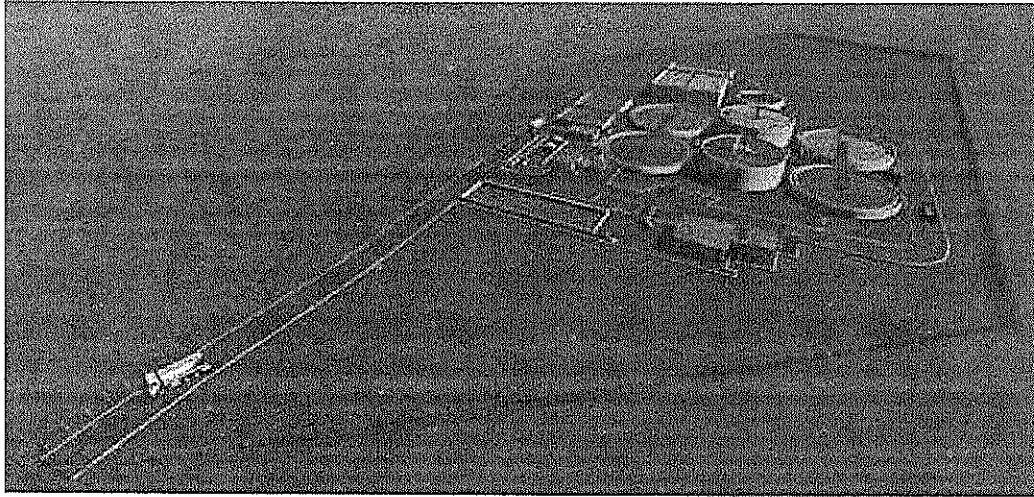




C. Arreglo general de la planta de tratamiento



Arreglo en Planta de la PTAR San Juan de los lagos

D. Diagrama de flujo de proceso

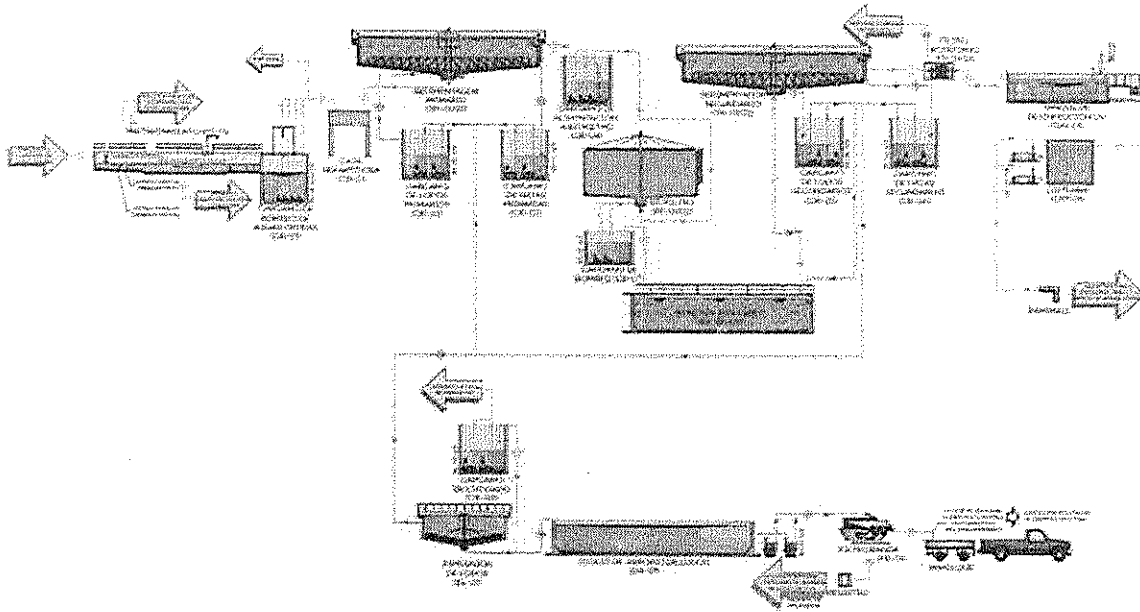


Diagrama de Flujo de Proceso

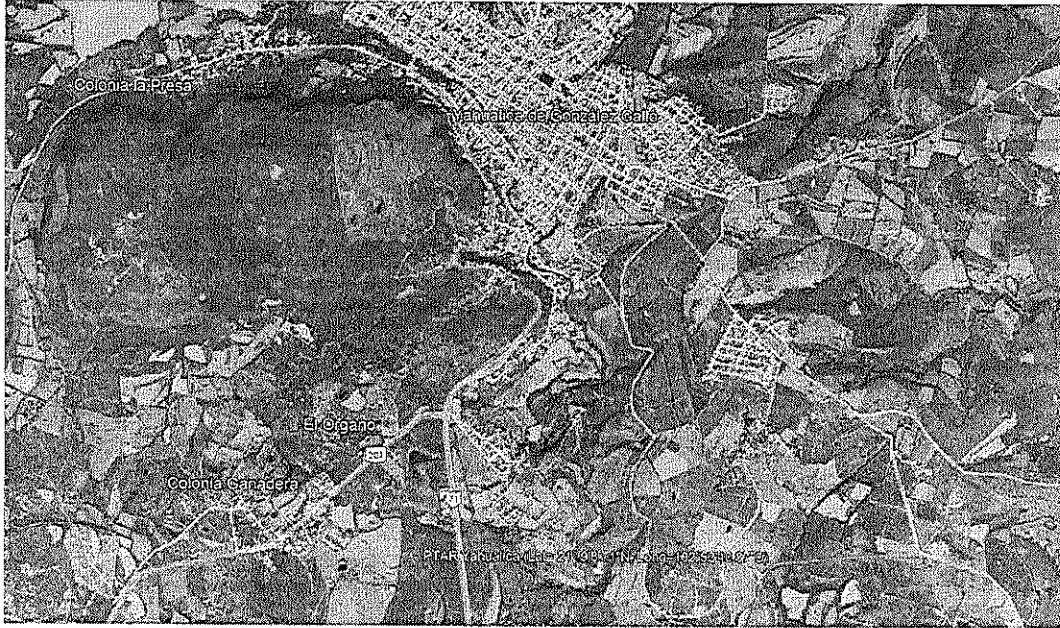
Handwritten signatures and initials are present on the right side of the page, including a large signature at the top right and several smaller ones below it.



### 3. Yahualica de González Gallo

La PTAR se localiza fuera de la zona urbana correspondiente a la Cabecera Municipal de Yahualica de González Gallo. Las coordenadas son las siguientes:

Lat. 21°09'09.27" N; Long. 102°52'40.7" O.



Ubicación de la PTAR Yahualica

La planta de tratamiento de aguas residuales de Yahualica, recibe las aguas residuales recolectadas en la Red Sanitaria principalmente de la Cabecera Municipal de Yahualica de González Gallo, Jalisco.

El caudal nominal de diseño es de 45 l/s, el agua residual tratada cumple con los "límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales" establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, para cuerpo receptor tipo "C". El agua residual tratada será parcialmente reutilizada en procesos de riego y mantenimiento de áreas verdes.

Así mismo, los lodos deberán cumplir con los establecido en la NOM-004-SEMARNAT.2002, Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para el aprovechamiento y disposición final de lodos y biosólidos".

Las características de la corriente de agua residual influente se presentan en la siguiente tabla:

Handwritten signatures and marks on the right side of the page.



Parámetro	Unidades	Influyente
Alcalinidad	mg/L	290.57
pH	Unidades	7.07
Grasas y Aceites	mg/L	47.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	2.88
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	293.57
DBO <sub>5</sub> Total	mg/L	238.57
DBO <sub>5</sub> Soluble	mg/L	57.57
DQO Total	mg/L	539.86
DQO Soluble	mg/L	149.14
Nitrógeno Total	mg/L	38.43
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	24.20
Nitrógeno Orgánico	mg/L	14.23
Fósforo Total	mg/L	13
Coliformes Fecales	NMP/100 ML	0.5 x 10 <sup>6</sup>
Huevos de Helminto	Numero por litro	<1
Arsénico Total	mg/L	0.0043
Cadmio Total	mg/L	<0.05
Cianuros Total	mg/L	< 0.01
Cobre Total	mg/L	< 0.10
Cromo Total	mg/L	< 0.25
Mercurio Total	mg/L	0.001
Plomo Total	mg/L	< 0.100
Zinc Total	mg/L	0.10902

La calidad del agua efluente de la PTAR Yahualica, cumple con la NOM-001-SEMARNAT-1996, para cuerpo receptor tipo "C". Los datos de calidad se presentan en la siguiente tabla.

Parámetro	Unidad	Valor promedio diario	Valor promedio mensual
Temperatura	(°C)	< 30.0	< 30.0
pH	-	6.5-8.5	6.5-8.5
Grasas y aceites	(mg/L)	25.0	15.0
Sólidos Sedimentables	(mL/L)	2.0	1.0
Sólidos Suspendidos Totales	(mg/L)	60.0	40.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno Total	(mg/L)	60.0	30.0
Nitrógeno Total	(mg/L)	25.0	15.0
Fósforo Total	(mg/L)	10.0	5.0
Coliformes Fecales	(NMP/100 mL)	2,000.0	1,000
Arsénico Total	(mg/L)	0.2	0.1
Cadmio Total	(mg/L)	0.2	0.1
Cianuros Total	(mg/L)	2.0	1.0
Cobre Total	(mg/L)	6.0	4.0
Cromo Total	(mg/L)	1.0	0.5
Mercurio Total	(mg/L)	0.01	0.005
Plomo Total	(mg/L)	0.4	0.2
Níquel Total	(mg/L)	4.0	2.0
Zinc Total	(mg/L)	20.0	10.0



## PROCESOS DE TRATAMIENTO.

Tratamiento de agua:

- Pretratamiento
- Sedimentación Primaria
- Reactor Biológico A2/O (Zona: Anaerobia, Anóxica, Aerobia)
- Clarificación secundaria
- Microfiltración con Filtro de Disco de 10  $\mu$ m
- Desinfección con luz Ultravioleta.

Tratamiento de lodo:

- Espesamiento de lodos con tracción periférica.
- Digestión aerobia de lodos.
- Desaguado de lodos con Filtro Banda

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### A) PRETRATAMIENTO

Obra de toma: El agua será captada por una caja de llegada para regular a partir de esta el gasto a desbroce y desarenado.

Desbroce, desarenado y medición de flujo: El agua residual pasará a desbrozado contándose con dos canales, uno en operación y otro en reserva controlados mediante compuertas de operación manual.

### B) TRATAMIENTO PRIMARIO

Sedimentación Primaria: El objetivo de la sedimentación primaria es remover rápidamente los residuos sólidos sedimentables y materia flotante para así, disminuir la concentración de los sólidos suspendidos. La sedimentación primaria se emplea como parte del pretratamiento dentro del procesamiento integral de las aguas residuales. Los sedimentadores primarios diseñados y operados pacientemente, remueven entre el 50% y 70% de los sólidos suspendidos y entre el 25% y 40% de DBO5. En las grandes plantas de tratamiento (0.75 Mgal/d o más), la remoción de SST se realiza en tanques de sedimentación circulares o rectangulares con limpieza mecánica y diseño estandarizado.

### C) TRATAMIENTO SECUNDARIO

Proceso A2/O: El proceso A2/O está diseñado para la eliminación de nitrógeno y de fósforo, aunque la desnitrificación completa no es posible. Básicamente, el proceso A2/O es una modificación del proceso A/O, ya que añade una zona anóxica entre las zonas anaerobia y la zona aerobia. La zona anóxica se incluye solamente para reducir las cargas de nitrato sobre la zona anaerobia mediante el caudal de recirculación de lodos, lo que afectaría a la eliminación de fósforo.

1. Zona aerobia: El proceso de los lodos activados para el tratamiento de aguas negras está basado en proporcionar un contacto íntimo entre las aguas negras y lodos biológicamente activados. Los lodos se

desarrollan inicialmente por una aireación prolongada bajo condiciones que favorecen el crecimiento de organismos que tienen la habilidad especial de oxidar materia orgánica. Cuando los lodos que contienen estos organismos entran en contacto con las aguas negras, los materiales orgánicos se oxidan, y las partículas en suspensión y los coloides tienden a coagularse y formar un precipitado que se sedimenta con bastante rapidez. Es necesario un control de operación muy elevado para asegurar que se tenga una fuente suficiente de oxígeno, que exista un contacto íntimo y un mezclado continuo de las aguas negras y de los lodos, y que la relación del volumen de los lodos activados agregados al volumen de aguas negras que están bajo tratamiento se mantenga prácticamente constante.

2. Zona Anóxica: Se denominan Reactor Anóxico a los sistemas en los que el aceptor final de electrones no es el oxígeno ni tampoco la materia orgánica. En condiciones anóxicas el aceptor final de electrones suelen ser los nitratos, los sulfatos, el hidrógeno, etc. Cuando el aceptor final de electrones es el nitrato, como resultado del proceso metabólico, el nitrógeno de la molécula de nitrato es transformado en nitrógeno gas. Así pues, este metabolismo permite la eliminación biológica del nitrógeno del agua residual (desnitrificación).

