

PROYECTO PLANTA TRATAMIENTO

“PROYECTO ARBOLEDA FASE II”

La Chorrera Panamá

**Memoria de Cálculo Planta de Tratamiento de
Aguas Residuales**

1800 m³/día

Propietario:

GRUPO ROBLE

Panamá

Provincia Panamá Oeste

Distrito: La Chorrera

Corregimiento Puerto Caimito

Diciembre 2019

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. DIRECCIÓN EXACTA.....	7
3. SISTEMA PROPUESTO Y JUSTIFICACIÓN	8
4. PROCESO PRODUCTIVO DE LAS AGUAS A TRATAR.....	9
5. CARGA HIDRÁULICA	10
6. CARGA CONTAMINANTE.....	10
7. CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAS SANITARIAS	11
7.1 CANAL DE REJAS	11
7.2 DESARENADOR	13
7.3 TRAMPA DE FLOTANTES	15
7.4 CÁMARA ANÓXICA.....	16
7.5 TANQUE DE AIREACIÓN.....	20
7.6 TANQUE DE CLARIFICACIÓN.....	24
7.7 TANQUE PARA ALMACENAMIENTO, ESPESADO Y DIGESTIÓN DE LODOS.....	27
7.8 NICHO CON SACOS FILTRANTES PARA SECADO DE LODOS	28
A. DOSIFICACIÓN DE POLÍMERO.....	30
7.9 SISTEMA DE DESINFECCIÓN.....	30
8. DIMENSIONAMIENTO.....	35
9. CALIDAD DEL EFLUENTE	36
10. DISPOSICIÓN DEL AGUA TRATADA.....	37
11. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	37

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES A TRATAR **	11
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS	22
TABLA 4. DIMENSIONES DE PROCESOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	36
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	36

ABREVIATURAS

PTAR	Planta de Tratamiento de Agua Residual
mg/L	miligramos por litro
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días
SST	Sólidos Suspensidos Totales
lps	Litros por segundo
L/s	Litros por segundo
kg	kilogramos
CO ₂	Dióxido de carbono
m ²	metro cuadrado
DQO	Demanda Química de Oxígeno
pH	potencial de Hidrógeno
cm	centímetro
mm	milímetro
l	Litros
s	Pendiente
HRT	Tiempo de Residencia hidráulico
SSLM	Sólidos Suspensidos en el Licor Mezclado
m/min	Metros por minuto
Q	Caudal
SSV	Sólidos suspendidos Volátiles
SBE	Fracción Biodegradable
m ³	metro cúbico
d	día
kg/d	kilogramo por día
m ³ /d	Metros cúbicos por día
m	Metros
Ft/seg.	Pies por segundo

kW	kilo Watts
Qr	Caudal de retorno
F/M	Relación entre alimento y Microorganismos
ME	Metcalf Eddy
$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$	Metros cúbicos por metro cuadrado por día.
PVC	Cloruro de Polivinilo
SSVLM	Sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado
HP	Horse Power
g/l	Gramos por litro
U	Unidades

1. INTRODUCCIÓN

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR, para el **Proyecto La Arboleda Fase II que se desarrollará Panamá, Provincia de Panamá Oeste, Distrito Chorrera, Corregimiento Puerto Caimito**, está basado en un sistema de tratamiento de tipo biológico aeróbico con base en Lodos Activados con Aireación Extendida.

El proceso de tratamiento aeróbico de aguas residuales, por medio de Lodos Activados, tiene las siguientes ventajas:

- Es un proceso intensivo de tratamiento, en otras palabras, requiere muy poca área.
- Es un proceso altamente eficiente, capaz de entregar un efluente (agua tratada) con menos de 50 mg/L de Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO₅, y de Sólidos Suspendidos Totales, SST.
- El proceso de puesta en operación del sistema es bastante rápido, permitiendo tener un efluente de buena calidad luego de una o dos semanas de haber sido puesto en operación.
- No produce olores molestos a los vecinos de la PTAR.
- El sistema de Aireación Extendida utilizado da mayor flexibilidad al proceso de Lodos Activados, tolerando el sistema mayores variaciones hidráulicas y orgánicas.
- Es un proceso bastante conocido en el medio.

La PTAR ha sido dimensionada con base en la información suministrada por el propietario, cual es un volumen de 1816 m³ por día, correspondiente al consumo promedio diario proyectado en un día de máxima demanda de este Desarrollo.

La planta tendrá la capacidad de recibir las aguas residuales domésticas de 1200 residencias y 5 personas por residencia, con una dotación neta de aguas residuales de 80 galones por persona por día es decir un sistema de 1816 m³/d.

Analisis de Caudales	
Numero de casas	1200 casas
Numero de personas por casa	5 personas
Numero de personas totales	6000 personas
Dotacion de Agua potable	100 gal/pers/dia
Factor de retorno	80%
Caudal de diseño sanitario	480000 galones por dia
Caudal de diseño sanitario en m ³ /d	1816,8 m ³ /d
Carga de diseño	363 Kg/d de DBO

Las aguas que recibirá la Planta de Tratamiento serán de actividades domésticas, por lo que la composición de estas aguas clasifica dentro del tipo de aguas negras normales de tipo doméstico, concentración baja.

Como caudal promedio de diseño se ha tomado un flujo medio diario, a plena ocupación de 21,02 l/s. Se ha asumido un Factor Pico horario de 2, lo cual arroja un caudal máximo horario de aguas residuales de 42,04 l/s llegando a la PTAR.

Analisis de Caudales	
Caudal de diseño sanitario	Carga orgánica
Qd=	1816 m ³ /d
Qd=	21,02 l/s
Caudal Pico	Norma
Factor pico hidráulico	Fp=
Qmax d=	3632,00 m ³ /d
Qmax d=	42,04 l/s
Qmax hor=	151,33 m ³ /h
Qmax hor=	1,75 l/s
	Remoción Minima
	272,40 kg DBO por dia

La PTAR recibirá una carga orgánica, a condiciones de diseño (máxima ocupación), de **363 Kg de Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO₅, por día**. Esta carga equivale a tratar aguas residuales domésticas con una concentración media de **200 mg/l de DBO₅**.

El caudal ha sido proporcionado por el propietario del proyecto y la estimación estadística de complejos similares.

2. DIRECCIÓN EXACTA

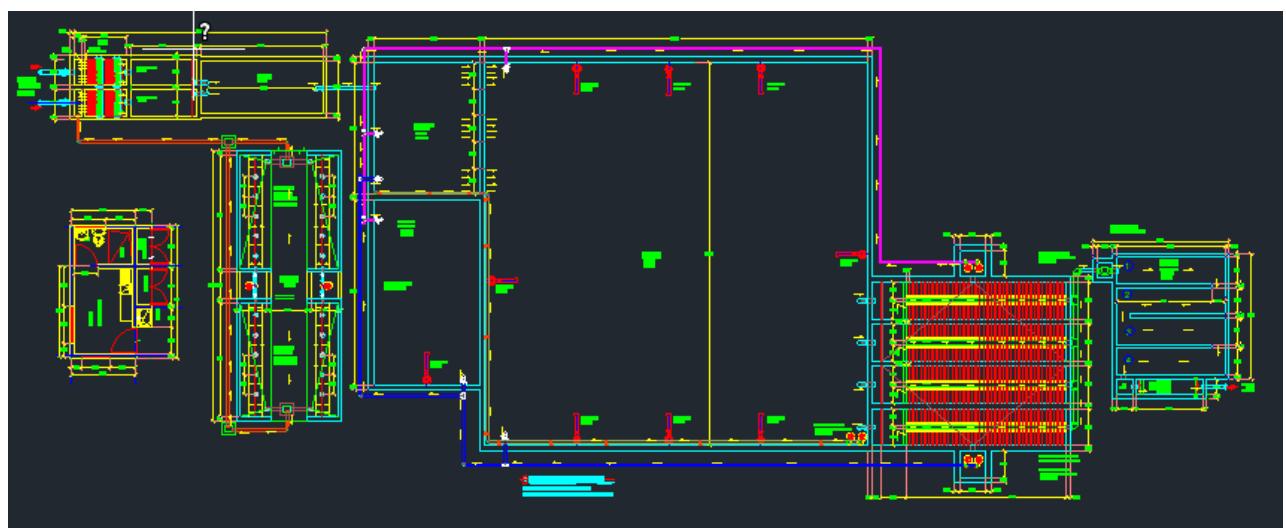
La planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR, será parte de un proyecto inmobiliario nuevo a desarrollar su ampliación y que se llamará **Proyecto La Arboleda Fase II que se desarrollará Panamá, Provincia de Panamá Oeste, Distrito Chorrera, Corregimiento Puerto Caimito**,

3. SISTEMA PROPUESTO Y JUSTIFICACIÓN

La Planta para Tratamiento de Aguas Residuales, proyectada, está basada un sistema de tratamiento de tipo biológico aeróbico con base en Lodos Activados con Aireación Extendida.

