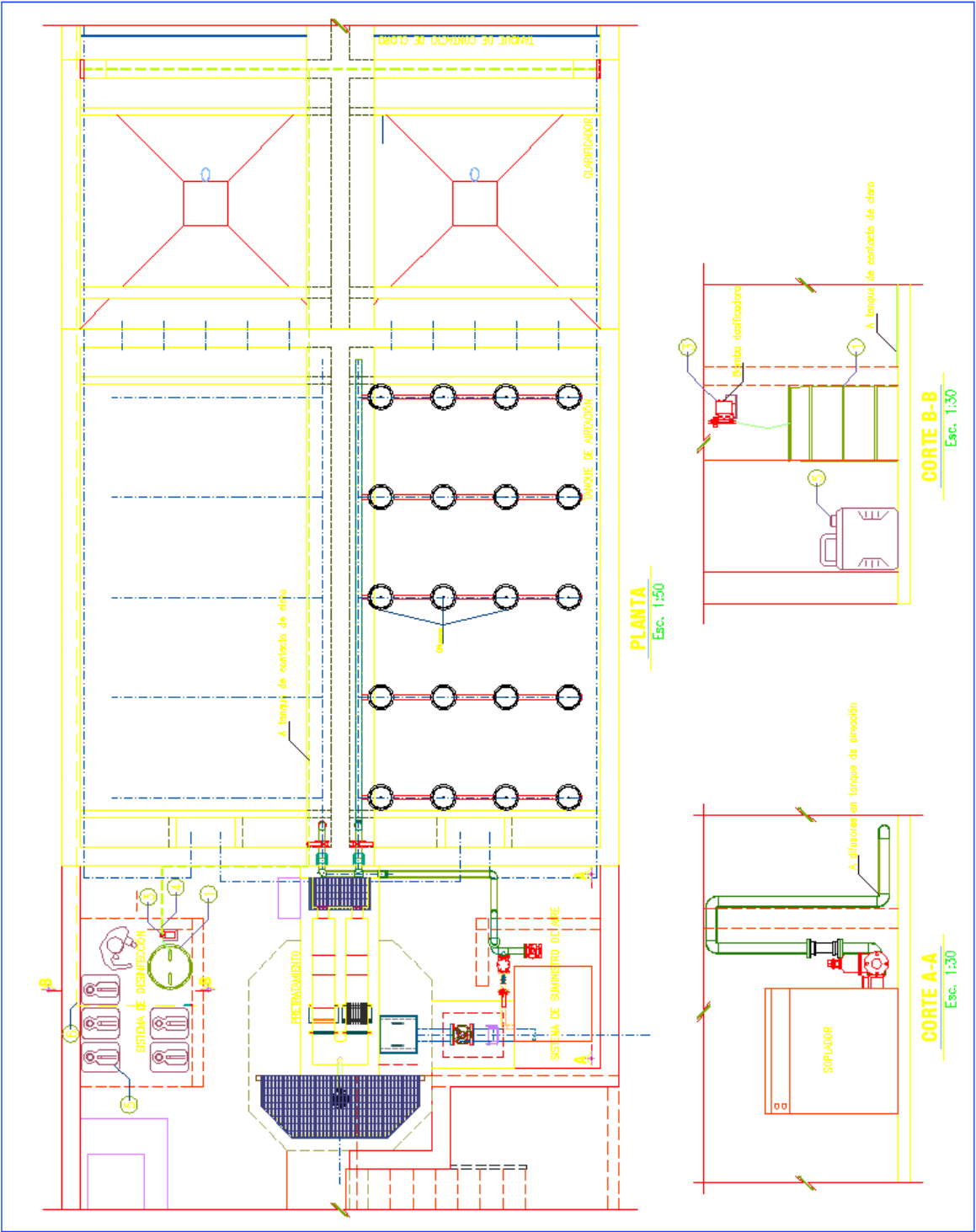




ESCUELA DE REMEDIACIÓN DE PISCINA AMBIVITAL Y PROYECTO ESTUDIO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PROY)		NOTAS * Elevaciones en metros sobre el nivel del mar (mnm). * Mediciones en centímetros (cm), excepto las indicadas en otra unidad.	
TÍTULO DEL PLANO CÁRCAMO Y PRETRATAMIENTO 2/2	AUTORIA PROYECTO DE CÁRCAMO DE AGUAS RESIDUALES APTA. DE MUEBLAS MEX.	PROYECTISTA AUTORES	ESCALA 1:30 CP-D8
FECHA 15/05/2024	LUGAR DE ELABORACIÓN MEXICO	REVISOR 15/05/2024	REVISOR 15/05/2024