3. Zona anaerobia: La función de la zona de contacto anaerobia permite la remoción biológica de fósforo. El fósforo presente en el agua residual es incorporado dentro de la biomasa de las células, el cual es removido del proceso como resultado de lodo de desecho. Los organismos acumuladores de fósforo (PAO) son alentados a su crecimiento y consumo de fósforo en reactor con la configuración necesaria para proveer PAO con una ventaja competitiva sobre otras bacterias. La configuración del reactor para la remoción de fósforo consiste en un tanque anaerobio con un tiempo de retención de 0.5 a 1.5 h que se coloca antes de la zona anóxica y aerobia. El contenido del tanque anaerobio es mezclado para asegurar el contacto con el lodo activado recirculado y el agua residual. El tanque de contacto anaerobio ha resaltado sobre muchos sistemas anaerobios de crecimiento suspendido.

Clarificación secundaria: Una vez que la materia orgánica disuelta en el agua residual ha sido oxidada y consumida por los microorganismos, éstos son enviados al Sedimentador Secundario, unidad de tratamiento en la que se produce la separación gravitacional de los mismos, es decir, se lleva a cabo la clarificación del efluente, permitiendo que se almacenen en la parte inferior de su estructura y que el agua clarificada escape a través de un conjunto de canales en su superficie.

#### D) TRATAMIENTO TERCIARIO

Filtro de Discos Rotatorios: El filtro de disco vacío rotatorio funciona de un modo similar al filtro de vacío de tambor rotatorio. El Tambor es substituido por una serie de discos divididos en sectores. Su proporción "el área de espacio de filtración" es su principal ventaja. Con el microtamiz rotativo se consigue un efluente prácticamente libre de sólidos y una reducción importante de la demanda de oxígeno asociada a la carga contaminante. El filtro de disco permite un tamizado fino de caudales hasta 270 m<sup>3</sup>/h con una luz de malla hasta elevada calidad con una gran superficie filtrante. La construcción compacta y la concepción modular del equipo hacen que se pueda adaptar fácilmente a las condiciones existentes.

Desinfección con luz ultravioleta: La desinfección UV es un proceso físico que neutraliza los microorganismos instantáneamente cuando estos pasan a través de las lámparas ultravioleta sumergidas en el efluente. El proceso no añade nada al agua excepto luz UV y por lo tanto no tiene impacto sobre la composición química o en el contenido de oxígeno disuelto en el agua. A este respecto se asegura el cumplimiento con la cada vez más estricta normativa de descarga del efluente de agua residual.

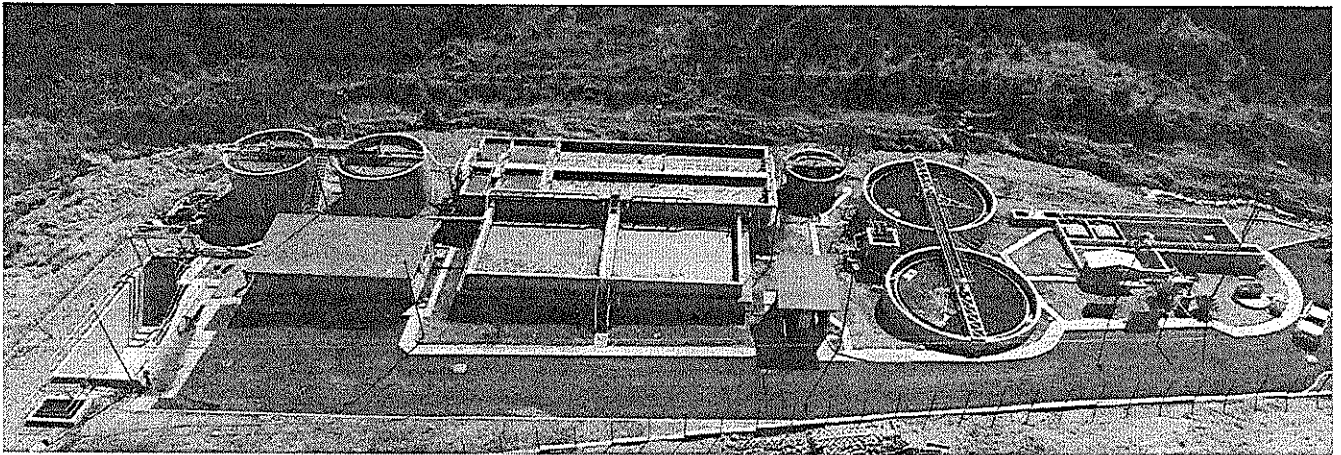
#### E) TRATAMIENTO DE LODOS



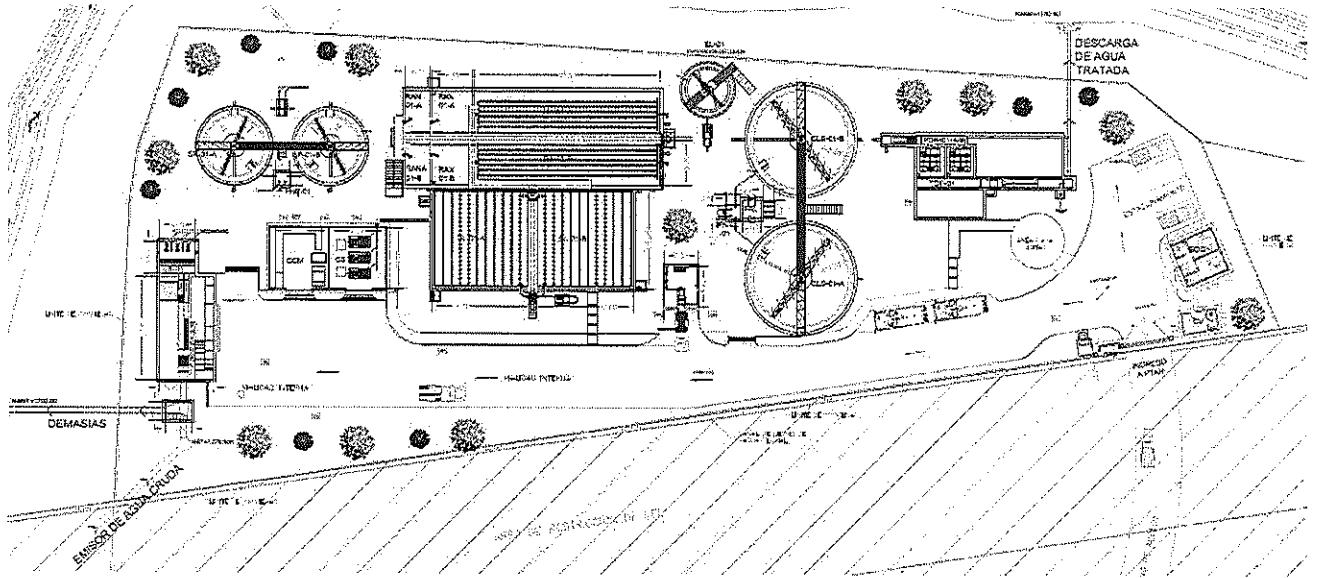
**Digestor aerobio de lodos:** Es un proceso en el cual se produce una aireación, por un periodo significativo de tiempo, de una mezcla entre lodo digerible de la clarificación secundaria con el resultado de una destrucción de células y una disminución de sólidos suspendidos volátiles. (SSV). El objetivo principal es reducir el total de lodos que se deben evacuar posteriormente. Esta reducción es el resultado de la conversión, por oxidación, de un aparte sustancial del lodo en productos volátiles ( $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2$ ).

**Espesador de lodos:** La reducción de volumen es beneficiosa para los procesos posteriores tales como la hidrólisis, la digestión, la deshidratación, el secado y la combustión. El espesamiento reduce los volúmenes a transportar y, por lo tanto, los equipos necesarios, la cantidad de reactivos para su acondicionamiento, la cantidad de calor requerida por los digestores, o la cantidad de combustible a utilizar en cualquier otro proceso; también se reducen los equipos necesarios para la deshidratación y mejora su eficacia.

**Desaguado de lodos:** Permite disminuir considerablemente el volumen de lodo para disposición final del 0.8% a concentraciones superiores a 20%.



Vista aérea de la PTAR Yahualica



Arreglo General PTAR Yahualica

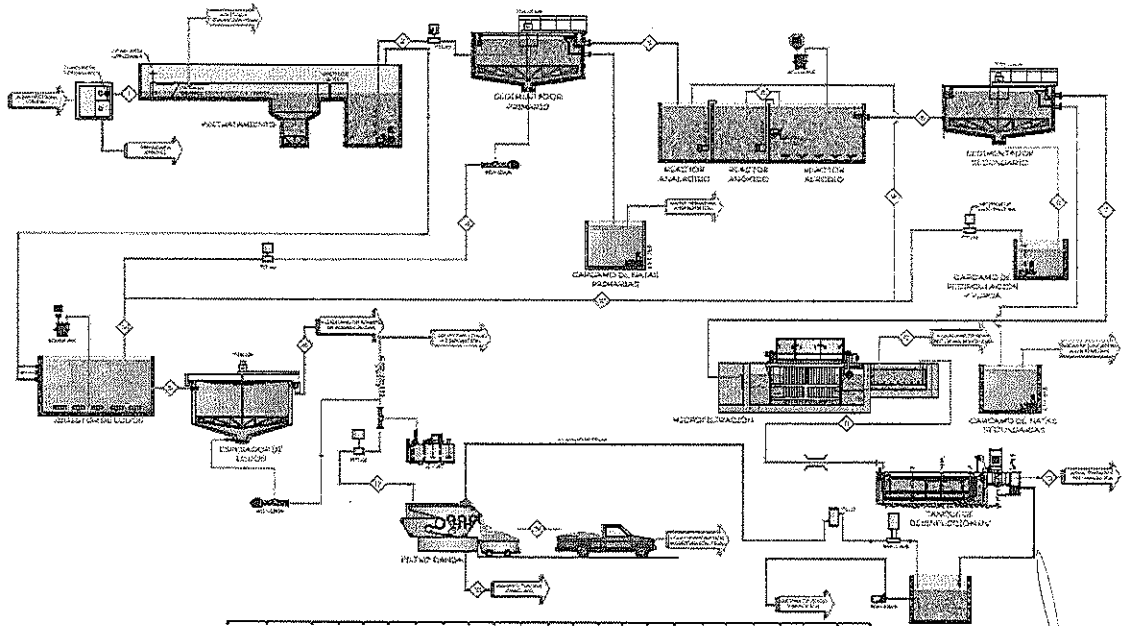
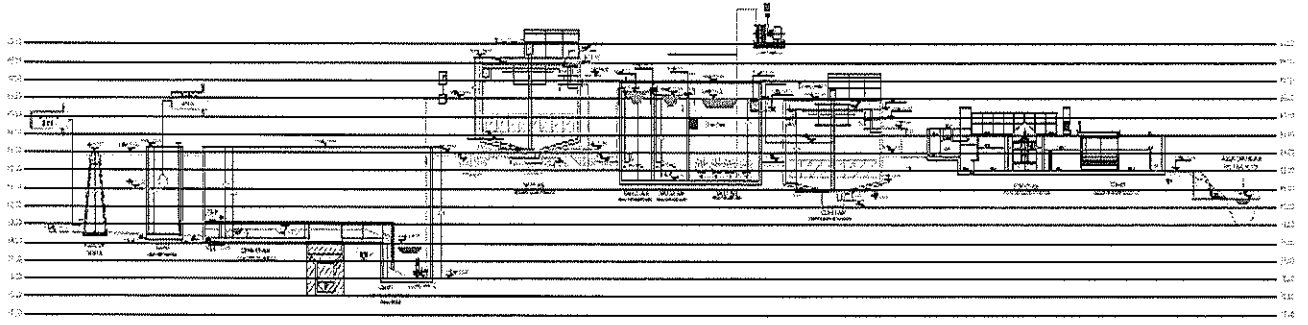


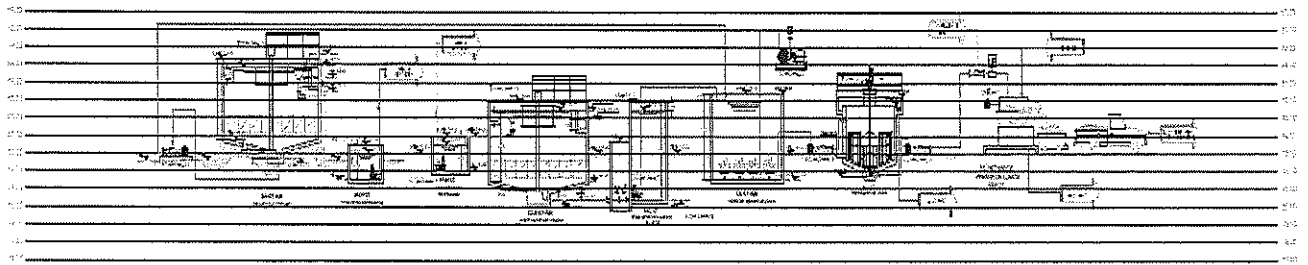
Diagrama de Flujo PTAR Yahualica

Handwritten signatures and scribbles in the bottom right corner of the page.