La justificación de colocar aquí una PTAR es que no hay una red sanitaria pública en operación, y no es posible en este lugar el sistema de tanques sépticos y drenajes. Por lo tanto, el cliente quiere un cabal cumplimiento de toda la reglamentación ambiental vigente.

DIAGRAMA DE LA PTAR



4. PROCESO PRODUCTIVO DE LAS AGUAS A TRATAR.

Las aguas que serán tratadas en esta Planta de Tratamiento serán únicas y exclusivamente de tipo doméstico, o sea las que son generadas por el uso de los artefactos sanitarios de este Desarrollo por parte de las personas que visiten o trabajen en ese lugar. Serán todas las producidas en los inodoros, mingitorios, lavatorios, baños, cocinas y pilas de lavar. Estamos hablando tanto de las aguas negras como de las aguas grises o jabonosas. Bajo ningún concepto se pueden conectar aguas pluviales, piscinas o de refrigeración a este sistema. Todas las aguas deben ser de actividades domésticas de los visitantes y empleados de este complejo. Estas aguas residuales domésticas serán conducidas por una red de alcantarillado hasta la Planta de Tratamiento.

El sistema de tratamiento se inicia con la llegada de todas las aguas residuales a una estación de bombeo elevadora, para luego pasará a una rejilla de retención de sólidos mayores no biodegradables, con el fin de proteger los equipos y de evitar la entrada al sistema biológico de material no biodegradable tales como piedras, plásticos, etc. Los sólidos retenidos en el Tratamiento Primario serán retirados de la planta de tratamiento y dispuestos con los otros residuos sólidos del complejo. Luego de la separación de sólidos y desarenado, el agua pasa una trampa de material flotante para separar las partículas más livianas y grasas, y luego entrará al contactor anóxico, luego al tanque de aireación donde será sometida al proceso de conversión de materia orgánica en gas carbónico (CO_2) y agua, así como en nuevo material celular (bacterias, protozoarios, etc.), de tipo aeróbico, denominado comúnmente Lodo. El agua pasa entonces a un tanque de sedimentación o clarificación, denominado clarificador secundario, donde el lodo se sedimenta por su propio peso y el agua clarificada pasa a la etapa de desinfección con cloro, antes de su disposición final en un drenaje sanitario.

El lodo biológico retenido en el clarificador secundario es retornado al tanque de aireación, con el fin de mantener la concentración de biomasa apropiada dentro del

sistema. La planta cuenta con un tanque para el almacenamiento, espesado, y digestión de los lodos, una vez que llegue el momento de retirar del sistema el exceso de lodos que se ha producido. Los lodos ya digeridos y estabilizados podrán disponerse en un nicho con sacos filtrantes de secado para deshidratación de lodos.

El área total ocupada por la Planta de Tratamiento de Agua Residual será de 800 m².

El objetivo de este proyecto está centrado en la depuración o purificación de aguas residuales domésticas (aguas negras) hasta un grado tal que sea aceptado por cuerpos receptores de agua, de acuerdo con lo establecido en la legislación local.

5. CARGA HIDRÁULICA

La PTAR ha sido dimensionada con base en la información suministrada por el diseñador del proyecto. La PTAR tendrá la capacidad de manejar un caudal promedio de 21,02 l/s equivalente a los 1816 m³/d (metros cúbicos por día). Se ha asumido un Factor Pico horario de 2, lo cual arroja un caudal máximo horario de aguas residuales de 42,04 l/s llegando a la PTAR.

6. CARGA CONTAMINANTE

La PTAR tendrá la capacidad de recibir una carga orgánica, a condiciones de diseño (máxima ocupación), de **363 Kg. de Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO₅, por día**. Esta carga equivale a tratar aguas residuales domésticas con una concentración media de **200 mg/L de DBO₅** y un efluente con una calidad de 50 mg/l de DBO.

Análisis de Caudales			
Caudal de diseño sanitario		Carga orgánica	
Qd=	1816 m ³ /d		200 mg/l
Qd=	21,02 l/s		363,20 kg DBO por dia
Caudal Pico		Norma	
Factor pico hidráulico	Fp=	2	50 mg/l
Qmax d=	3632,00 m ³ /d		
Qmax d=	42,04 l/s		Remoción Mínima
Qmax hor=	151,33 m ³ /h		272,40 kg DBO por dia
Qmax hor=	1,75 l/s		

La planta deberá ser capaz de tratar aguas residuales con las características de la

Tabla 1:

Tabla 1. Características de las aguas residuales a tratar **

Parámetro	Valor máximo
Demanda química de oxígeno (DQO)	400 mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	200 mg/L
Sólidos suspendidos totales (SST)	200 mg/L
Sólidos Sedimentables	10 ml/l
Grasas y aceites	50 mg/L
Tensoactivos que reaccionan al azul de metileno	10 mg/L
Potencial hidrógeno (pH)	6,0 a 9
Temperatura	15 a 35 grados Celsius

** Referencia: Metcalf Eddy INGENIERIA SANITARIA. Tratamiento, evacuación y reutilización de Aguas Residuales. SEGUNDA EDICION

7. CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAS SANITARIAS

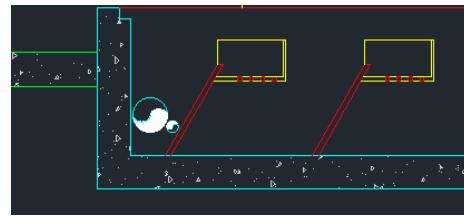
7.1 Canal de rejas

Por la capacidad de la PTAR la misma tendrá dos trenes de tratamiento primario. Uno estará con la capacidad total del caudal de la PTAR y el otro podrá estar en mantenimiento. A la entrada del tren de tratamiento primario se instalará un canal de concreto con rejillas metálicas. Las rejas tendrán una inclinación de 60° con respecto a la horizontal y serán limpiadas manualmente con un rastillo suministrado con la PTAR.

Se colocan dos rejas en serie, la primera con una abertura de 25 mm y la segunda de 10 mm. El ancho del canal de rejas es de 100 cm. por 1.60 m de largo total

Rejillas			
Caudal	Fp=	2	Caudal Pico
1816 m ³ /d			4086 m ³ /d
21,02 l/s			47,3 l/s
Dimensión Seleccionada	Ancho:	1,00 m	
	Largo:	1,60 m	
Rejilla No. 1			
Ancho seleccionado		1,00 m	
Factor beta perdida por forma		1,80	
Ancho de barras		0,01 m	
Separación entre barras		0,025 m	
Velocidad en el canal		1,00 m/s	
Cabeza de velocidad		0,05 m	
Angulo con la horizontal		60,00 grados	
Perdida hidráulica por rejas		0,01 m	
Rejilla No. 1			
Ancho seleccionado		1,00 m	
Factor beta perdida por forma		1,80	
Ancho de barras		0,01 m	
Separación entre barras		0,01 m	
Velocidad en el canal		1,00 m/s	
Cabeza de velocidad		0,05 m	
Angulo con la horizontal		60,00 grados	
Perdida hidráulica por rejas		0,04 m	

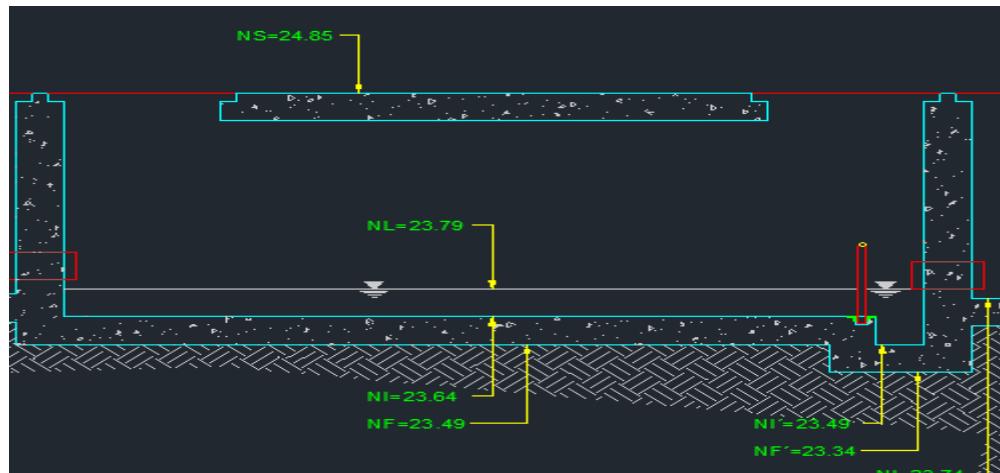
Los sólidos gruesos no biodegradables serán retirados manualmente de forma periódica y dispuestos con otros residuos sólidos del desarrollo. Los mismos serán siempre embolsados y llevados a un colector de basura dentro del área de la Planta a la entrada, para que sea recogida por el recolector público de basuras. En la parte superior de las rejillas inclinadas se colocarán dos plataformas de escurrimiento, con el fin de que escurran los sólidos que se retiran de la reja.