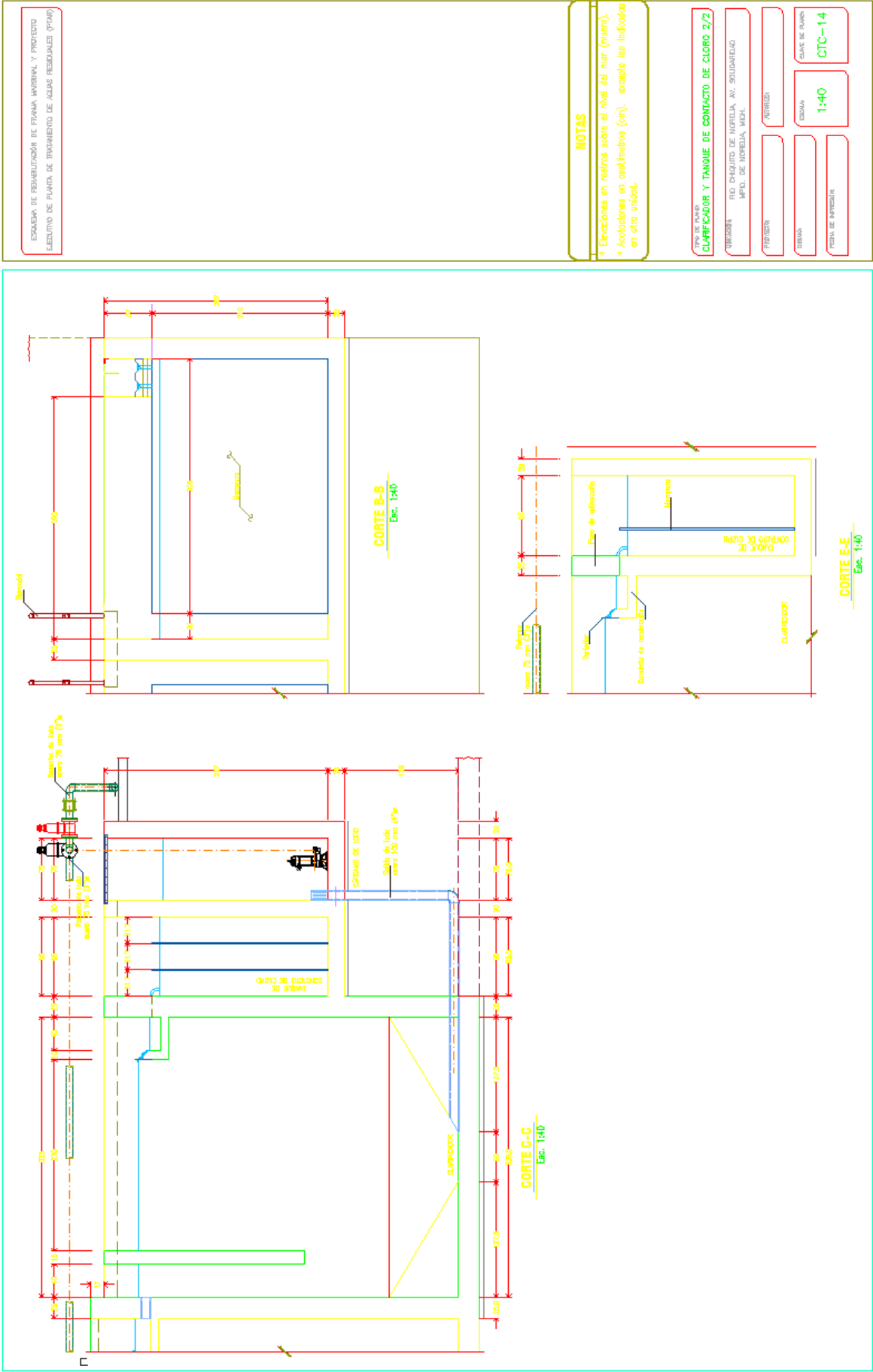




ESCUELA DE REMEDIACIÓN DE FRONTERA MARGINAL Y PROTECTOR CENTRO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PAPO)	
NOMENCLATURA:	
1. Tanque de solución de hipoclorito de sodio, capacidad de 200 litros.	
2. Módulo de pie.	
3. Suma de solución, para suministrar hasta 100 l/d y vencer una contrapresión de 110 PSI.	
4. Tubería tubing de polietileno de 6 mm (1/4") 125 PSI.	
5. Borón de hipoclorito de sodio.	
6. Tubo de PPR tubo plus de 20 mm (1/2").	