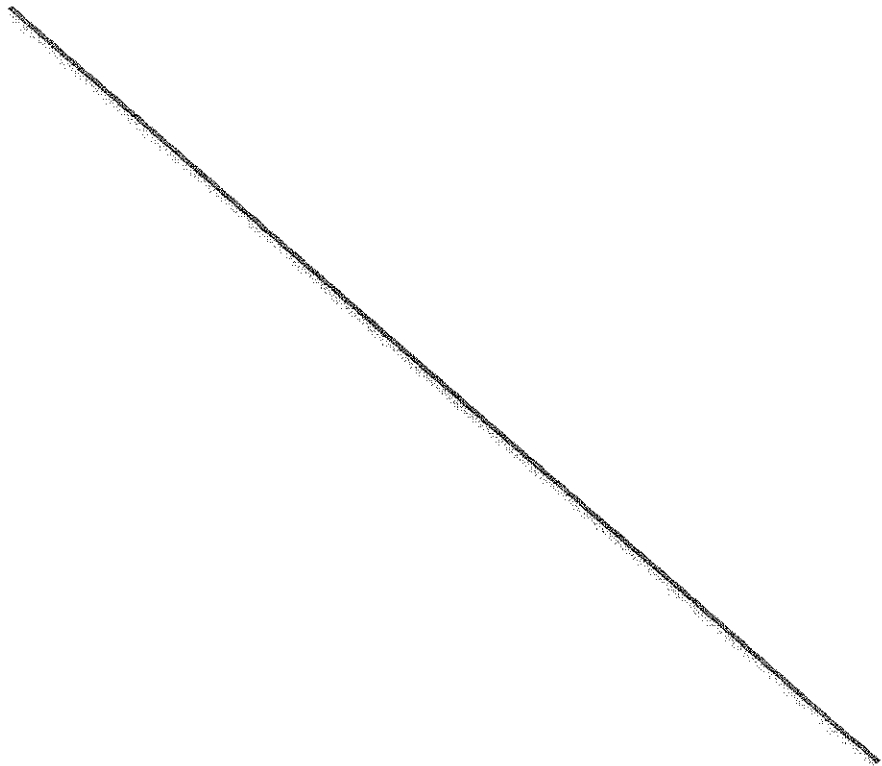
FASE LIQUIDA



FASE SOLIDA



Perfil Hidráulico PTAR Yahualica



Handwritten signatures and initials on the right side of the page, including a large signature and several initials.

Handwritten signatures and initials at the bottom of the page, including a large signature and several initials.





Componente	TAG	Etapa	Cant.
Criba gruesa de desbroce manual	RG-01 A/B	Pretratamiento	2
Vertedor proporcional Sutro	VS-01 A/B	Pretratamiento	2
Bombas sumergibles para alimentación de Sedimentadores Primarios	BCS-01 A/C	Pretratamiento	3
Rastras mecánicas para Sedimentadores Primario	TOR-01 A/B	Tratamiento primario	2
Bombas centrífugas sumergibles para natas primarias	BCS-02 A/B	Tratamiento primario	2
Bombas de Cavidad Progresiva para lodo primario	BCP-01	Tratamiento primario	2
Agitador sumergible helicoidal	AM-01 A/B	Tratamiento secundario	2
Red de aireación de burbuja fina para reactores biológicos y digestor de lodos	SD-01 A/D	Tratamiento secundario	1
Sopladores tipo centrífugo	SO-01 A/C	Tratamiento secundario y Tratamiento de Lodos	3
Rastras mecánicas para Sedimentadores Secundarios	TOR-02 A/B	Tratamiento secundario	2
Bombas de recirculación interna tipo pared	BP-01 A/B	Tratamiento secundario	2
Bombas centrífugas sumergibles para recirculación y purga de lodos biológicos	BCS-03 A/B	Tratamiento secundario	2
Bombas centrífugas sumergibles para natas secundarias	BCS-04 A/B	Tratamiento secundario	2
Bomba centrífuga horizontal	BCH-01 A/B	Tratamiento terciario	2
Sistema de desinfección UV	UV-01	Tratamiento terciario	1
Bomba de Cavidad Progresiva de lodo digerido	BCP-02 A/B	Tratamiento de lodos	2
Bomba de Cavidad Progresiva de lodo espeso	BCP-03 A/B	Tratamiento de lodos	2
Bomba multietapa para lavado de telas	BME-01 A/B	Tratamiento de lodos	2
Sistema preparador de polímero	SPP-01	Tratamiento de lodos	1
Filtro de Disco de 2"	-	Tratamiento de lodos	1
Filtro Banda	FBP-01	Tratamiento de lodos	1

Listado de Equipos

4. Arandas

La ubicación de la PTAR Arandas se presenta en la siguiente imagen.



Ubicación de la PTAR Arandas

Handwritten signatures and scribbles on the right side of the page.



El gasto de diseño (gasto medio) de la PTAR Arandas es de 170 litros por segundo (lps), con un gasto máximo de 354 litros por segundo (lps).

Las características de la calidad del agua del influente se muestran en la siguiente tabla.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR PROMEDIO
Caudal	LPS	170
Temperatura	Grados Celsius	14°C
Alcalinidad	mg/l	321.0
pH	Unidades	7.3
Grasas y Aceites	mg/l	47.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	1.0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	175.0
DBO5 Total	mg/l	250.0
DBO5 Soluble	mg/l	69.0
DQO Total	mg/l	530.0
DQO Soluble	mg/l	115.0
Nitrógeno Total	mg/l	55.0
Fósforo Total	mg/l	6.3
Coliformes Fecales	NMP/100 ML	80,000,000.0
Huevos de Helminto	Numero por litro	<1
Arsénico Total	mg/l	0.003
Cadmio Total	mg/l	<0.05
Cianuros Total	mg/l	< 0.01
Cobre Total	mg/l	< 0.05
Cromo Total	mg/l	< 0.25
Mercurio Total	mg/l	< 0.001
Plomo Total	mg/l	< 0.100
Níquel Total	mg/l	< 0.100
Zinc Total	mg/l	0.10902

La planta de tratamiento de aguas residuales Arandas cumple con la NOM-001-SEMARNAT-1996, para cuerpo receptor tipo "C", tal y como se muestra en los límites máximos permisibles en la siguiente tabla.



PARAMETRO	UNIDADES	LIMITES PERMISIBLES VALORES PROMEDIO DIARIO	LIMITES PERMISIBLES VALORES PROMEDIO MENSUAL
Temperatura	Grados Celsius	<30	<30
pH	Unidades	Entre 6.5 y 8.5	Entre 6.5 y 8.5
Grasas y Aceites	mg/l	25	15
Sólidos Sedimentables	ml/l	2	1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	60	40
DBO5 Total	mg/l	60	30
Nitrógeno Total	mg/l	25	15
Fósforo Total	mg/l	10	5
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2,000	1,000
Arsénico Total	mg/l	0.2	0.1
Cadmio Total	mg/l	0.2	0.1
Cianuros Total	mg/l	2.0	1.0
Cobre Total	mg/l	6.0	4.0
Cromo Total	mg/l	1.0	0.5
Mercurio Total	mg/l	0.01	0.005
Plomo Total	mg/l	0.4	0.2
Níquel Total	mg/l	4.0	2.0
Zinc Total	mg/l	20.0	10

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Tren de agua:

**Pretratamiento PTAR.-** desbaste grueso, con 2 (dos) rejillas automáticas y 1 (una) rejilla del tipo manual para remover las partículas mayores de 25.4 mm del agua residual. desarenado; se instalarán dos desarenadores de limpieza manual, en los canales existentes con un sistema de regulación de la velocidad del agua en el canal con vertedores de área proporcional de vertido tipo sutro y compuertas de seccionamiento para su aislamiento y limpieza.

**Pretratamiento cárcamo cazadores.-** desbaste grueso, con 2 (dos) rejillas del tipo manual para remover las partículas mayores de 25.4 mm del agua residual, se instalarán dos desarenadores de limpieza manual, en los canales existentes con un sistema de regulación de la velocidad del agua en el canal con vertedores de área proporcional de vertido tipo sutro y compuertas de seccionamiento para su aislamiento y limpieza

**cárcamo de bombeo de influente PTAR.-** en el cárcamo de bombeo existente de la PTAR se instalarán 3



bombas centrifugas sumergibles, dos operando y una en reserva, con capacidad de 118.5 lps cada una y 14.608 m de carga dinámica total, de operación automática mediante un sensor ultrasónico de nivel del agua dentro del cárcamo.

**Cárcamo de bombeo de agua residual cazadores.-** en el cárcamo de bombeo existente cazadores se instalarán 3 bombas centrifugas sumergibles dos en operación y una reserva con capacidad de 60 lps cada una y 61.00 m de carga dinámica total, descargando y conduciendo el agua en la línea de conducción (bombeo) existente de 305 mm de diámetro, que transporta el agua desde el cárcamo cazadores, hasta las micro cribas del proceso de tratamiento primario de la PTAR.

**Tratamiento primario.-** se rehabilitarán y reubicarán cuatro cribas autolimpiantes del tipo parabólico, para eliminar todos los materiales mayores a 2 mm. esto es tanto para el agua proviene del cárcamo de bombeo de agua residual cazadores como para el proveniente del cárcamo de influente de la PTAR.

**Reactores anóxico.-** los tanques reactores existentes, se rehabilitarán y acondicionarán para usarlos como reactores anóxicos como 2 trenes en paralelos, siendo el agua del tratamiento primario repartido en ambos trenes, instalando un sistema de agitación del tipo sumergible accionado con propelas, con 4 agitadores sumergibles de 4 hp cada uno (dos por tanque).

**Reactores aeróbicos.-** se construirán dos nuevos tanques reactores aeróbicos, equipados con un sistema de difusión de aire disuelto de burbuja fina, y proporcionando el aire mediante 2 (dos) sopladores centrifugos tipo turbo de alta eficiencia, los 2 (dos) sopladores existentes con su debida rehabilitación serán utilizados como reserva, para cuando se tenga que sacar de operación uno de los nuevos para cumplir con las actividades de operación y mantenimiento. a la entrada de los reactores aeróbicos se construirá una caja repartidora para repartir el licor mezclado procedente de los reactores anóxicos.

**Clarificadores secundarios.-** se seleccionó el tipo de unidades de clarificación con alimentación central y flujo radial con vertedor de salida perimetral, el sistema de barrido será de tracción central impulsado con motorreductores de alto torque; se instalaran tres unidades de 17.5 m de diámetro, utilizando la obra civil de los clarificadores existentes y construyendo un tercer clarificador nuevo del mismo diámetro, del equipamiento, de los dos clarificadores existentes se aprovechara los componentes de acero estructural, que se encuentran en buenas condiciones, rehabilitándolos con protección anticorrosiva del tipo epóxica, y sustituyendo las partes principales del mecanismo con nuevas unidades como son los motorreductores (drives), las bombas de natas, purga y retorno de lodos por nuevas unidades del tipo centrifugas sumergibles.

Se proyectó construir y equipar una nueva tercera unidad del mismo diámetro; una caja repartidora de flujo para facilitar su operación y mantenimiento permitiendo flexibilidad en la operación de este proceso.

Se incluye un nuevo cárcamo de retorno y purga de lodos que operara para las tres unidades de clarificación, controlando el flujo de retorno de lodos de cada unidad y su seccionamiento mediante una compuerta vertedora, para cada unidad.



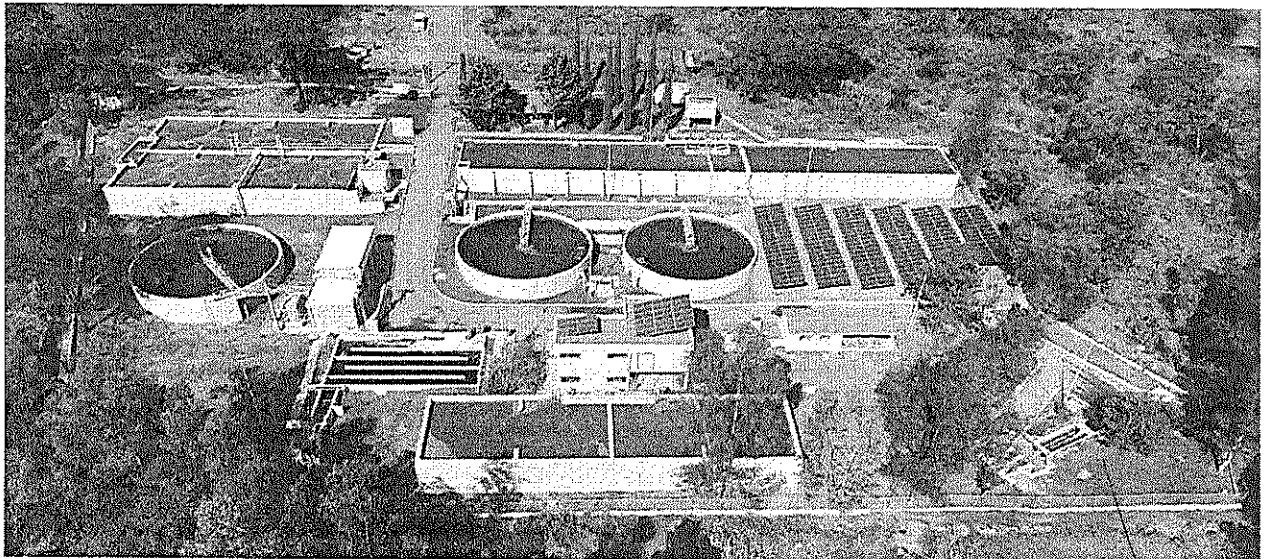
El proceso de desinfección, se ubica en el tanque de contacto de cloro existente, el cual se rehabilitara en su totalidad, para que sirva como canal y vertedor de la desinfección con luz ultravioleta, y como tanque de almacén de agua tratada, donde se instalara el sistema de bombeo para agua de servicio y para reuso del agua residual tratada, este se equipara con dos bombas de 12.5 hp y cdt 60m una en operación y una en reserva, accionada de forma automática mediante un tanque de presión del tipo hidroneumático y un interruptor de presión, para el fin del reuso de agua se instalara un sistema de tubería y válvulas acondicionada tipo garza para facilitar la carga de los camiones cisternas, que conducen el agua hacia los destinos de reuso.