7.2 Desarenador

Posterior al canal de rejas se colocará un desarenador, para evitar la entrada de partículas de arena al sistema de tratamiento y de esta manera proteger los equipos de aireación y bombas de la abrasión.

El desarenador es una unidad de tratamiento compuesta de tres elementos a saber, una zona de desarenado al inicio, un vertedero tipo sutro antes de la cámara de salida para garantizar una velocidad constante en la unidad y la cámara de salida propiamente. Los desarenadores se diseñan para el caudal pico.



Desarenador		
Caudal de diseño sanitario		
Qd=	1816 m ³ /d	
Qd=	21,02 l/s	
Caudal Pico		
Factor pico hidráulico	F _p =	2
Q _{md} =	3632,00 m ³ /d	
Q _{md} =	42,04 l/s	
Dimensión Seleccionada	Ancho:	1,00 m
	Largo:	2,50 m
	Profundidad	0,15 m
Velocidad en el canal	0,3 m/s	
Velocidad sedimentación de la arena	1,0 m/m	
Ancho de canal	1,00 m	
Relación L/H	2,50	
AS _m	0,01 m ²	
AS _p	0,02 m ²	
Am	0,03 m	
Ap	0,06 m	
L _m	1,10 m	
L _r	1,80 m	
VC	0,11 m ³	
HRT flujo medio	5,00 s	

7.3 Trampa de flotantes:

Para plantas de tratamiento de un caudal superior a 1200 m³/d se pueden utilizar tiempo de retención de 15 minutos mínimo. Se ha diseñado para un tiempo de residencia hidráulico de 15 minutos. Sus dimensiones internas son 2,00 m x 4,65 m con 2,00 m de altura hidráulica o altura útil, para un volumen total de 18 600 litros.

Trampa de Flotantes		
Caudal de diseño sanitario		
Qd=	1816 m ³ /d	
Qd=	21,02 l/s	
Caudal Pico		
Factor pico hidráulico	Fp=	2
Qmd=	3632,00 m ³ /d	
Qmd=	42,04 l/s	
Dimensión Seleccionada		
	Ancho:	2,00 m
	Largo:	4,65 m
	Profundidad	2,00 m
	Volumen diseño	18,60 m ³
Altura util	2,00 m	
Tiempo de retencion	15 min	Al menos 15 minutos
Tiempo de retencion	0,0104 dias	
Volumen necesario	18,92 m ³	
Relación L/H	2,33	Mayor a 2
Volumen	37,83 m ³	
Superficie efectiva nec	18,92 m ²	
Largo	13,23 m	
Ancho	5,69 m	
Largo r	2,05 m	
Ancho r	0,70 m	
Area real	1,44 m ³	

7.4 Cámara Anóxica

Contactor Anoxico		
Caudal de diseño sanitario		
Qd=	1816 m ³ /d	
Qd=	21,02 l/s	
Dimensión Seleccionada		Ancho: 4,00 m
		Largo: 5,00 m
		Profundidad 4,00 m
		Volumen 80,00 m ³
Caudal Pico		
Factor pico hidráulico	F _p =	2
Q _{md} =	3632,00 m ³ /d	
Q _{md} =	42,04 l/s	
Altura util	4,00 m	
Tiempo de retención	60 min	
Tiempo de retención	1,0 horas	
Relación L/H	1,25	Al menos 1:1.5
Volumen requerido	61 m ³	
Ancho estimado Min	3,48 m	
Largo estimado Min	4,35 m	
Largo r	5,00 m	
Ancho r	4,00 m	
Volumen real	80,00 m ³	

Para lograr los objetivos de un contactor anóxico, se requieren ciertos parámetros de forma y retención. Para un tiempo de retención de una hora, se requieren 76 m³ la salida de la trampa de flotantes descarga directamente – por gravedad - dentro de un tanque con 80 m³ de capacidad, con las siguientes dimensiones 4,00 m de ancho, 5,00 m de largo y 4,00 de profundidad con el cual servirá para varios propósitos:

- Amortiguar variaciones en flujo procedente del Desarrollo Comercial para Igualación de flujo.
- Homogenizar el volumen de agua del tanque, mediante la mezcla de su contenido, de forma que se disminuyan las variaciones en concentraciones de las aguas

residuales que entran al proceso biológico siguiente: Homogenización de cargas orgánicas.

- Servir como punto de contacto entre el lodo reciclado del Clarificador Final y el agua cruda que llega a la planta, acelerando el proceso de biodegradación y disminuyendo el potencial de crecimiento de bacterias filamentosas.
- Será parte del proceso de desnitrificación Ludzak Ettinger Modificado para la desnitrificación del efluente ya nitrificado.



La presencia de organismos filamentosos provoca que los flóculos biológicos del reactor sean voluminosos y poco consistentes. Los flóculos ahí formados no sedimentan bien, y suelen ser arrastrados, en grandes cantidades, en el efluente de los estanques de sedimentación.

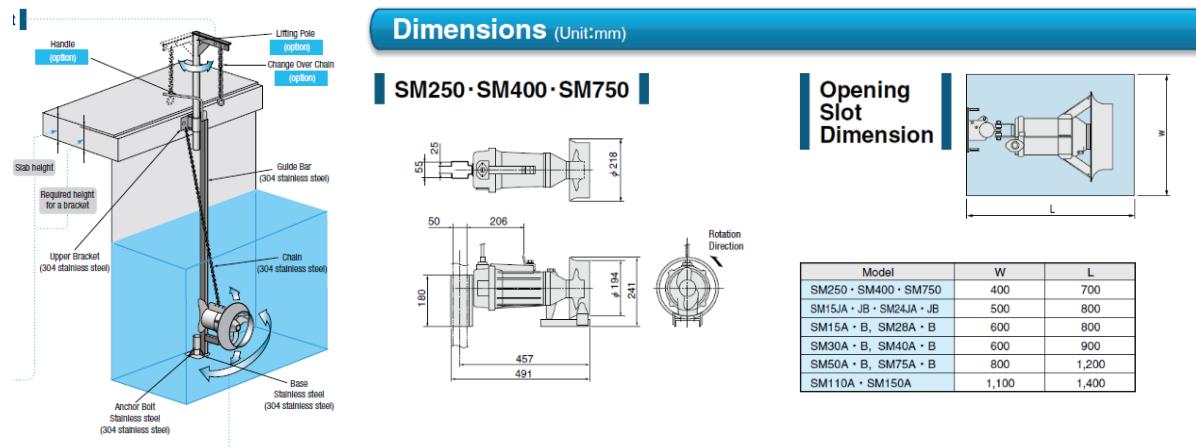
Los organismos filamentosos que se presentan en el proceso de lodos activados incluyen una variedad de bacterias filamentosas, actinomicetos y hongos. Las condiciones que favorecen el crecimiento de los organismos filamentosos son muy diversas, y varían para cada planta.

El control de los organismos filamentosos se ha conseguido de diferentes maneras, ya sea por adición de cloro o de peróxido de hidrógeno al lodo activado de retorno, por alteración de la concentración de oxígeno disuelto en el estanque de aireación, por alteración de los puntos de alimentación del agua a tratar para incrementar el calor de la relación F/M, mediante la adición de nutrientes básicos (nitrógeno y fósforo), adición de nutrientes y factores de crecimiento de traza o, más recientemente, mediante el uso de selectores.

El control del crecimiento de los organismos filamentosos en procesos de mezcla completa se ha conseguido mezclando el lodo de retorno con el agua residual entrante en un pequeño tanque de contacto anóxico conocido con el **nombre de selector o contactor anóxico**.

60Hz Specifications

Model	Motor		Rated Current (A)	Simultaneous Rotation Speed (min ⁻¹)	Propeller Code	Propeller Dia. (mm)	Output at clean water mixing (kW)	Flow Rate (m ³ /min)	Thrust (N)	Weight (kg)
	Output (kW)	Poles (P)								
SM250	0.25	4	2.0	1,800	—	136	0.22	1.5	44	20
SM400	0.4	4	2.5	1,800	—	150	0.32	2.0	60	23
SM750	0.75	4	4.2	1,800	—	180	0.6	3.4	125	25
SM15JA·JB	1.1	6	5.7	1,200	115	254	0.9	6.5	230	47
					116		0.8	5.6	175	
					117		0.7	4.9	130	
	1.5	6	7.4	1,200	114		1.2	7.4	300	
					115		0.9	6.5	230	
					116		0.8	5.6	175	
					117		0.7	4.9	130	
					*212	300	1.5	10.5	430	49
					213		1.4	9.8	380	
SM24JA·JB	2.4	4	9.7	1,800	612	220	1.6	5.8	250	47



Se usará para mezclar un equipo marca ShinMaywa modelo SM15JA de 2HP (1,50 kW), con capacidad para mezclar al menos 5,00 m³/min y mantener la mezcla completa del tanque de 80 m³ y el contacto con el agua residual influente y provocar el

desprendimiento del nitrógeno gaseoso y completar la desnitrificación por el proceso de Ludzak - Ettinger Modificado.