NOTAS	
* Elevaciones en metros sobre el nivel del mar (msnm).	
* Aproximaciones en centímetros (cm), excepto las indicadas en otra unidad.	

SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AIRE Y DESINFECCIÓN	
TITULO: PROYECTO DE MAQUETA, AV. SANTIAGO NPO. DE MORELIA, MICH.	
PROFESOR: []	ALUMNO: []
FECHA: []	ESCALA: 1:50
CLASE DE UNIFORMIDAD: []	CLASE DE PAPER: SAD-12



ESQUEMA DE REMEDIACIÓN DE FANALIA MARINERA Y PROYECTO
ESQUEMA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)

NOTAS

- * Elevaciones en metros sobre el nivel del mar (mnm).
- * Aislaciones en centímetros (cm), excepto las indicadas en otra unidad.

TIPO DE PLANTA: TANQUE DE AGUA TRAYADA 3/3

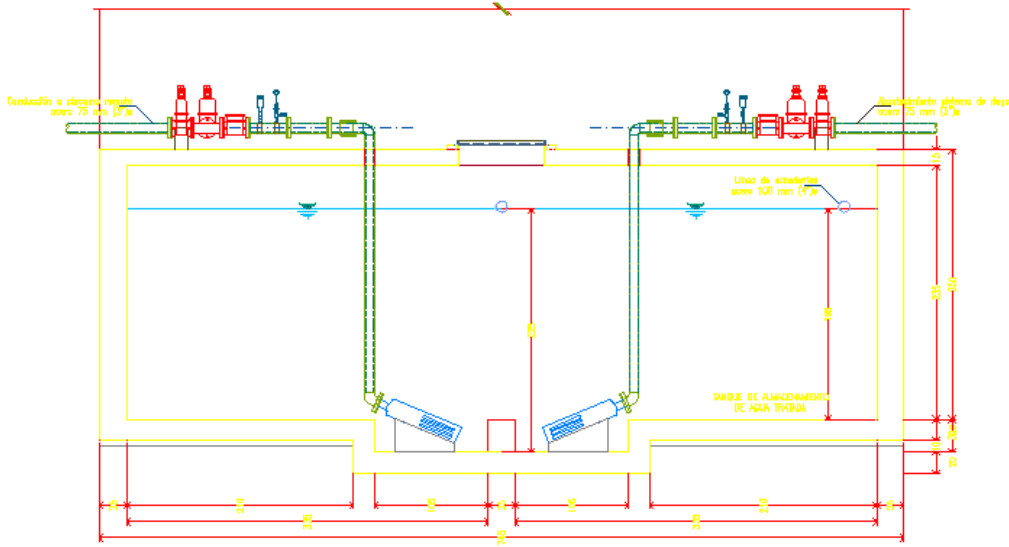
IMPEDIM: RPO CHUQUITO DE NOVELLA AV. SOLORIO
Nº 100 DE NOVELLA, MOCH.

PROYECTO: AUTOREG.