#### TREN DE LODOS:

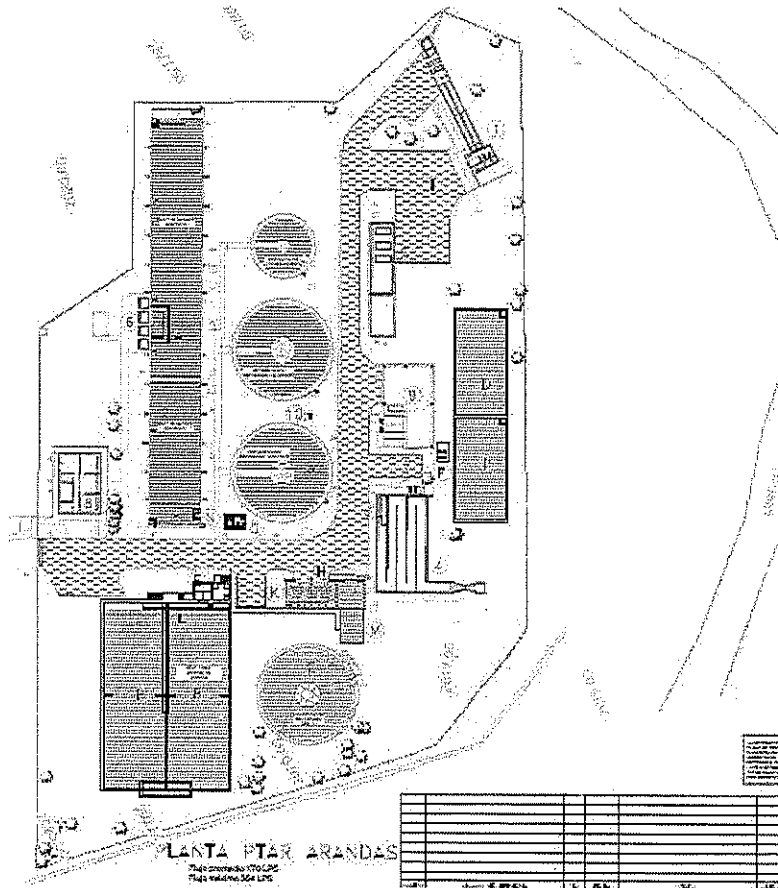
**Digestor aeróbico de los lodos.-** el exceso de lodos procedentes del cárcamo de purga y retorno de lodos, para su estabilización se proyecta construir dos tanques nuevos, que serán equipados con difusores de aire burbuja fina, el aire será suministrado mediante 1 (un) soplador nuevo de alta eficiencia tipo turbo, el remplazo de esta unidad para cuando se tenga que sacar de operación para las actividades de operación y mantenimiento se hará mediante los 2 (dos) sopladores existentes rehabilitados. en estas unidades se realizará el espesamiento de los lodos, mediante un sistema de control de flujo automatizado, suspendiendo el flujo de aire en la unidad que se va a verter el flujo de lodos y conduciendo el sobrenadante hacia el cárcamo de influente, para su integración al proceso de tratamiento biológico.

Los lodos estabilizados serán bombeados mediante un sistema de bombeo hacia el sistema el edificio de lodos.

El sistema de desaguado de lodos consiste en la unidad de preparación de polímero de tipo automático, un tanque de floculación y dos unidades de desaguado de lodos del tipo filtro prensa, uno existente completamente rehabilitada y otra unidad nueva de 1.0m de ancho.



Vista aérea de la PTAR Arandas



Arreglo General PTAR Arandas

*[Handwritten signatures and initials]*

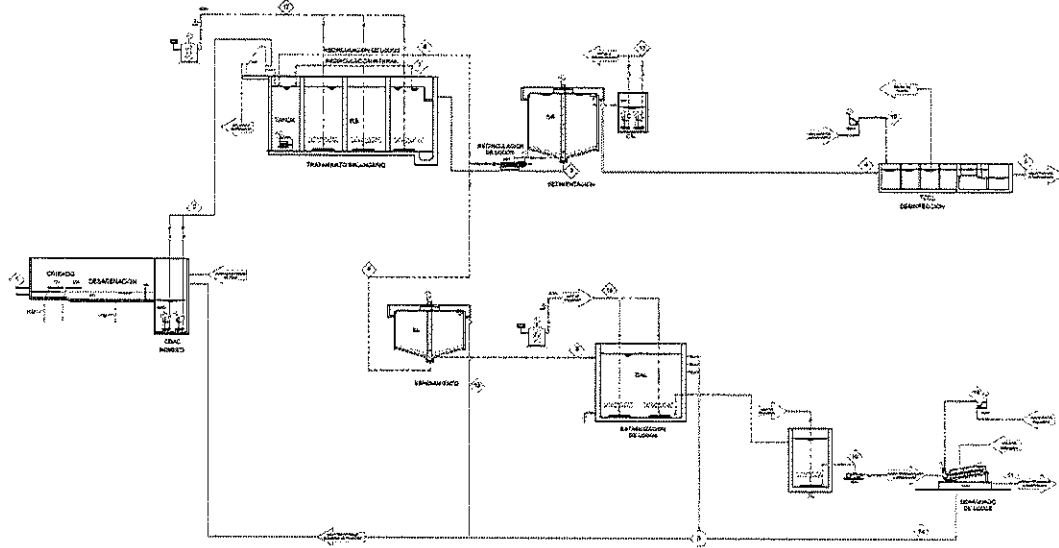
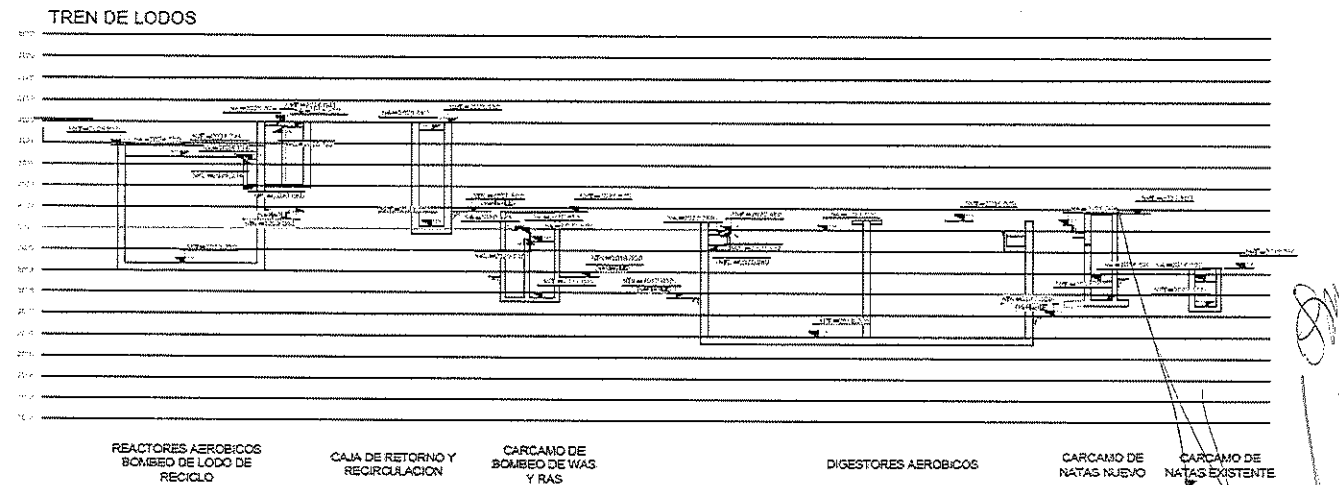
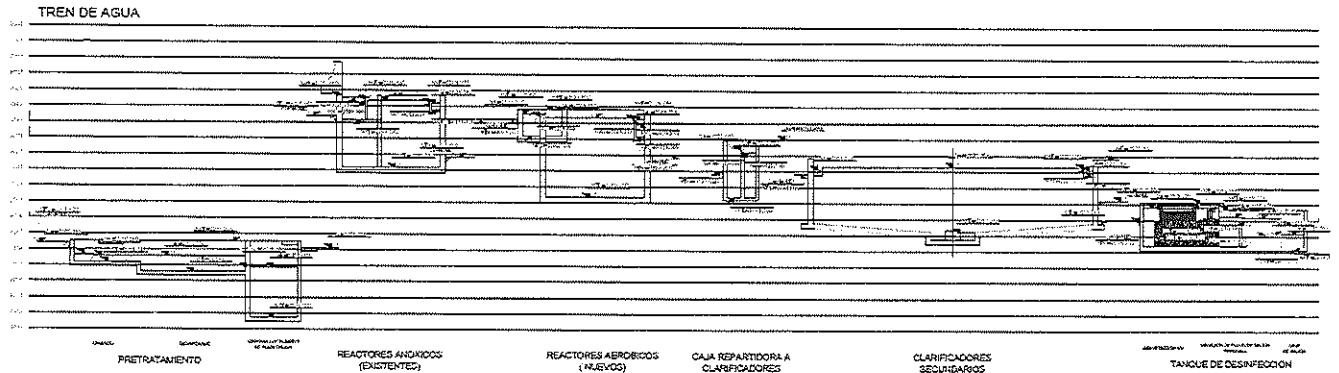


Diagrama de Flujo PTAR Arandas



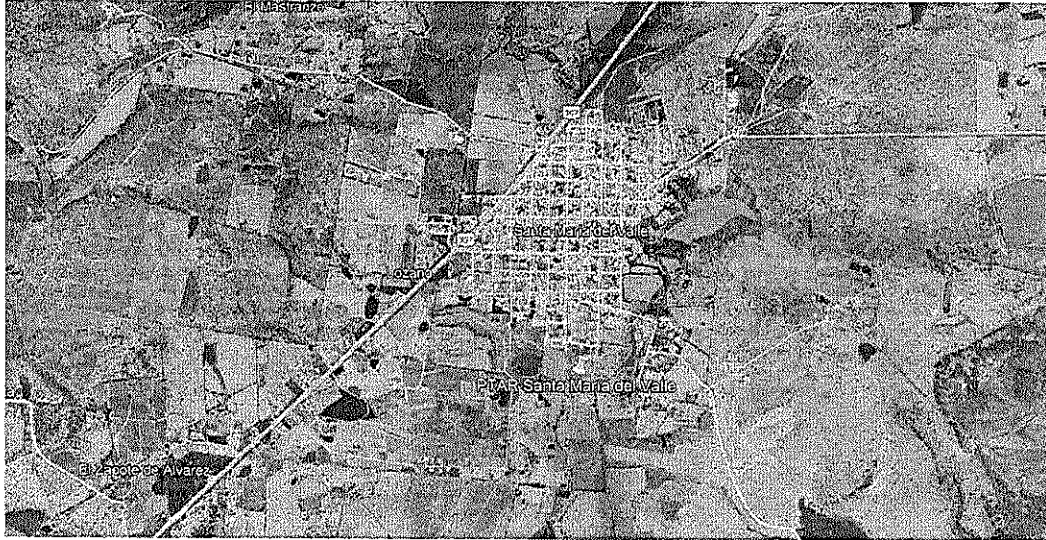
Perfil hidráulico PTAR Arandas

*[Handwritten signatures and notes]*



## 5. Santa María del Valle, Arandas

### UBICACIÓN.-



Ubicación de la PTAR Santa María del Valle

### ANTECEDENTES

La planta de tratamiento de aguas residual se ubica en la localidad en Santa María del Valle municipio de Arandas, Jalisco. El agua residual llega por una red de drenaje se compone de tres líneas de colectores combinados, sanitarios/pluviales que llevan drenaje residencial, de los comercios del municipio más una cantidad importante de derivados de la elaboración de productos lácteos manufacturados en micro empresas (muchas de ellas caseras) en la región, por lo que presenta cargas orgánicas considerables y contenidos de grasas que fluctúan entre medianos y altos. La llamada PTAR SMVJ se diseña con un gasto medio de 10 lps para alta carga y con todas sus etapas contará con remoción de nutrientes para que su efluente descargue al cauce que colinda con la misma.