Para completar el proceso de desnitrificación, también se deberá recircular un 200 % del caudal promedio de licor del reactor y un 75 % del sedimentador.

Para ello se usarán:

Recirculaciones		
Recirculacion Qd	1816,8	m ³ /d
Licor		
Tasa de recic	150%	
Qr	2725,2	m ³ /d
Qr	113,55	m ³ /h
Qr	1,8925	m ³ /min
Qr	1892,5	litros / min
Carga hidráu	Hc	4,5 m
Bombas	2 unidades	
	EF50T	Evergush
		1000 litros / min
		Licor Rec
		2000 litros / min

Para el licor: 1000 litros por minuto. Dos bombas de Evergush de 5 HP, 220 V, 3F

Para el sedimentador: 600 litros por minuto. Dos bombas Evergush de 2 HP, 220V, 3F

En el reactor aerobio (tanque de aireación), si se tiene la edad de lodos adecuada (más de 6 días) se da la oxidación de nitrógeno amoniácal (y orgánico) a nitratos por medio de las bacterias nitrificantes:



Nótese que, al oxidarse el amoníaco, no solo se consume oxígeno sino que además se genera ácido el cual consume alcalinidad del sistema, bajando su pH: por cada gramo de amoníaco oxidado se consumen 4.6 g de oxígeno, se destruyen 7.1 g de alcalinidad y se generan cerca de 0.15 g de nuevas células de bacterias nitrificantes.

Al retornar el lodo de antes del sedimentador final al Contactor Anóxico, donde ya NO hay Oxígeno Disuelto, las bacterias des-nitrificantes (o de-nitrificadoras) utilizan ahora el nitrato como fuente de energía y lo convierten en gas:



Nótese como en la segunda reacción de des-nitrificación se consume ácido (carbónico) y se genera alcalinidad (bicarbonato), balanceando un poco así el pH y alcalinidad de toda la planta.

Sin embargo, los microorganismos que intervienen en esta reacción de de-nitrificación son mucho más sensibles a condiciones ambientales adversas (menos tolerantes a variaciones en pH, temperatura, etc.) que los micro-organismos nitrificantes

Esto es lo que lleva a un desbalance completo del sistema cuando NO se controla adecuadamente el pH en el reactor aerobio (además del OD y la edad de los lodos)

Por ello la recomendación más simple es la de ajustar el pH en el sistema (alrededor de 7.6) con cal o soda cáustica.

Si se vigila bien el pH en el sistema, el Contactor Anóxico hará una buena labor en la reducción del nitrógeno total del sistema, vía conversión a nitrógeno gaseoso.

Las dimensiones finales del contactor anóxico son 2,00 m x 3,50 m x 3,00 m altura útil, para un volumen total de 21 m³ con un tiempo de residencia hidráulico de 1 horas.

7.5 Tanque de Aireación.

Para el sistema de Lodos Activados se ha optado por trabajar con un sistema de Aireación Extendida con el fin de minimizar la producción de lodos (biomasa) en exceso y de dotar al sistema de una mayor flexibilidad, es decir, con una capacidad para manejar variaciones hidráulicas y orgánicas en el agua de llegada.

A continuación, se presenta el cálculo para el diseño de lodos activados mediante aireación extendida, que es el sistema que se propone para esta Planta de Tratamiento de Aguas.

Diseño Lodos Activados Aireación extendida Diseño de una etapa para remoción DBO			
1. Entradas			
Qd= 1816 m ³ /d		Dimensión Seleccionada	
Qd= 0,4798 MGD		Ancho: 14,50 m	
Entrada. BOD, S_o = 200 mg/L		Largo: 14,50 m	
Norma de salida BOD, S_e = 40 mg/L		Profundidad 4,00 m	
Factor Pico = 2		Volumen 841,00 m ³	
		TRH 11 horas	
2. Calculo del volumen del reactor y dimensiones de tanques			
Y= 0,7 gSSV/gDBOremovida		SSVLM= 3000 mg/l	
Kd= 0,07 1/d		FbSSV= 0,65	
TRC= 24 d		Trecir 100 %	
F/M= 0,12 KgDBO/KgSSV-d			
Calculos			
Volumen Reactor Neces V = 807 m ³		Profundidad del tanque	13,3333333 ft
Tiempo de Ret Hidr Neces TRH = 11 horas		Profundidad del tanque	4,00 m
Tamaño real Reactor	841,0 m ³	Real L/A =	1,0
Tamaño real Reactor	2803,3 ft ³	Forma del tanque	rectangular
Entrada Actual ancho tanque:	14,50 m	Volumen Reactor	807,1 m ³
Entrada Actual largo tanque:	14,50 m	=	28502,9 ft ³
		=	213201 gal
Carga diaria BOD = 640,2 lb/day		Ancho calculado	14,0 m
Carga diaria BOD = 290401,9 g/day			46,2 ft
		Largo calculdo	14,0 m
			46,2 ft

Las dimensiones finales internas del tanque de aireación son 14,50 m x 14,50 m x 4 m altura útil para un volumen final de 841 m³. Esto es mayor al volumen calculado de 807 m³. Se usarán como factores de diseño de SSVLM de 3000 mg/l y F/M de 0,12

Las características más importantes del sistema de lodos activados se muestran en la siguiente tabla: Tabla 2

Tabla 2. Características del sistema de lodos activados

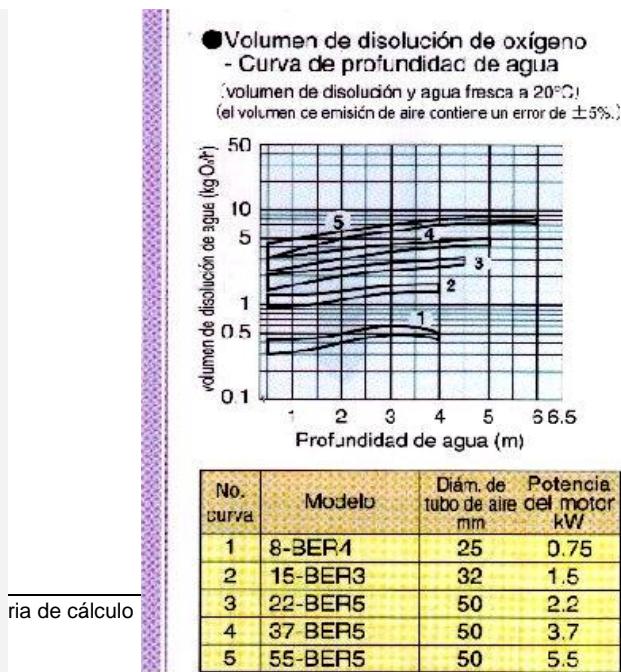
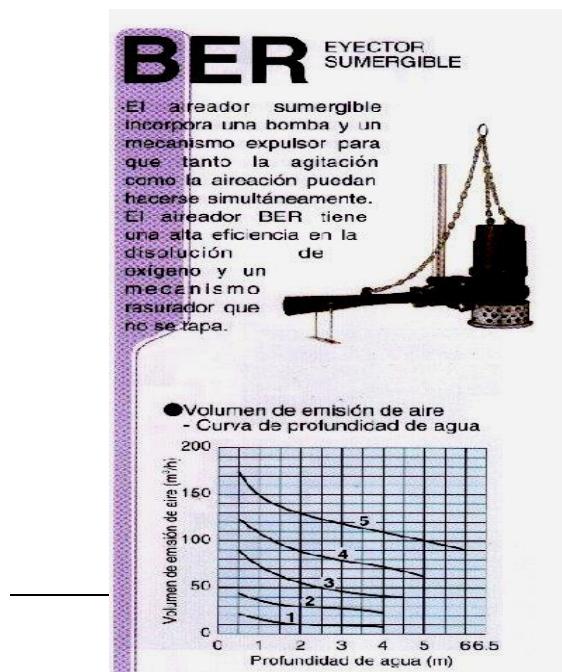
Volumen total del tanque de aireación	841 m ³
Tiempo de retención celular	20 d
Rata de recirculación de lodos	100 %
Tiempo de Residencia hidráulico	11 horas
Requerimiento de oxígeno DBO caudal promedio	726 kg/d
Requerimiento de oxígeno NH ₃ caudal promedio	248 kg/d
Relación F: M (alimento a micro-organismos)	0.12 KgDBO/KgSSV-d
Carga Volumétrica	0.43 kg DBO ₅ /m ³

3. Requerimiento de aire	
Entradas	
O ₂ needed por lb BOD =	2,00 Kg O ₂ /Kg DBO
O ₂ needed por Kg NH ₃ =	4,56 Kg O ₂ /Kg NH ₃
O ₂ needed por lb BOD =	726,40 Kg O ₂
O ₂ needed por Kg NH ₃ =	248,18 Kg O ₂ /Kg NH ₃
SOTE as F(x) profund =	0,03 % per ft depth
AOTE/SOTE =	0,50
Press. Perd Difusor =	12,00 in W.C.
Calculo de aire	
Oxygen Requirement =	2144,1 lb O ₂ /day
Oxygen Requirement =	974,6 Kg O ₂ /day
	5624,0%
Blower Outlet Pressure =	18,1 psia
Requerimiento aire	124,8 m ³ /minuto
Requerimiento aire	2264,9 SCFM
Oxygen density at 25 °C and 1 bara:	
1.291	kg/m ³
0.0806	lbm/ ft ³
0.01078	lbm/gal(US liq)
2.506x10 ⁻³	sl/ ft ³

El tanque de aireación estará dotado con ocho equipos tipo Jet de tercera generación aireador, marca Tsurumi 6 unidades de modelo 55BER5 con una potencia nominal de 5.5 KW a 220V y 2 unidades de modelo 37BER5 con una potencia nominal de 3.7 KW a 220V que tienen la capacidad de suministrar hasta 963 kg de oxígeno por día suficiente para oxidar todo el DBO requerido y NH₃ requerido.