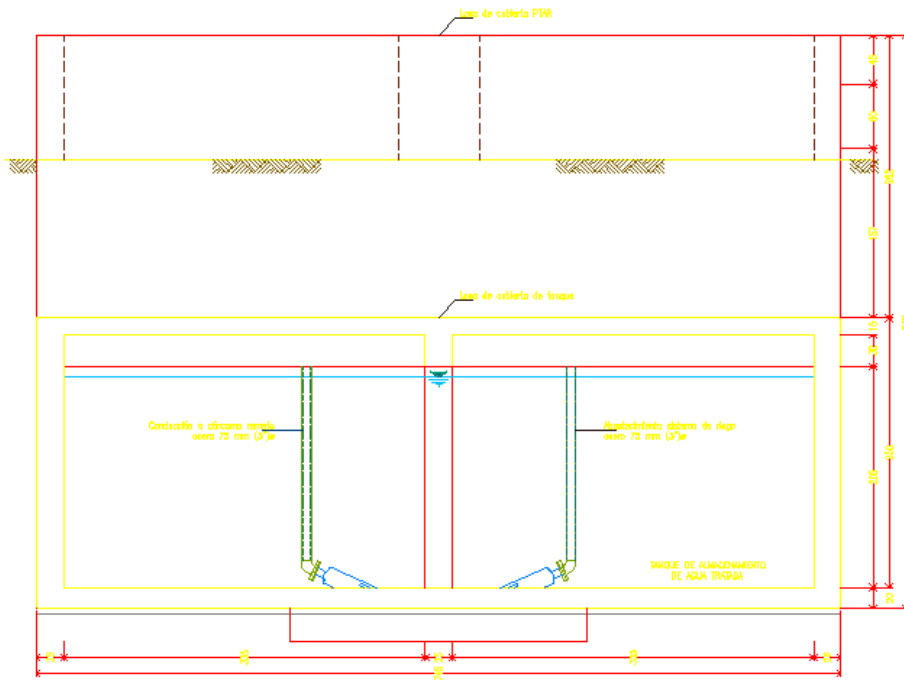
ESTADO: TAI-17

ESCALA: 1:40

FOLIO DE AUTOREG.



CORTE B-B
Escala: 1:40



CORTE C-C
Escala: 1:40

CONCLUSIÓN

Las plantas de tratamiento de aguas residuales traen sin duda grandes beneficios a la población y al medio ambiente; en general las descargas de aguas residuales a cielo abierto constituyen focos de severa contaminación que causan daño a la salud de la población, principalmente de la que se asienta cerca de éstas que siempre es la más desprotegida, y propician el deterioro de su entorno natural. Además de los daños de impacto inmediato tales como generación de olores nauseabundos, proliferación de insectos, contaminación de alimentos, alergias en la piel, enfermedades gastrointestinales, enfermedades virales, se propicia la degradación de las fuentes de abastecimiento de agua potable ya sean superficiales o subterráneas.

A partir de la experiencia obtenida durante el desarrollo de este trabajo se obtienen 2 conclusiones principales:

1).- En el caso de la planta de tratamiento de aguas residuales que se aborda en este trabajo los beneficios que traerá consigo, son diferentes a los señalados antes, siendo aún mayores ya que dará viabilidad al parque lineal, que es un lugar para el encuentro, integración y convivencia de la comunidad. Específicamente servirá para el acondicionamiento físico, para la práctica de actividades recreativas, para el desarrollo de eventos culturales y simplemente para descansar y compartir con la familia y con la comuna.

En este sentido, la calidad del agua tratada en la PTAR se podrá utilizar en todas las instalaciones que integran el parque, e incluso en zonas distantes en las que usará para riego de áreas verdes.

2).- La selección del proceso y la integración de las unidades que forman la PTAR son óptimas, incluso parte de su estructura se integra a las obras del parque, ya que se utilizará como explanada para el desarrollo de actividades artísticas. Se aprovechan al máximo los beneficios del proceso de aireación extendida ya que el agua que se obtiene en este tipo de plantas es de gran calidad y cumple con la normatividad establecida y, por otra parte, se elimina el tratamiento de lodo, que es la fase de proceso que mayores problemas causa en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

El hecho de que la planta de tratamiento opere con un gasto de aguas residuales constante, sin variaciones mínimas y máximas, en parte, propiciaría que el caudal tratado sea de calidad superior a la esperada. Además sin las variaciones de gasto la eficiencia de los equipos sería la más adecuada, superior a la que se alcanza en plantas que reciben la descarga de emisores.

La descarga del lodo, parcialmente digerido, al colector existente, no es una práctica inadecuada ya que el volumen que se descargará es poco y su calidad es mejor que la de las aguas residuales.

Cuando el agua tratada se va a utilizar para servicios al público es necesario asegurar que su calidad no ponga en riesgo las condiciones de salubridad de la población. Lo anterior se logra con el proceso de aireación extendida, que si se opera responsablemente, tiene una alta eficiencia en cuanto a remoción de DBO_5 , sólidos suspendidos y organismos patógenos.

El proceso de aireación extendida necesita de instalaciones bien equipadas y del suministro de energía eléctrica y cloro, repuestos para los equipos mecánicos y personal capacitado y responsable para asegurar que las instalaciones son operadas y mantenidas correctamente.

BIBLIOGRAFÍA

Ref 1

MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York

2

Ref 2

DESIGN OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS VOLUME I

WEF Manual of Practice No. 8 (MOP 8)

Ref 3

WASTEWATER ENGINEERING TREATMENT, DISPOSAL AND REUSE

Metcalf and Eddy, inc.

Mc Graw-Hill Series in Water Resources and Enviromental Engineering

Ref 4

HIDRÁULICA GENERAL VOLUMEN I

Gilberto Sotelo Ávila

Ed. Limusa