### TECNOLOGIA PROPUESTA

Derivado de las características del influente y el flujo a tratar se selecciono la tecnología de Bio Reactores Multi-Media (MMBR) cuyas propiedades únicas de cantidad de biomasa empacada aunadas a sus óptimos factores de contacto y condiciones de operación los hace el sistema biológico más eficiente que existe para digerir carga orgánica, aprovechando Biogás y recuperando nutrientes.

Granular, que, por su mayor densidad, alrededor de 1.06 kg/l y tamaño de 1 a 3 mm, tiene una excelente capacidad de sedimentación y potencial de digestión y retención.

Difusa, con una densidad de alrededor de 1.02 kg/l y un tamaño de partícula menor a 1 mm. Tiene un excelente potencial de digestión de carga, pero debido a su menor densidad y tamaño se lava fácilmente del reactor.

Por esta razón, es que son nombrados Bio Reactores Multi-Media o MMBRs





Los MMBRs son las unidades de proceso de última generación para el tratamiento biológico del agua. Se caracterizan por envasar grandes cantidades de biomasa granular, difusa y fija, bajo un entorno de pH y temperatura controlada y en un reactor fluidizado de última generación de un diseño y propiedades muy particulares.

La planta de tratamiento MMBR consiste en un conjunto secuencial de etapas de tratamiento físico y biológico que acumulativamente producen un efluente de alta calidad con una eficiencia energética notable. La utilización de diferentes tipos de tecnologías en un solo sistema que opera en serie maximiza efectivamente la capacidad de tratamiento del sistema, lo que se hace aprovechando todas las ventajas de cada etapa del proceso.

Tantos los procesos anaerobios, como los aerobios al ser ambos biológicos son susceptibles a ser afectados por inhibidores tóxicos, los cuales pueden disminuir o evitar por completo el crecimiento de bacteria dentro de los reactores, contenidos elevados de amoníaco, sulfatos y aun pequeños de yodo y cloro pueden afectar sensiblemente el funcionamiento de los mismos. Esta problemática es más común en aguas de tipo industrial que en aguas municipales y no hay concentraciones suficientes de los mismos en el influente por lo que los omitiremos en los cálculos que se presentan a continuación. En caso de que algunos de ellos se llegaran a presentar se procederá a atenderse con estrategias de recirculación/dilución o buscando la remoción del inhibidor en cuestión.

## PROCESO SELECCIONADO

Considerando principalmente las características del agua cruda y del agua tratada se eligió el pretratamiento primario basado en desbaste de sólidos mayores a 5 mm, arena, una parte de grasas y aceites así como un desbaste fino automático. Posteriormente se eligió un arreglo de múltiples elementos y reactores en serie, en el orden siguiente:

### 1 Pre Tratamiento

- 1.1 Sistemas de Cribas Gruesas/Finas
- 1.2 Desarenador
- 1.3 Sistema de bombeo
- 1.4 Separador Profundo de Columna (DCS)

### 2 Tren de Agua (1)

- 2.1 Reactores anaerobios Metanogénicos MMBR (3) (ANM)
- 2.2 Reactor preanóxicos MMBR (PRX)
- 2.3 Reactor aerobio de media carga MMBR (AML)
- 2.4 Reactor aerobio de nitrificación MMBR (ANI)
- 2.5 Clarificador Tubular Lamelar (TSC)
- 2.6 Sistema de desinfección ultravioleta (DUV)



### 3 Tren de Lodos y Natas (1)

- 3.1 Sistema de acidificación y fluidización de grasas
- 3.2 Reactor anaerobio metanogénico de expansión (ANE)
- 3.3 Deshidratado de Lodos

### 4 Tren de Biogás (1)

- 4.1 Producción y caracterización de biogás
- 4.2 Limpiador de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S)
- 4.3 Limpiador de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- 4.4 Secador (opcional)
- 4.5 Almacenaje de Biogás
- 4.6 Quemador excedencias

### 5 Sistema combinado de Calor y Potencia (CHP)

- 5.1 Sistema de Generación
- 5.2 Intercambiador de Calor Agua/Agua Motor
- 5.3 Intercambiador de Calor Agua/Gas Escape
- 5.4 Tablero de transferencia de lazo cerrado

## DESCRIPCION DEL PROCESO

### 1 Pre Tratamiento:

Las aguas crudas llegaran a la planta por medio de gravedad. Primeramente, se conducirá a las unidades de pre tratamiento consistentes de rejillas, y desarenadores. El agua desbastada caerá a un cárcamo de bombeo de donde será bombeada al separador profundo de columna (DCS) en el cual con la ayuda de la gravedad separa los sólidos menos densos que el agua, natas, y los más densos que la misma, lodos. Aproximadamente cada 30 minutos, bombas para lodos extraen los mismos antes de que produzcan gases y se floten. De igual manera, un sistema mecanizado extrae las natas que se flotan y las dirige junto con los lodos al reactor de acidificación.

### 2 Tren de agua

El agua que sale del separador de columna profunda (DCS) se dirige a los Reactores Anaerobios Metanogénico MMBR (ANM) por vasos comunicantes. Este es un arreglo de 3 reactores en serie donde se alterna el rol de liderazgo al menos una vez por día. Si esto no se hiciera así y se conservara la alimentación en un mismo orden de manera permanente, los primeros reactores se sobrecargarían pudiendo incluso llegar a colmatar los bioportadores o el propio reactor. De igual manera si se tuviera un arreglo estático, los últimos reactores al recibir cargas orgánicas pequeñas permanentemente, ocasionarían que las colonias de bacteria se canibalizaran y los porcentajes de remoción de los mismos serían muy bajos. Con nuestro arreglo

dinámico patentado y las robustas colonias de bacteria que conservamos uniformemente en los reactores MMBR se logran tasas de remoción de hasta 90% de la carga orgánica presente en el agua.

El flujo que entra a los Reactores Anaerobios Multi Media MMBR (ANM) comienzan los crecimientos biológicos sobre la superficie de los carriers, y la biomasa suspendida en el agua se comienza a multiplicar también. Parte de ella se consolida en gránulos y otra continuara difusa pero una mejor posibilidad de retención si se aloja en los espacios intersticiales de los bioportadores. Todos estos reactores cuentan con un sistema de recirculación de columna, el cual aumenta el factor de contacto y factor de transferencia de masa entre la carga orgánica y la biomasa y sirve para agitar los bioportadores lo suficiente para que desprendan la biopelícula vieja e inactiva, pero sin perder la nueva y biológicamente activa.

El efluente de la etapa anaerobia pasa por medio de gravedad a hasta 2 Reactores Pre-anóxicos MMBR (PRX), donde entra al sistema de recirculación de columna que es el responsable de agitar constantemente los bioportadores suspendidos en el agua y mezclarlos con el licor rico en nitratos proveniente de la línea de recirculación que viene del Reactor Aerobio de Nitrificación MMBR (ANI).

Posterior a la salida de los reactores anóxicos, el agua entra por gravedad a un Reactor Aerobio de Media Carga MMBR (AML) en donde por medio de sopladores, difusores de burbuja fina y un sistema de mezclado patentado permiten que el oxígeno que se inyecta al reactor tenga altas eficiencias de transferencia de oxígeno a las bacterias que lo requieren para efectuar su trabajo.

Después de los procesos aerobios de remoción de carbono, al agua continua su proceso en un Reactor Aerobio de Nitrificación MMBR (ANI) el cual cuenta con un arreglo idéntico de difusores y sistemas de recirculación que las etapas aerobias de remoción de carbono, pero en donde al contar con un influente menor a 20 mg/l permite el crecimiento de bacterias nitrificantes del tipo Nitrobacter y que desdoblan el nitrógeno amoniacal en nitritos y nitratos para su posterior envío a las etapas anóxicas.

El efluente del Reactor de Nitrificación (ANI), pasara a un Clarificador Lamelar Tubular (TSC), donde se separa el cultivo biológico restante, dejando un efluente de baja turbiedad y solidos suspendidos que entonces pasa a un sistema de Desinfección Ultra Violeta (DUV) donde se esterilizan a los coliformes y los huevos de helminto.

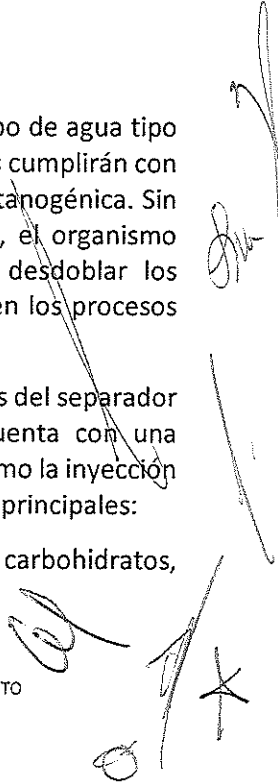
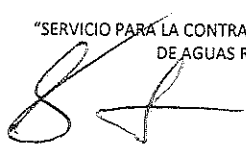
Finalmente, el agua desinfectada se tendrá disponible para segundos usos o se descarga al cauce sin contaminarlo.

### 3 Tren de lodos y natas

La planta en su tren de agua está diseñada para cumplir con la norma NOM 001 para cuerpo de agua tipo "C" en cuanto a DBO, DQO, SST, y el NMP de coliformes presente. De igual manera los lodos cumplirán con la norma NOM-004-SEMARNAT-2002 con la configuración propuesta de solo digestión metanogénica. Sin embargo, si se quiere mejorar la producción de biogás en los procesos metanogénicos, el organismo operador podría en un futuro incorporar una etapa adicional de acidificación para desdoblar los compuestos carbónicos grandes en compuestos más pequeños que son mejor digeridos en los procesos metanogénicos, dicho proceso se describe a continuación.

En un sistema multifase, de Acidificación Metanogénesis, los sólidos y las natas provenientes del separador de solidos primero se dirigen al Reactor anaerobio de acidificación (ANA), el cual cuenta con una recirculación a la base del tanque que controla el volumen del caudal de alimentación, así como la inyección de químicos para bajar el pH a 5.5. En este ambiente acido de se llevan a cabo 3 reacciones principales:

1. Hidrólisis - Esta comienza por descomponer las moléculas de carbono grandes como los carbohidratos,





proteínas y grasas en fragmentos más pequeños como azúcares, aminoácidos y ácidos grasos.

2. Acidogénesis - Aquí, los subproductos mencionados anteriormente se descomponen en ácidos grasos volátiles (AGV).

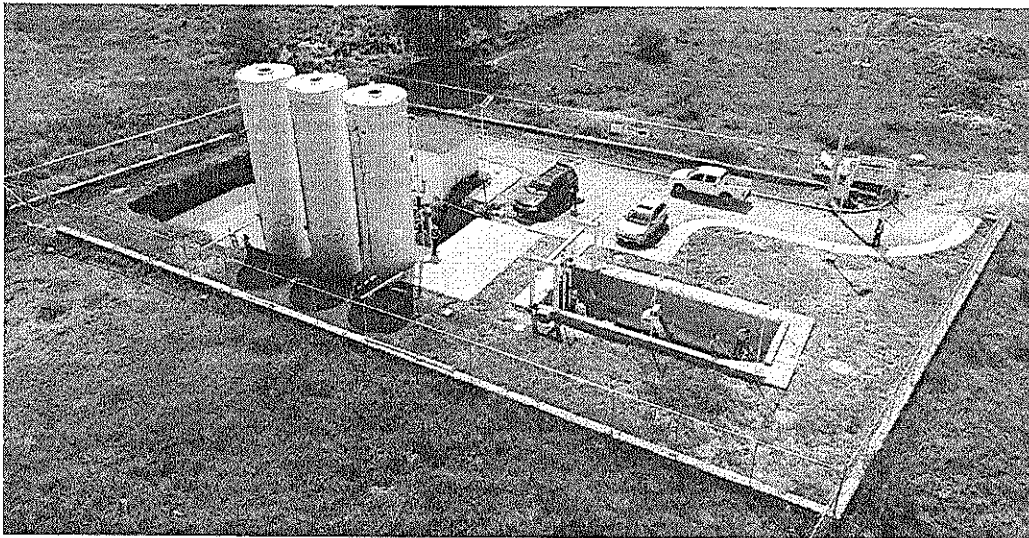
3. Acetogénesis- aquí los AGV se degradan aún más a acetato, hidrógeno y dióxido de carbono, que a su vez se convierte en la materia prima de las etapas siguientes

Posterior a la acidificación cuando esta se implementa o directamente después del separador de columna, los lodos y natas entraran a un Reactor metanogénico de expansión (ANE) donde se dan las etapas finales en la descomposición de la materia orgánica. Un influente totalmente acidificado ofrece el mayor potencial para la biodigestión, los productos finales son gas metano ( $CH_4$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y trazas de otros gases. Esta mezcla de gases también se conoce como biogás.

#### 4 Tren de Biogás

El Biogás que se genera en todas las etapas anaerobias se junta en un mismo conducto y si viene con una presión de 6 a 10 pulgadas de agua se pasa directo a un sistema de remoción de sulfhídrico, comúnmente a base de fierro esponja el cual típicamente baja el contenido de Ácido Sulfhídrico ( $H_2S$ ) a menos de 100 ppm, o al nivel máximo permisible que especifiquen ya sea el motor de combustión o la caldera que vaya a aprovechar el biogás.