Equipos tipo Jet			
Caudal de diseño sanitario			
Qd=	1816 m ³ /d	Factor Cr	1,05
Qd=	21,02 l/s		99%
Requerimiento de Oxígeno			Suministrado: 962,64 Kg O ₂ / dia
Requerimiento de Oxígeno	974,6	Kg O ₂ / dia	
15BER	1,00 Kg O ₂ / dia		0 Unidad
22BER	1,90 Kg O ₂ / dia		0 Unidad
37BER	3,20 Kg O ₂ / dia		2 Unidad
55BER	5,30 Kg O ₂ / dia		6 Unidad

El equipo de aireación suministrado por el **GRUPO DURMAN ESQUIVEL** pertenece a la categoría de “aireadores de tercera generación”: son equipos de aspiración de aire, totalmente sumergidos dentro del tanque de aireación. Debido a esto, los equipos no presentan ningún tipo de ruido y utilizan de manera óptima la energía eléctrica que es suministrada al equipo, no solo para transferir al agua el oxígeno requerido sino para mezclar de manera continua el contenido del tanque de aireación.



7.6 Tanque de Clarificación

El clarificador será tipo laminar, (Lamella). Son dos unidades en paralelo de 28 láminas cada uno. El Clarificador Secundario ha sido diseñado con base en los parámetros de la Tabla :

Tabla 3. Parámetros de diseño del clarificador secundario

Caudal a tratar	21,02 l/s promedio
	42,04 l/s máximo
Concentración de SSLM a la entrada	3500 mg/L
Carga Superficial al pico	24 m ³ /m ² -d
Altura hidráulica	3,60 m
Área requ. efectiva de sedimentación	151 m ²
Área equiv efectiva de sedimentación	170 m ²

Sedimentador					
Caudal de diseño sanitario					
Qd= 1816 m ³ /d					4 unidades lamelares
Qd= 21,02 l/s					Ancho: 1,24 m
Caudal Pico					Largo: 6,05 m
Factor pico hidráulico					Profundidad 4,00 m
Fp= 2					Placas 40,00 unidades
Qmd= 3632 m ³ /d					Separacion 12 cm
Qmd= 42,04 l/s					
Qmh= 151,33 m ³ /h					
Qmh= 1,75 m ³ /h					Lamelar

Sedimentador Placas	
Tasa de sed Qp	24 m ³ /m ² /d
Tasa de sed Qm	12 m ³ /m ² /d
Area de Sed tot	151 m ²
Placas	
Area equivalente	1,07 m ²
Ancho de placa	1,22 m
Largo de placa	1,24 m
Angulo	45 grados
Numero Placas req	141 placas
Norma	
Separ Placas 12 cm	
Dimensión Mínima	
5,70 m	

Los lodos retenidos en el fondo del clarificador serán retornados al tanque de aireación inmediatamente anterior, con el fin de mantener la concentración de biomasa deseada dentro del mismo.

El Clarificador es del tipo Lamella de placas, la alimentación a se hace por la parte superior de la unidad, donde tiene una pantalla de aquietamiento. El agua atraviesa longitudinalmente las 40 placas de 1,24 m x 1.22 m del sedimentador y es recolectada en la parte superior de la unidad en dos cañerías de sección rectangular, con 15 cm de ancho, 15 cm de alto y 6,05 m de largo: la máxima carga diaria en vertederos es de 37,5 m³ por cada metro lineal de vertederos al tener la canoa 48,40 metros lineales de borde o vertedero.

Los lodos retenidos en el clarificador serán retornados al tanque de aireación inmediatamente anterior, con el fin de mantener la concentración de biomasa deseada dentro del mismo.

Los lodos retenidos en el clarificador serán retornados al tanque de aireación inmediatamente anterior, con el fin de mantener la concentración de biomasa deseada dentro del mismo.

El sistema está conceptualizado para recircular al menos un 60 % del caudal promedio diario, para lo cual se requiere de una capacidad de bombeo de:

1816 m³/d

21,02 l/s

1260 l/min x 0,60 = 760 l/min

@ 4,5 m

Evergush EF50
5 HP
220 V
3F



▲ Operating Conditions

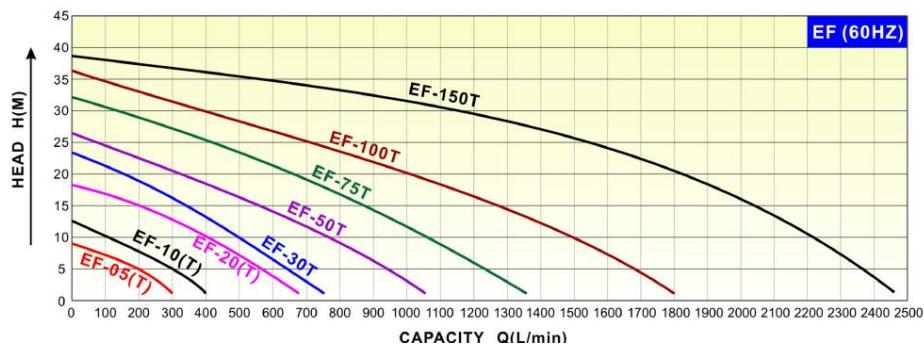
- Water temperature: 0~40°C.
- Ambient temperature: 0~40°C.
- Solid passage: 35~50MM.
- Operating water depth: 8~10M.
- No use in sea water.
- No 24hrs continuously running.

▲ Model Code

60HZ

EF-20(A)(T)
 └─ Three Phase Motor
 └─ Equipped with auto float switch
 └─ HP: Number/10
 └─ Model name of sub. sewage pump

▲ Performance Curves



7.7 Tanque para almacenamiento, espesado y digestión de lodos

Si la PTAR opera de manera continua bajo las condiciones de diseño, se deberían descartar 82 kg / día de SST/d equivalentes a 7,9 m³ de lodos: éstos se descartarán desde la línea de retorno de lodos, con unos 8 g/L de SST. Estos lodos serán almacenados, espesados y digeridos (o estabilizados) en un tanque con un tiempo de Residencia dimensionado para 15 días.

Digestor de Lodos		
Caudal de diseño sanitario		Remoción
Qd=	1816 m ³ /d	272,40 kg DBO por dia
Qd=	21,02 l/s	
Dimensión Seleccionada		
Dimensión Seleccionada	Ancho:	4,00 m
	Largo:	7,00 m
	Profundidad	4,00 m
	Volumen	112,00 m ³
Co Lodos	1 %	
G esp	1,03	
Q waste	82 kg por dia	
TRH	15 dias	
Vdig por dias	7,93 m ³ /d	
Volumen digestor	119,01 m ³	
Carga de sólidos volátiles	0,55 m ²	
R Oxig	59,25 Kg O ₂ / d	
Altura hidráulica	4,00 m	
Lm	5,16 m	
Lr	5,77 m	
Area	29,75 s	

El tanque tiene las siguientes medidas: 4,00 m x 7,00 m por 4,00 m de altura útil para un volumen útil de 54,0 m³ y cuenta con un equipo de aireación 37BER3 de 3,7 KW.

Este equipo debe de trabajar las 24 horas siempre que haya lodos en el digestor.

El tanque de digestión de lodos está equipado también con una bomba sumergible para lodos, marca TSURUMI con motor de 1 HP a 220 Voltios, la cual puede enviar lodos hasta los Nichos con sacos filtrantes de secado para la respectiva deshidratación de lodos antes de su disposición final.