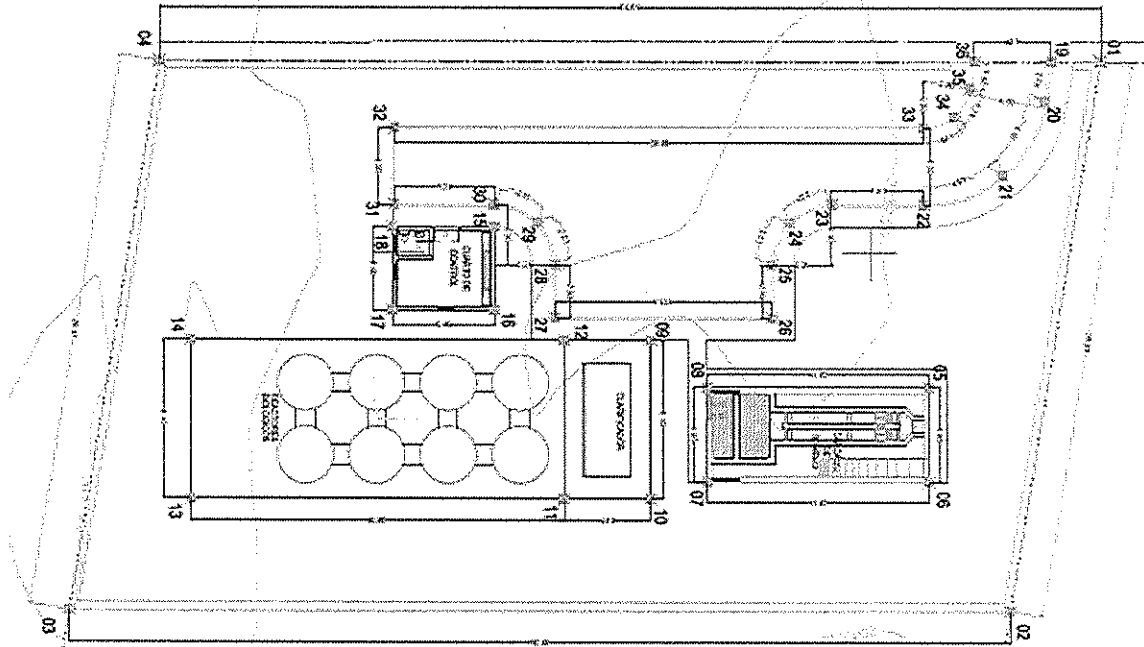
Posterior al sistema de remoción de sulfhídrico, si el gas va a ser utilizado en un sistema de potencia, para evitar problemas de cascabeleo en el motor, se tendrá que remover el  $CO_2$  presente hasta darle al biogás una concentración superior al 90% de metano.



Vista aérea de la PTAR Santa María del Valle

*Handwritten signatures and initials on the right side of the page.*

*Handwritten signatures and initials at the bottom left of the page.*



Arreglo General PTAR Santa María del Valle

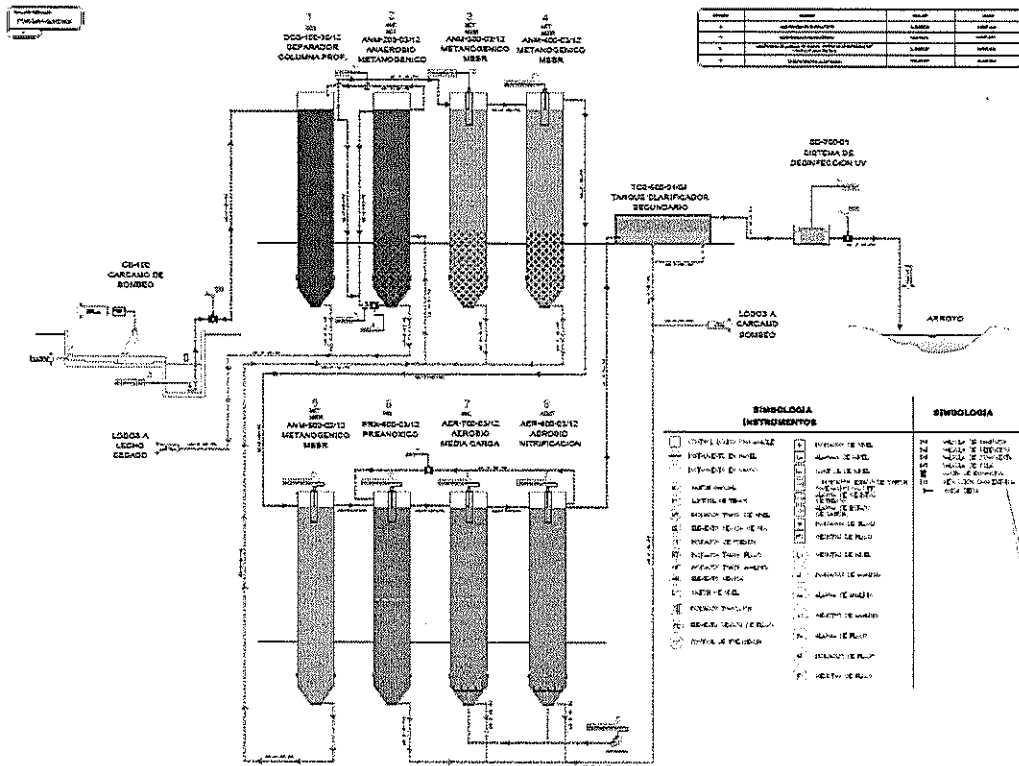
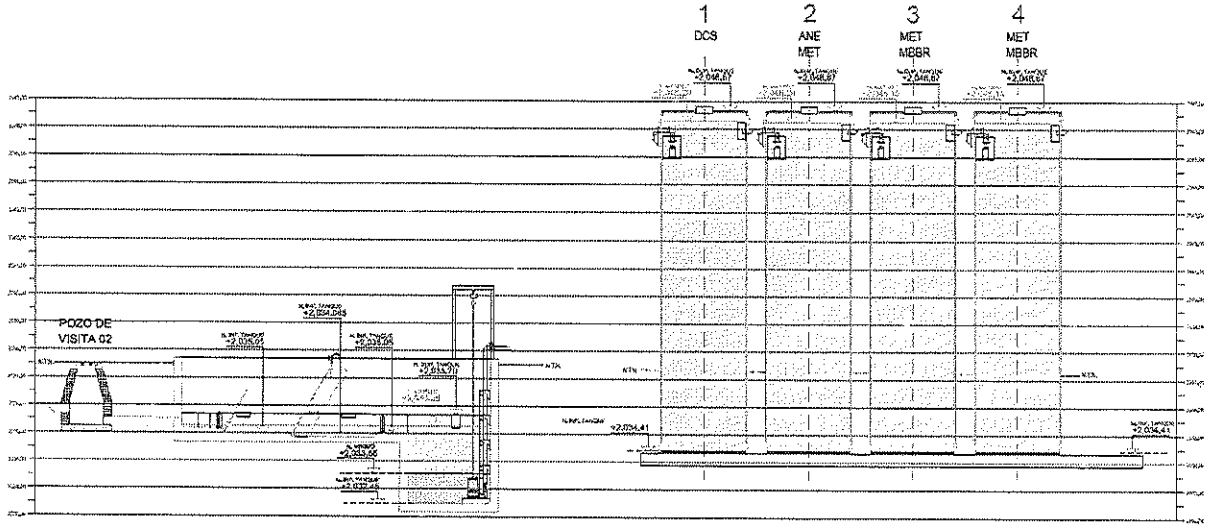
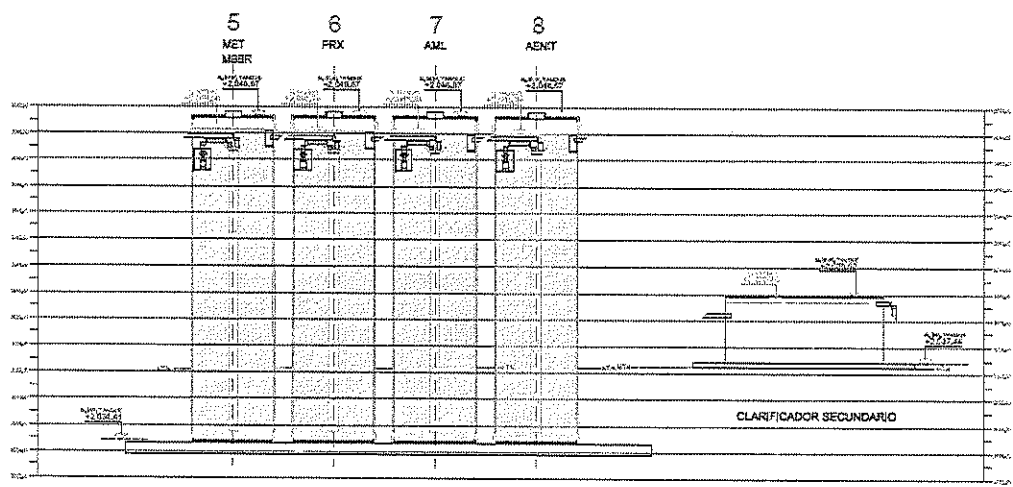


Diagrama de Flujo PTAR Santa María del Valle



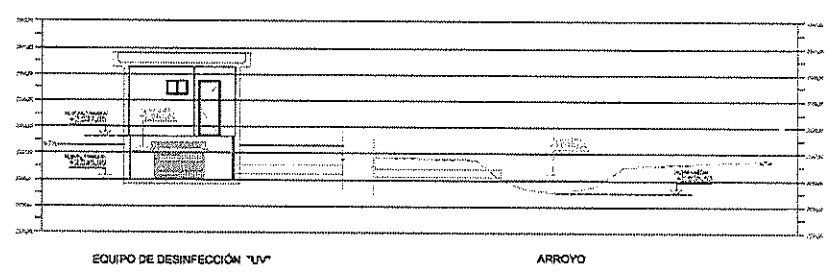
CARAMO DE BOMBEO

REACTORES BIOLÓGICOS



REACTORES BIOLÓGICOS

CLARIFICADOR SECUNDARIO



EQUIPO DE DESINFECCIÓN "UV"

ARROYO

Perfil Hidráulico PTAR Santa María del Valle

*Handwritten signatures and marks on the right side of the page.*



## 6. San Miguel de la Paz, Jamay

Planta de tratamiento de aguas residuales con capacidad para 10 l/s, fue diseñado para tratar agua residual con alta carga orgánica por la presencia de residuos y sueros lácteos provenientes de pequeños fabricantes.

El sistema de tratamiento es del tipo biológico secundario y combina dos procesos para lograr tratar las descargas presentes poder verter un agua tratada que cumpla con la NOM-003-SEMARNAT-1997, para reusó en servicios al público con contacto directo, y cuenta con las siguientes unidades.

### Descripción del Tren de Tratamiento de Aguas

La siguiente es una breve descripción de la operación de cada unidad usada en el diagrama de proceso de flujo.

#### Pretratamiento.

Esta estructura es la primera dentro del proceso y está formado por los siguientes equipos.

#### Rejilla Media y Fina de limpieza manual.

Estas rejillas son usadas para impedir que troncos, llantas, ramas y otros desperdicios pesados entren al sistema de tratamiento. Las rejillas medianas están espaciadas 2.5 CM (1" pulgada), mientras que las rejillas finas están espaciadas 6.5 mm (0.25" pulgada). Las rejillas son limpiadas manualmente cuando sea necesario. El material removido es colocado en un almacenador de basura y su disposición final es en el sitio marcado por las autoridades. El propósito principal de estas rejillas es proteger la operación de las Bombas.

#### Desarenador Gravimétrico.

El desarenador (elevado) se encarga de retirar los sólidos en suspensión por gravedad, está formado por un canal que opera a gasto máximo y su limpieza es de forma manual para remover la arena en suspensión. Esto evita el desgaste de las bombas. La arenilla removida manualmente, así como los sólidos, son transportados a una tolva de almacenamiento antes de su disposición final. Dada la ubicación de su construcción (elevado del nivel del UASB) favorece a la reducción del consumo de energía eléctrica, ya que posterior a este proceso de desarenado el caudal no requiere bombeo (únicamente de recirculación) hasta el emisor de agua tratada.

#### Estación Bombas del cárcamo de Influyente.

Esta estación de bombeo levantará el agua residual hasta el sitio de la planta llegando al Tratamiento UASB, la capacidad de bombeo es suficiente para cubrir los flujos picos esperados, para este caso y de acuerdo con los Términos de Referencia se está diseñando el cárcamo para bombear hasta 15 lps para cubrir el gasto máximo.

La operación de la estación de bombeo está basada en el control de nivel de líquidos, teniendo cada bomba en secuencia esto es las bombas arrancan y se apagan dependiendo del nivel de líquido en el cárcamo húmedo. La capacidad de las bombas está diseñada de tal manera que para flujo mínimo opera una bomba de la capacidad necesaria para este flujo y cuando este se incrementa entre en operación otra bomba y así sucesivamente.

#### Reactor Anaerobio UASB

El reactor biológico de flujo ascendente de tipo aerobio es un tipo de birreactor que opera en régimen



continuo y en flujo ascendente, es decir, el afluente entra por la parte inferior del reactor, atraviesa todo el perfil longitudinal, y sale por la parte superior. Son reactores anaerobios en los que los microorganismos se agrupan formando biogránulos, al atravesarse este proceso el agua continua hacia el tanque Anóxico para la eliminación de Nitrógeno, para cumplir con la Norma.

Por otro lado, forma adicional el reactor es alimentado (Rebombeo) de masa activa fuertemente oxigenada proveniente del clarificador, de forma tal de mantener la concentración óptima de la biomasa, obteniéndose las siguientes ventajas:

- -Simpleza en su manejo
- -No produce malos olores
- -Baja producción de lodos
- -Capacidad de crecimiento modular
- -Se requiere de poco espacio para su construcción
- -Resultados confiables
- -Resistencia a sobre flujos y cargas en el influente
- -Simpleza en su mantenimiento

### Eliminación de Nitrógeno (N) y Fósforo (P)

#### Tanque Anóxico.

En este tanque se lleva a cabo de forma biológica la eliminación de nutrientes recirculados en condiciones anóxicas (desnitrificación). Este tanque está equipado con tres agitadores encargados de facilitar la liberación del nitrógeno gas producido en la desnitrificación.

#### Reactor Biológico (Tanque Aerobio).

El agua llega al reactor biológico a luego de haber pasado por el vertedor que comunica con el tanque anóxico, en esta parte del proceso se produce el desarrollo de una gran concentración de biomasa activa (lodos activados) compuesta por miles de millones de bacterias las cuales consumen y degradan la materia orgánica con producción final de bióxido de carbono y agua. Con un sistema de aeración por difusión de aire suministrara a través de un sistema de difusores el oxígeno necesario para este proceso.

#### Sistema de Aireación.

El sistema de parrilla con difusores tipo disco de 11" de diam., de PVC y membrana EPDM se puede instalar rápidamente en todo tipo de depósitos aireados sin necesidad de adhesivos u otros materiales auxiliares. Este sistema incorpora un exclusivo sistema de montaje que permite la expansión térmica de los módulos de tuberías conectados, por lo que proporciona un funcionamiento fiable incluso a temperaturas del aire superiores a 100°C.

#### Sedimentador Secundario.

La función de los clarificadores es separar la biomasa del flujo líquido. La clave para el diseño de los clarificadores es la carga de sólidos, la carga de sólidos máxima a flujo de diseño es importante para poder determinar eficiencia del sedimentador.

#### Regreso de Lodos Activados

La biomasa en los clarificadores puede ser regresada para mantener en activo la biomasa en el reactor Biológico. Este flujo de recirculación se consigue con equipo de bombeo succionado directamente del secundario.





### Lodo Activado Residual

En el proceso de tratamiento se produce un excedente de biomasa. Este excedente de lodo debe ser desechado del sistema para mantener las condiciones adecuadas del proceso. Una parte del lodo activado regresado es desviado al UASB. Esta porción es designada como lodo activado residual. La cantidad de este depende de la cantidad de residuos orgánicos recibidos en la planta y la carga orgánica (relación F/M).

### Desinfección UV.

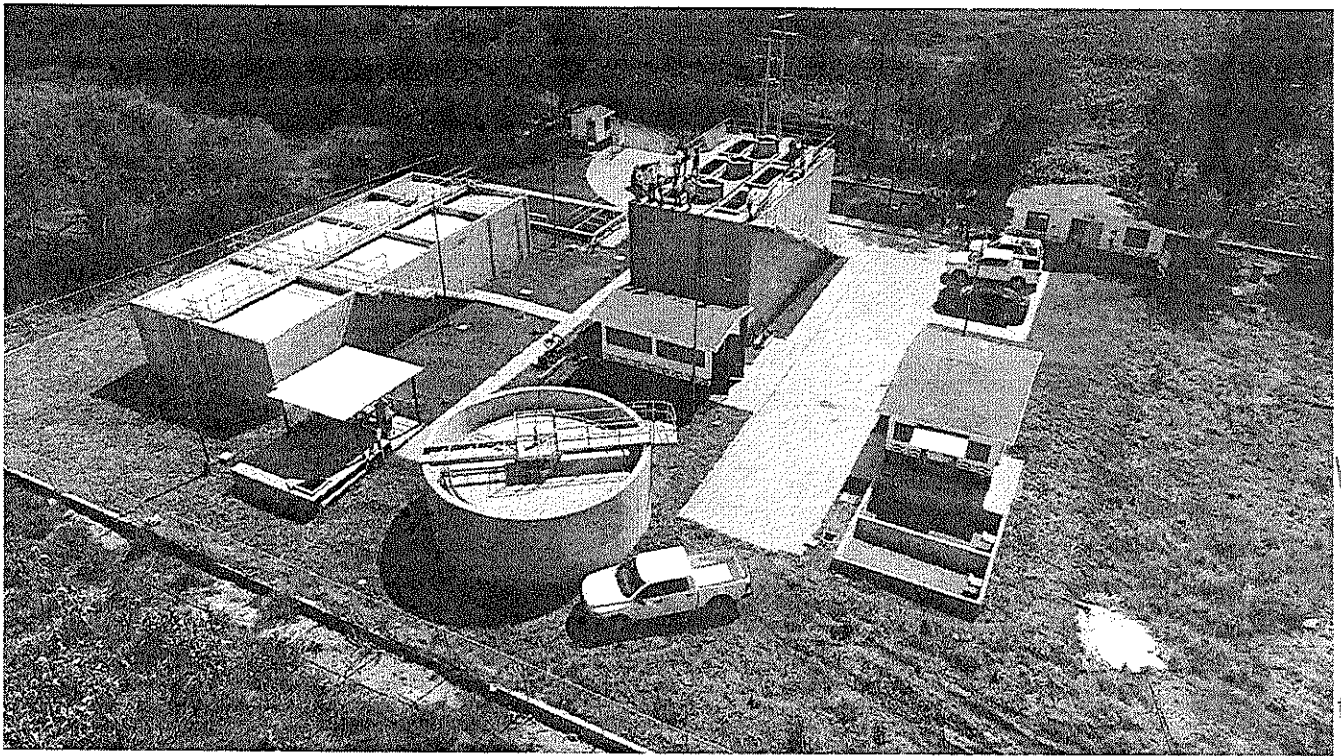
El último paso en el tratamiento de las aguas residuales es la desinfección o reducción de bacterias a un nivel aceptable. El sistema de Desinfección a base de rayos ultra violeta, reduce el contenido de bacterias patógenas a la condición mínima para lograr la desinfección requerida.

### Extracción de Lodos

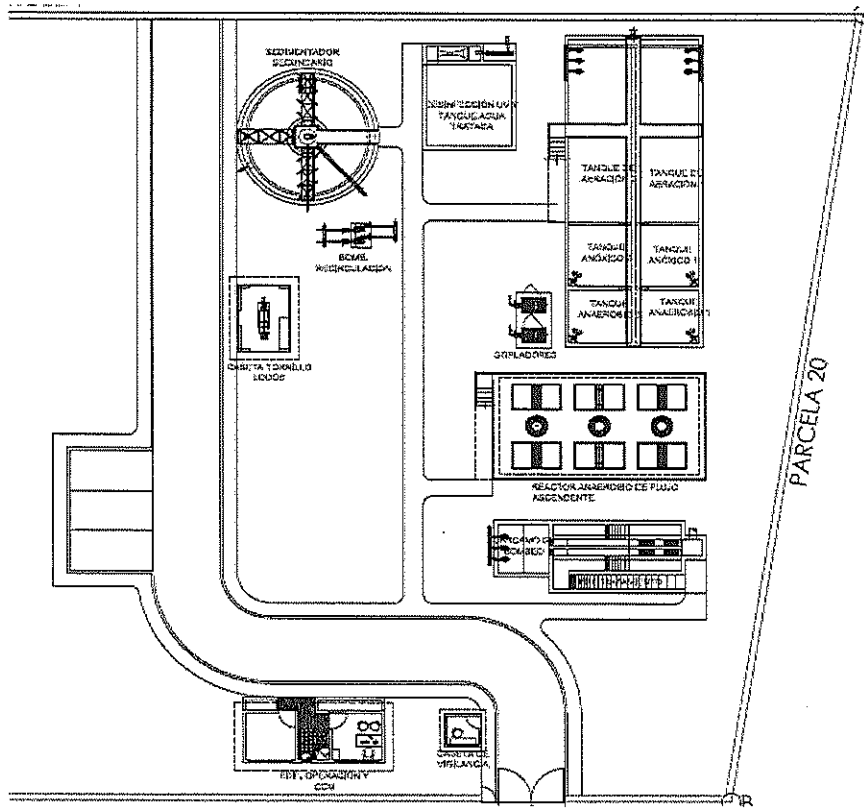
La transferencia del lodo excedente del UASB al proceso de deshidratado se realiza por gravedad.

### Lechos de Secado

Se cuenta lechos de secado, su uso lograra una remoción adicional de agua del lodo digerido (deshidratado)



Vista aérea de la PTAR San Miguel de la Paz



Arreglo General de la PTAR San Miguel de la Paz

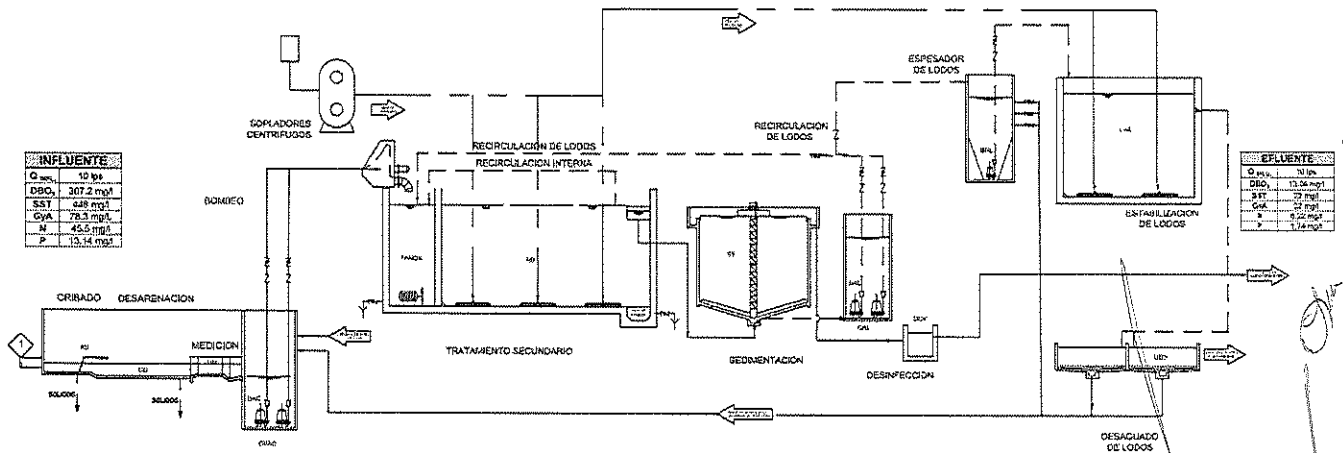
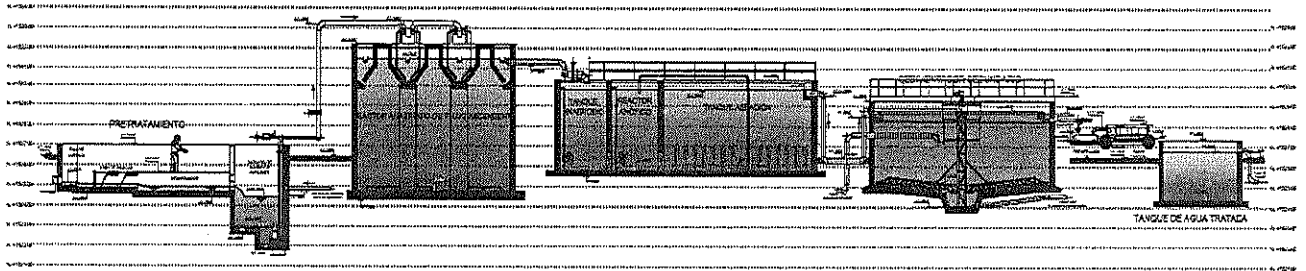


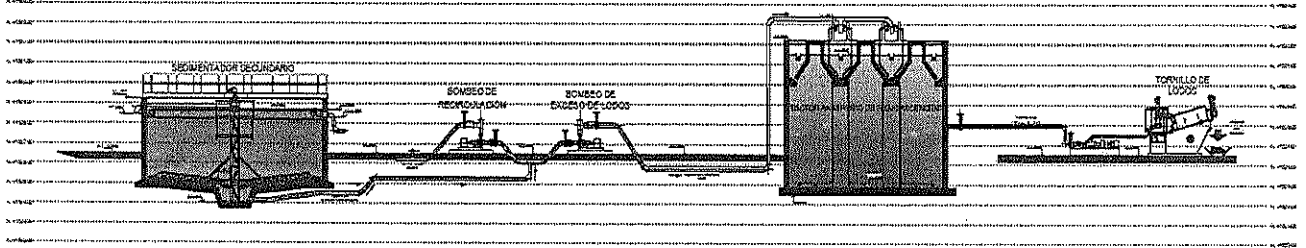
Diagrama de flujo PTAR San Miguel de La Paz



### PERFIL HIDRÁULICO DE AGUA



### PERFIL HIDRÁULICO DE LODO



### Perfil Hidráulico PTAR San Miguel de la Paz

#### 7. Residencial la Capilla, Ixtlahuacán de los Membrillos

Planta de tratamiento de aguas residuales con capacidad para 9 l/s, fue diseñado para tratar agua residual de tipo municipal.