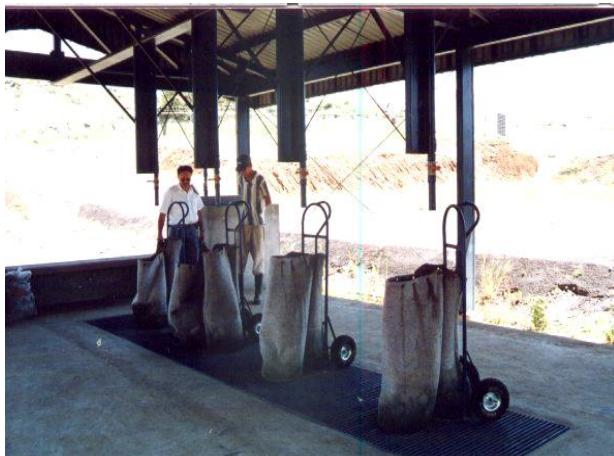
7.8 Nicho con sacos filtrantes para Secado de Lodos

Luego de digeridos o estabilizados, los Lodos serán secados en un sistema de sacos filtrantes para Secado de Lodos y podrán luego utilizarse como acondicionadores de áreas verdes del proyecto, o en suelos agrícolas o forestales cercanos al mismo. Para instalaciones de pequeño tamaño son muy útiles los sacos filtrantes.

Se trata de disponer de recipientes formados por telas filtrantes donde se colocan los lodos a la salida del digestor.

El lodo se debe repartir en los distintos sacos, de forma que cuando uno se llena se conduce el lodo al siguiente. Se disponen de 20 salidas de purga de lodos. Se debe tener una cantidad mínima de 40 sacos, y óptima de 60 sacos, de modo que mientras unos se llenan, otros se pueden estar secando y otros vacíos para recibir nuevas purgas.

Los resultados probados hasta la fecha en las Plantas que opera nuestra empresa han sido muy satisfactorios, reduciendo el volumen del lodo 8 - 12 veces.



El agua escurrida se envía de nuevo a la PTAR para su tratamiento ya que existe un canal con rejillas en el piso donde discurre el agua.

El sistema se conforma de un nicho, donde se colocan los sacos filtrantes. Estos sacos son de un material poroso que permite el paso del agua y retiene los lodos. Por medio de un sistema de tuberías y válvulas, los sacos son llenados, accionando la bomba de lodos.

Por sus características, el material de los sacos es resistente a productos químicos. Los sacos son de un material que les permite su uso muchas veces.

Antes de introducir los lodos en el saco, se le añade un floculante del tipo polímero catiónico en un tanque de 1 m x 1 m x 1 m de altura útil, para mejorar la separación sólido-líquido. La carga de sacos es manual, igual que su vaciado. El líquido filtrado se recoge en un canal colocado en la parte inferior de la losa y es conducido de nuevo a la PTAR para su tratamiento.

Una vez filtrados, los lodos se pueden dejar al sol para terminar de secar y eliminar la mayor cantidad de agua posible.

Como alternativa, los lodos una vez secos podrán llevarse a algún Relleno Sanitario del lugar, o para mejorar suelos de fincas agrícolas.

Los sacos son cilíndricos y tienen un diámetro de 40 cm. y una altura de 110 cm. por lo que pueden alojar 140 litros de lodos por unidad. Dado que son 20 sacos por turno tendríamos una capacidad de 1120 litros por cada vaciado de lodos. Estimando que la reducción de volumen es de 10 veces, tenemos que cada tanda de 8 sacos podría recibir en total 11 200,00 litros, o sea 1400 litros por saco, por lo que para vaciar el contenido del digestor 54 000 litros necesitamos 39 sacos aproximadamente, que es el mínimo de unidades que deben tenerse. Lo ideal es tener un mínimo de 48 sacos, o sea 8 más para reposición, eventualidades, etc.

A. Dosificación de polímero.

Nicho Para Deshidratar Lodos		
Caudal de diseño sanitario		Remoción
Qd=	408 m ³ /d	79,56 kg DBO por dia
Qd=	4,72 l/s	
Cantidad de lodos		40 %
Número de sacos por batch		6 unidades
Volumen del saco		140 litros
Volumen total por sacos		0,840 m ³ /batch
Volumen digestor		23,17 m ³
Reducción Volumen		10,00 %
Nuevo volumen de lodo		2,32 m ³
Cantidad de batch		2,76 veces
Cantidad de sacos		17 sacos
Dosificación polímero		3,00 Kg/1000 Kg Lodos
Dosificación polímero		3,00 Kg / 97 m ³ Lodos
Dosificación polímero mensual		0,72 Kg / mes

7.9 Sistema de desinfección

De acuerdo con la normativa de Panamá, es imprescindible contar con un sistema de desinfección final para el efluente de acuerdo con la normativa existente. Es por este motivo que se propone un clorador mediante dosificación de cloro sólido en línea. (Pastillas de cloro).

El tanque de contacto se diseña para el caudal promedio que es 614 m³/d. un tiempo de retención o de contacto cercano a los 20 minutos, por lo que su volumen debe ser mayor o igual a 8,60 m³.

$$2,50 \text{ m} \times 3,50 \text{ m} \text{ Hu} = 1,0 \text{ m}$$

Tenemos una unidad de 3,50 m largo x 2,50 m ancho x una altura útil de 1 m que nos resulta en un volumen de 8,75 m³, por lo que el tiempo de retención efectivo es 20 minutos, por lo que estamos con un volumen de contacto adecuado.

El método más confiable en el mundo entero para la desinfección de agua y aguas servidas es la cloración. Este método se introdujo en forma Industrial en 1908, y desde que se conoce, brinda un sistema óptimo de protección residual en sistemas de distribución.

El manejo de gas cloro ha presentado problemas de seguridad, por lo cual la aplicación de Cl₂ ha declinado. Al mismo tiempo otras formas de aplicación de cloro líquido y tecnologías más recientes, como la luz ultravioleta y el ozono, continúan prometiendo formas más seguras de desinfección de agua y aguas servidas.

Pese a ello, la cloración sigue siendo por mucho el método más efectivo, confiable y económico usado en el mundo entero hace más de 50 años.

Se recomienda dosificar una cantidad de 7 a 10 mg/l, al efluente de la Planta de tratamiento con el fin de desinfectar adecuadamente estas aguas y poder tener un residual de cloro a la salida del tanque de contacto. Si tomamos en cuenta un volumen diario de 100 M³ entonces, trabajando con el máximo de 10 mg/l necesitaríamos 1 Kg de Cloro por día al 100%. Esta dosificación varía según sea la concentración de cloro en las pastillas que se usen.

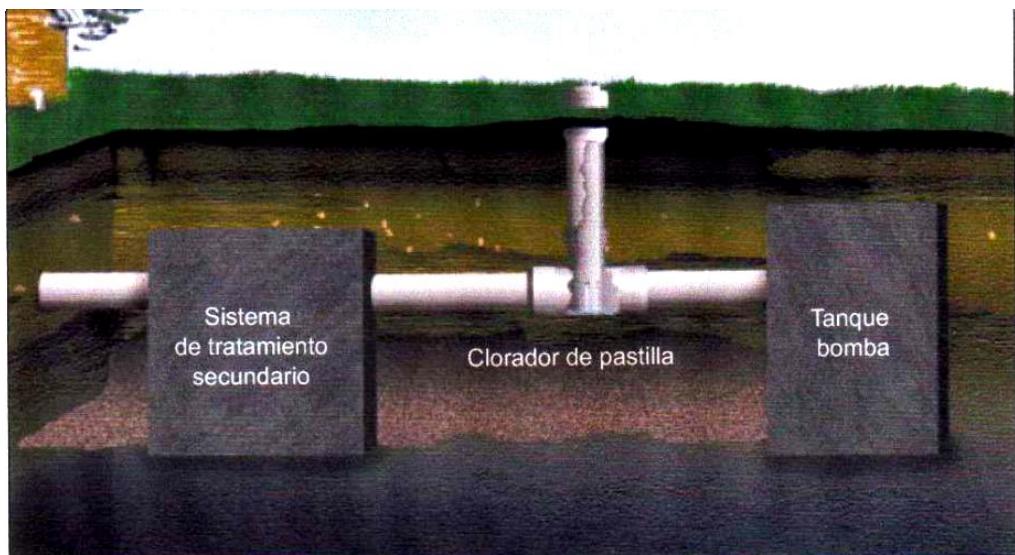


Figura 1: La manera más común de desinfectar los sistemas individuales es la cloración con pastilla.

Como se dijo, las aguas negras rociadas al césped deben desinfectarse primero para evitar malos olores y eliminar microrganismos que causan enfermedades. Las aguas negras pueden desinfectarse con cloro, ozono y rayos ultravioletas. La manera más común de desinfectar los sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras es la cloración con pastilla.

Los doradores de pastilla por lo general tienen cuatro componentes:

1. / Las pastillas de cloro.
2. / Un tubo que sostiene las pastillas.
3. / Un dispositivo de contacto que poste a las pastillas de cloro en contacto con las aguas negras.
4. / Un tanque de almacenamiento, por lo general un tanque bomba, donde las aguas negras se almacenan antes de que sean distribuidas.

Antes de ser tratadas con cloro, las aguas negras son tratadas por un tratamiento secundario, aeróbico. Las aguas negras pasan del dispositivo de tratamiento por un tubo hacia el dispositivo de contacto.