El sistema de tratamiento es del tipo biológico secundario para tratar las descargas de la localidad y poder verter un agua tratada que cumpla con la NOM-003-SEMARNAT-1997, para reuso en servicios al público con contacto directo, y cuenta con las siguientes unidades.

#### Tren de tratamiento propuesto

- a) Tren de tratamiento de aguas.
  - Canal de acceso.
  - Cribado grueso y fino.
  - Desarenado.
  - Sección de control y aforo.
  - Tanque homogeneizador y anóxico, y estación de bombeo.
  - Hidrotamiz parabólico.
  - Reactor biológico con desnitrificación.
  - Desinfección por medio de luz ultravioleta.
- b) Tren de tratamiento de lodos.
  - Digestión de lodos.
  - Deshidratación por medio de lechos de secado.

#### Pretratamiento:

Es la transición de la tubería de llegada a las unidades de cribado, se debe cuidar que las velocidades en este tramo se encuentren entre 0.40 y 0.60 m/s.



**By pass:** Cuenta con by-pass para conducir el influente al canal de efluente en casos de emergencia.

**Cribado:** La operación de tratamiento de la planta comienza en el sistema de cribado, el cual retira ciertos sólidos. Consta de rejillas justo entre el canal de acceso y el desarenador que funcionarán con el flujo del canal, dicha cribado cumplirá la función de separar los sólidos gruesos como trapos, papeles, ramas, hojas, pañales y otros desechos sanitarios que perduran en el agua, esto con el fin de prevenir atascamientos en los equipos y taponamientos en las tuberías, dicha canastilla será de operación manual.

**Desarenado:** En esta unidad se remueven las arenas y gravas arrastradas por el influente, a fin de proteger a los equipos de bombeo y de tratamiento de su acción abrasiva: para el manejo y retiro de los sólidos separados, se cuenta con un contenedor y se cuenta con un polipasto con su respectiva estructura metálica a fin de facilitar su remoción.

**Sección de control y aforo:** Se cuenta con vertedores proporcionales o sutro y con un canal Parshall para control y aforo del influente; en esta unidad se controla el caudal que ingresa al cárcamo de bombeo después de pasar por el pretratamiento. El aforo del caudal se realiza mediante un medidor de canaleta Parshall.

**Tratamiento primario:** El objetivo del tratamiento primario es el de remover los sólidos suspendidos en el agua, así como los sólidos sedimentables, además de promover la eliminación de nitrógeno y la mezcla homogénea previo al tratamiento biológico.

**Tanque homogeneizador y anóxico, y estación de bombeo:** El cárcamo de llegada cuenta con dos mezcladores anóxicos del tipo torpedo, dispuestos de forma cruzada con los cuales se lleva a cabo el antes mencionado proceso de tres etapas de desnitrificación. Además de que favorece la mezcla completa evitando zonas de sedimentación en el tanque.

Se encuentran instaladas dos bombas del tipo traga sólidos en el cárcamo que hace las veces de cárcamo de bombeo y tanque homogeneizador y desnitrificador. Tiene un tiempo de retención de dos horas para el caudal de diseño. Para las bombas se establecen ciclos de arranque consecutivos por bomba. Al ser este tanque donde se favorece la nitrificación, la recirculación de lodos se realiza en este sitio.

**Hidrotamiz parabólico:** El hidrotamiz estático cumple la función de retirar sólidos sedimentables, además de sólidos en suspensión, es decir, podrá ayudar con la remoción de  $DBO_5$  suspendida, en orden de 12%, y de grasas y aceites, en orden del 20 al 30% debido a la acción por flotación de esta etapa e impregnándose en gran porcentaje en las partículas desalojadas. El equipo tiene la característica de ser autolimpiable tipo parabólico con barras sinusoidales paralelas con descarga continua de los desechos.

Lo anterior tiene como objeto proteger el tratamiento biológico y la clarificación por flotación por aire disuelto subsecuentes.

**Tratamiento biológico con desnitrificación:** La función que cumple el tratamiento biológico secundario es la de aprovechar la actividad metabólica de los microorganismos presentes en el agua para remover componentes no deseados. También se tiene la clarificación como complemento a la eliminación de componentes para obtener un efluente libre de turbiedad y sólidos suspendidos. Se incluye en este apartado la desinfección que complementa el tratamiento y de esta forma cumplir con la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 en el apartado "C".

**Reactor biológico con desnitrificación:** Esta etapa del proceso emplea los organismos suspendidos presentes en el agua para degradar la carga orgánica, mediante un proceso de



oxidación, mecanismo que se basa en suministrar oxígeno y recirculación a través de una turbina de con platos sumergidos, misma que mantiene el oxígeno disuelto en el orden de 1.5 a 2 mg/l, para favorecer la metabolización de nutrientes. Cabe mencionar que para este sistema no se requiere eliminación de olores, ya que no los produce.

Este proceso se conoce como de mezcla completa porque el agua de entrada y los organismos del reactor se encuentran en contacto uniforme todo el tiempo. Además, el proceso de lodos activados provee altas eficiencias en la remoción de DBO, y consiste en un fenómeno natural y de auto depuración.

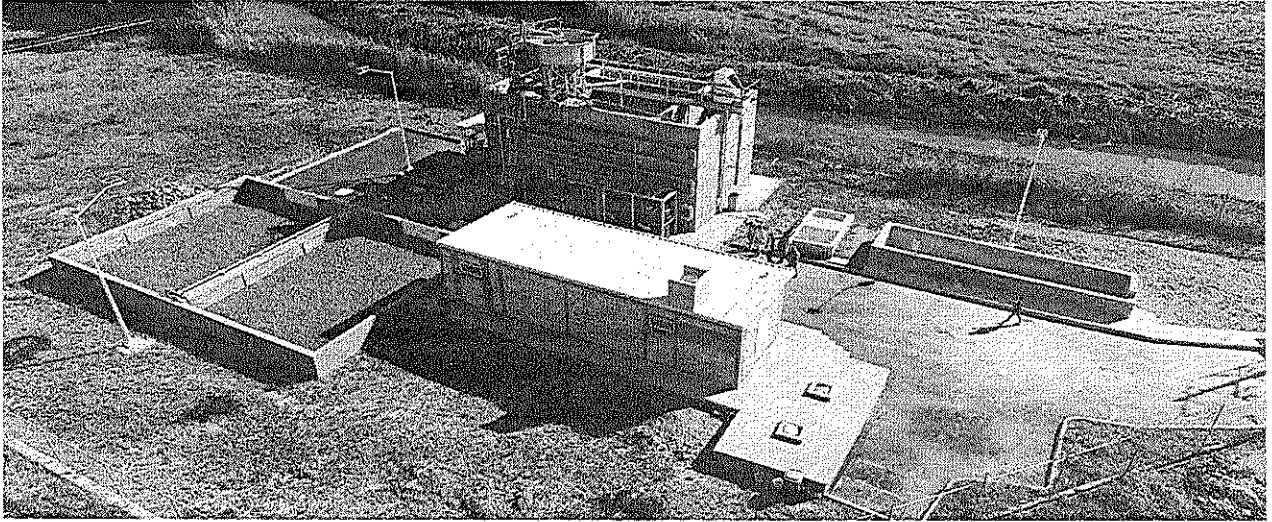
Para las etapas anóxicas y aerobias, requeridas para remover el nitrógeno, se adaptaron las dos etapas de los reactores biológicos como una zanja de oxidación, para tal fin, se realizaron ventanas de intercomunicación en las etapas iniciales y finales, de tal forma de implementar el tipo carrusel.

**Desinfección por medio de luz ultravioleta:** Para finalizar el tratamiento, se cuenta con una unidad de desinfección por luz ultravioleta, con el objeto de eliminar principalmente la bacteria de Escherichia Coli además de hongos, algas, virus y otras bacterias y microorganismos causantes de enfermedades, sin el inconveniente de producir subproductos indeseados en el agua.

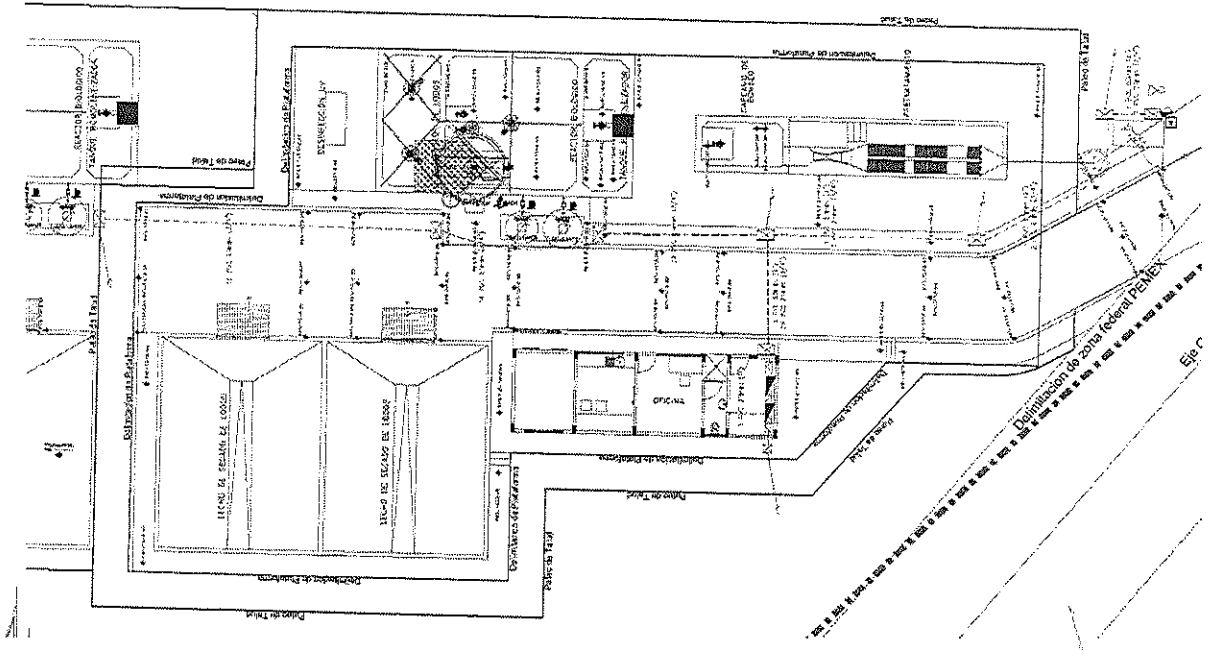
**Tratamiento de lodos:** Siendo uno de los productos del proceso de tratamiento de agua residual, los lodos tienen su propio tren de tratamiento para facilitar su manejo y disposición.

**Digestión de lodos.** Como parte del tratamiento de los productos del sistema de reactor biológico se cuenta con un digestor aerobio de lodos. El objetivo de la estabilización aerobia o la estabilización oxidativa bioquímica de los lodos es disminuir la cantidad de la materia orgánica biodegradable evitando así la emisión de olores por putrefacción durante su manejo y disposición final. El proceso involucra la oxidación directa de la materia biodegradable por los microorganismos y la oxidación del material celular microbiano. En este proceso se logran porcentajes de reducción de los sólidos suspendidos volátiles del 40% al 50%, similares a los obtenidos mediante la estabilización anaerobia de los lodos (Rife & Carayon, 2010). El reactor será alimentado mediante gravedad por el equipo de flotación por aire disuelto y contará con un sistema de aireación suficiente para llevar a cabo la oxidación y la mezcla del lodo.

**Deshidratación por medio de lechos de secado.** Los lodos que han sido anteriormente estabilizados en el digestor aerobio de lodos, serán enviados por gravedad al proceso de deshidratación donde se pretende eliminar la humedad presente en estos mediante la radiación solar y la decantación del agua. De esta forma se logrará un alto grado de deshidratación. Como complemento al sistema de lechos de secado de lodos se tendrá un cárcamo de escurrimientos de lodos, que recirculará hacia el tanque homogeneizador y anóxico para iniciar nuevamente el proceso.



Sembrado general de unidades de tratamiento, La Capilla, municipio de Ixtlahuacán de los Membrillos



Arreglo General PTAR La Capilla

*Handwritten signatures and initials:*  
 - A large signature on the right side.  
 - Initials 'CP' and 'X' below it.  
 - A circled '0' at the bottom right.

*Handwritten mark*

*Handwritten signature*