El dispositivo de contacto por lo general tiene un depósito donde se coloca el tubo que contiene de pastillas de cloro. La pastilla en el fondo del tubo está en contacto con las aguas negras que corren por el depósito. A medida que la pastilla se disuelve y/o se erosiona, la pastilla que se encuentra arriba se cae por gravedad para remplazarla.

Una pastilla se puede disolver rápida o lentamente, según la cantidad de aguas negras con la que tenga contacto y la duración del contacto. Se debe alcanzar un punto de equilibrio en cuanto al tiempo de contacto en el depósito del dorador: mucho tiempo de contacto causa que las aguas negras sean tratadas con cloro más de lo debido y que las pastillas se disuelvan rápidamente; muy poco tiempo de contacto causa que las aguas negras no sean doradas lo suficiente.

Se deben usar solamente las pastillas de cloro que estén aprobadas para usarse con aguas negras. Las pastillas son de hipoclorito cálcico, un blanqueador común de la casa. Estas pastillas se disuelven en las aguas negras y sueltan el hipoclorito que se convierte en ácido hipocloroso, el desinfectante principal.

No utilice pastillas de cloro de albercas. Muchas veces son de ácido tricloroisocianúrico que no está aprobado para usarse en los sistemas de tratamiento de aguas negras. Estas pastillas emiten el cloro muy lentamente para que pueda ser eficaz. Si se mojan una y otra vez, también podrían producir cloruro de nitrógeno, lo que puede explotar. No combine las pastillas de ácido tricloroisocianúrico con las de hipoclorito cálcico porque la combinación forma el compuesto explosivo cloruro de nitrógeno. Lea la lista de ingredientes activos en la etiqueta de la pastilla para asegurarse de que esté usando hipoclorito cálcico.

Puesto que las pastillas de cloro son cáusticas, debe manipularlas con cuidado. Póngase guantes para proteger la piel del contacto directo con las pastillas. Las pastillas húmedas son las más cáusticas; manipúlelas con cuidado especial. Además, puesto que el contenedor de las pastillas guarda gas de cloro, debe abrirlo en un lugar bien ventilado.

El gas de cloro puede escaparse de las pastillas y del contenedor reduciendo la eficacia de las pastillas y posiblemente corroyendo los productos de metal cerca del contenedor. Después de ser tratadas con cloro las aguas negras entran al tanque de agua tratada donde termina el proceso de desinfección mediante un tiempo de contacto mayor o igual a 30 minutos. En este punto las aguas negras se llaman aguas recuperadas. Las aguas recuperadas deben tener por lo menos 0.2 miligramos de cloro por litro de aguas negras

o que no tengan más de 1000 coliformes fecales (bacteria del excremento) por 100 mililitros de aguas negras.

Una manera fácil de determinar la concentración de cloro en el agua recuperada es usando un equipo de prueba de cloro. Se puede adquirir en las tiendas que venden productos para las albercas.

Los equipos más adecuados requieren que usted mezcle una pequeña cantidad de agua recuperada con una solución y que compare el color de la mezcla con los colores que vienen en el equipo. Los equipos que utilizan tiras de papel tal vez no sean los más adecuados porque no determinan la concentración actual de cloro en el agua.

Por lo general si la prueba detecta algo de cloro, las aguas negras contienen menos de 200 coliformes fecales por cada 100 mililitros. Pero esto no garantiza que esté libre de organismos que causan enfermedades. Para reducir el riesgo de organismos que causen enfermedades, las aguas negras deben tener por lo menos 0.2 miligramos de cloro por litro.

Cómo mantener el sistema funcionando

En el proyecto se instalará un clorador de pastillas de 4" de diámetro, para la dosificación del cloro a las aguas residuales. El mismo como se explicó tiene un dispositivo que disminuye y aumenta el contacto del agua con las pastillas para que de ese modo se gradúe la dosificación, y que se tenga el residual de diseño a la salida del Tanque de Contacto.

Es el sistema más seguro, comparado con sus alternativas, Cloro Gas, Cloro Líquido, Granulado.

CHEM FEED - TABLETS



Asegúrese de que el clorador tenga pastillas de cloro en todo momento. Haga inspecciones semanales para asegurarse de que tenga pastillas y que estén en contacto con las aguas negras. Agregue pastillas de cloro cuando sea necesario. Igual que los carros no circulan sin gasolina, los doradores de pastilla no funcionan sin pastillas de cloro.

- I. Si usa un sistema de distribución por rociado es imprescindible que se remplacen las pastillas de cloro en forma rutinaria.
- II. Las pastillas se pueden comprimir en el tubo. Para reducir las posibilidades de la compresión, ponga de dos a cinco pastillas en el tubo cada vez.
- III. Si las pastillas se comprimen en el tubo, o si parte de la pastilla de abajo no se ha disuelto y está deteniendo a las demás, saque el tubo y quite el bloqueo con un chorro de agua de la manguera de jardín.
- IV. Use sólo las pastillas que estén certificadas para su uso en sistemas domésticos de aguas negras. No se deben usar pastillas de albercas ni de otro tipo para tratar aguas negras.
- V. Utilice un equipo de prueba de cloro para determinar la concentración de cloro a la salida del tanque de contacto.

Si le da un olor séptico cuando sale el agua del clorador, revise para asegurarse de que el dorador tenga pastillas de cloro.

8. DIMENSIONAMIENTO

Las dimensiones de los procesos del sistema de tratamiento y obras conexas aparecen listadas en la siguiente tabla.

Tabla 3. Dimensiones de procesos del sistema de tratamiento

Resumen Diseño Sanitario		
Caudal Diseño		Carga orgánica
Qd=	1816 m ³ /d	
Qd=	21,02 l/s	
Caudal Pico		Carga orgánica
Factor pico hidráulico	Fp=	2
Qmd=	3632,00 m ³ /d	200 mg/l
Qmd=	42,04 l/s	363,20 kg DBO por dia
Ancho de Rejillas	1,00 m	1 unidad
Área de Desarenador	1,00 m ²	1 unidad
Volumen Trampa de flotantes	18,60 m ³	1 unidad
Volumen Reactor	841,00 m ³	1 unidad
Sedimentador	151 m ²	2 unidad
Digestor	119,01 m ³	1 unidad
Equipos de aireación	40,40 Kw	
Sacos filtrantes	20 unidad	

9. CALIDAD DEL EFLUENTE

El efluente de la PTAR (el agua ya tratada) tendrá las características de la tabla 5:

Tabla 4. Características del efluente de la planta de tratamiento

Parámetro	Valor máximo
Demanda química de oxígeno (DQO)	100 mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	50 mg/L
Sólidos suspendidos totales (SST)	35 mg/L
Grasas y aceites	20 mg/L
Sustancias Activas al Azul de Metíleno	5 mg/L
Potencial hidrógeno (pH)	5,5 a 8,5
Temperatura	15 a 40 grados Celsius
Sólidos Sedimentables	1 ml /L
C.T	<1000 NMP / 100 ml
NO ₃	10 mg/l

N_{Tot}	15 mg/l
-----------	---------

10. Disposición del agua tratada.

El agua tratada se dispondrá en la Quebrada que colinda con la propiedad.

11. FUENTES DE INFORMACIÓN

- Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vertido y reutilización. Tercera edición. Volumen I y II. Mc Graw-Hill. México. 1991.
- Manual de Fosas Sépticas. Centro Regional de Ayuda Técnica AID. Agosto 1975
- Eckenfelder, W. Wesley. Activated Sludge Process Design and Control: Theory and Practice , Primera Edición, Volume 1, Technomic Publishing Company, Inc., 1992.
- Ganczarczyk, Jerzy J. Activated Sludge Process , First Edition, Marcel Dekker, INC. 1983
- Orozco, Alvaro, Bioingeniería de Aguas Residuales, Primera edición, ACODAL, 2005

ANEXO 1 FÓRMULA GENERALES PARA EL DISEÑO

Fórmulas generales de diseño.

Nota: (Algunas no aplican en este proyecto)

A. Canal de Rejillas- Ecuación de Kirschmer

7.2 Pérdida de carga en las rejillas

Las pérdidas de carga a través de las rejillas dependen de la frecuencia con la que se limpian y de la cantidad de material basto que llevan las aguas. El cálculo de la pérdida de carga para una rejilla limpia puede efectuarse por medio de la fórmula siguiente, propuesta por Kirschmer (1926):

$$h = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \sin \delta \dots \quad (7.2)$$

donde:

- h = diferencia de alturas antes y después de las rejillas, m
 S = espesor máximo de las barras, m
 e = separación entre las barras, m
 $v^2/2g$ = carga de velocidad antes de la reja, m
 δ = ángulo de inclinación de las barras
 β = factor dependiente de la forma de las barras

B. Desarenador

Formulas Desarenador:
$L/H = 60 (V_c/V_s)$
$Q_p = (Q_m * F_p) / N$
$A_{sm} = (Q_m / 100) / V_c$
$A_{sp} = (Q_p / 1000) / V_c$
$A_m = (A_{sm} / A_C)$
$A_p = (A_{sp} / A_C)$
$L_m = (A_p * L_H)$
$L_r = L_m * 1.25$
$V_C = L_r * A_{sm} / 1000$
$HRT = V_c / Q_m$

Donde:

F=Factor Pico

Vc=Velocidad en el canal, m/s

Vs=Velocidad de sedimentación de la arena, m/min

AC= Ancho del canal, m

L/H= relación L/H

QP=Caudal a flujo pico, L/s

Asm=Area seccional a flujo medio, m²

Asp=Area seccional a flujo pico, m²

Am=Altura a caudal medio, m

Ap=Altura a caudal pico, m

Lm=Largo mínimo del canal, m

Lr=Largo real del canal, m

VC= Volumen del canal a flujo medio, L

HRT a caudal medio , seg. Tiempo retención hidráulico

C. Formulas Trampa de grasas

Volumen trampa grasas V=	$(Qm/86.4)*TRHs$	
L =	largo trampa=	2A
A =	Ancho =	$(S/2)^{0.5}$
Hu =	Altura útil	
S=	V/Hu	
Qm=	Caudal promedio en m ³ /día	
TRHm=Tiempo de retención minutos		
TRHs=Tiempo de retención segundos		

D. Pozo de Bombeo

FORMULA POZO BOMBEO
$V=3.6 Q (Fp-1)/N/Fp$
$Cl=QFp/NB$

Donde:

N= Número de encendidos por hora

Q= Caudal medio de entrada, L/s

Fp= Factor Pico Horario

NB=Número de Bombas de Alimentación

V= Volumen útil del Tanque, M3

Cl=Capacidad de cada Bomba de alimentación, L/s

E. Contactor Anóxico

$$VC = (V/24) * TRH$$

Donde

V= Volumen diario a tratar en m3/día

TRH= tiempo retención hidráulico en horas

F. Reactor de aireación

$$V = \frac{\theta_c * Q_{prom} * Y * (DBO_5in - DBO_5escapa)}{X * (1 + k_d * \theta_c)} \quad (17)$$

$DBO_5escapa$: demanda bioquímica de oxígeno soluble que escapa al tratamiento (mg/L)

DBO_5in : demanda bioquímica de oxígeno del influente (mg/L)

V: volumen (m^3)

Q_{prom} : caudal promedio (m^3/d)

X: concentración de sólidos suspendidos volátiles del líquido de mezcla (mg/L)

Y: coeficiente de producción máxima medido durante cualquier periodo finito de la fase de crecimiento exponencial, definido como la relación entre la masa de células formadas y la masa de substrato consumido (mg/mg)

k_d : coeficiente de descomposición endógena (d^{-1})

θ_c : tiempo medio de retención celular (d)

$$DBO_5\text{escapa} = (DBO_5\text{ef}) - (DBO_5\text{solSSef}) \quad (18)$$

$DBO_5\text{ ef.}$ demanda bioquímica de oxígeno del efluente (mg/L)

$DBO_5\text{ escapa:}$ demanda bioquímica de oxígeno soluble que escapa al tratamiento (mg/L).

$DBO_5\text{ solSSef.}$ demanda bioquímica de oxígeno de los sólidos suspendidos del efluente (mg/L):

$$DBO_5\text{solSSef} = fb * DBO_5\text{ef} * (1,42) * (0,68) \quad (19)$$

$DBO_5\text{ ef.}$ demanda bioquímica de oxígeno del efluente (mg/L)

$DBO_5\text{ solSSef.}$ demanda bioquímica de oxígeno de los sólidos suspendidos del efluente (mg/L):

$fb:$ fracción biodegradable (%)

$$Esol = \left(\frac{DBO_5in - DBO_5escapa}{DBO_5in} \right) * 100 \quad (20)$$

$$Ec = \left(\frac{DBO_5in - DBO_5ef}{DBO_5in} \right) * 100 \quad (21)$$

$DBO_5escapa$: demanda bioquímica de oxígeno soluble del influente que escapa al tratamiento (mg/L)

DBO_5in : demanda bioquímica de oxígeno del influente (mg/L)

Ec : eficiencia conjunta (%)

$Esol$: eficiencia soluble (%)

$$MDBO_L = \frac{Q_{prom} * (DBO_5in - DBO_5escapa)}{0,68 * 1000} \quad (22)$$

DBO_5in : demanda bioquímica de oxígeno del influente (mg/L)

$DBO_5escapa$: demanda bioquímica de oxígeno soluble del influente que escapa al tratamiento (mg/L)

$MDBO_L$: masa de demanda bioquímica de oxígeno última por día (kg/d)

Q_{prom} : caudal promedio (m^3/d)

$$MO_2 = MDBO_L - 1,42 * (P_x) \quad (23)$$

$MDBO_L$: masa de demanda bioquímica de oxígeno última por día (kg/d)

MO_2 : cantidad de oxígeno requerido (kg/d)

P_x : Masa de fango activado volátil purgada (kg/d)

Otros parámetros de diseño como producto del tiempo medio de retención celular (θ_c) seleccionado son: el tiempo de retención hidráulica (θ) y la relación alimento-microorganismos (F/M), cuyos valores se determinan a partir de las expresiones (24) y (25) respectivamente.

$$\theta = \frac{V}{Q_{prom}} \quad (24)$$

Q_{prom} : caudal promedio (m^3/d)

V : volumen (m^3)

θ : tiempo medio de retención hidráulica (h)

$$\frac{F}{M} = \frac{DBO_5in}{\theta * X} \quad (25)$$

DBO_5in : demanda bioquímica de oxígeno del influente (mg/L)

F/M : relación alimento microorganismos o factor de carga (d)

Q_{prom} : caudal promedio (m^3/d)

X : concentración de sólidos suspendidos volátiles del líquido de mezcla (mg/L)

θ : tiempo medio de retención hidráulica (h)

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + (k_d * \theta_c)} \quad (31)$$

Y: coeficiente de producción máxima medido durante cualquier periodo finito de la fase de crecimiento exponencial, definido como la relación entre la masa de células formadas y la masa de substrato consumido (mg/mg)

Y_{obs} : producción neta observada (adim)

k_d : coeficiente de descomposición endógena (d^{-1})

θ_c : tiempo medio de retención celular (d)

P_x : Cantidad de fango activado volátil purgada (kg/d)

$$P_x = \frac{Y_{obs} * Q_{prom} * (DBO_{5in} - DBO_{5escapa})}{1000} \quad (32)$$

$DBO_{5escapa}$: demanda bioquímica de oxígeno soluble del influente que escapa al tratamiento (mg/L)

DBO_{5in} : demanda bioquímica de oxígeno del influente (mg/L)

P_x : Cantidad de fango activado volátil purgada (kg/d)

Q_{prom} : caudal promedio (m^3/d)

Y_{obs} : producción neta observada (adim)

$$P_{escapa} = \frac{Q_{prom} * DBO_{5ef}}{1000} \quad (34)$$

DBO_{5ef} : demanda bioquímica de oxígeno del efluente (mg/L)

P_{escapa} : cantidad de sólidos suspendidos totales que escapan al tratamiento

Q_{prom} : caudal promedio (m^3/d)

Volumen de Purga

$$Q_{wir} \sim \frac{V}{\theta_c} \quad (10.6)$$

V = Volumen tanque

θ_c = Tiempo retención celular

G. Fórmula Digestor Aerobio

$$Vdig = Qw / (1000 * Ge * Cl)$$

$$VD = Vdig * TRHd$$

Cl= Concentración de lodos, %

Ge= Gravedad específica del lodo

Qw=Cantidad de lodo a ser digerido Kg/día *

TRHd= Tiempo Retención Hidráulica del digestor (días)

$$Vdig = Qw / (1000 * Ge * Cl)$$

$$VD = Vdig * TRHd$$

$$CSV = 0.8 Qw/VD$$

$$RO_2 = Qw * (SSVLM/SSLM) * P * K$$

$$SSVLM/SSLM = 0.8$$

$$\text{Porcentaje oxidación tejido celular} = P = 40\%$$

$$\text{Necesidades de Oxígeno por Kg Destruido en tejido celular} = K = 2.3$$

$$Vdig = \text{Volumen de lodo a ser digerido, } m^3/d$$

$$VD = \text{Volumen Digestor, } m^3$$

$$CSV = \text{Carga sólidos volátiles, kg/m}^3\text{.d}$$

$$RO_2 = \text{Requerimientos de oxígeno, kg O}_2/d$$

Tabla 11.17 Criterios de diseño para digestores aerobios

Parámetro	Valor
Tiempo de detención hidráulica, días a 20 °C ^a	
Fango activado en exceso únicamente	10-15
Fango activado de plantas sin decantación primaria	12-18
Fango primario más activado o de filtro percolador ^b	15-20
Carga de sólidos, kg de sólidos volátiles, m ³ /d	1,6-4,8
Necesidades de oxígeno, kg/kg destruido	
Tejido celular ^c	~2,3
DBO ₅ en el fango primario	1,6-1,9
Necesidades energéticas para el mezclado	
Aireadores mecánicos, kW/10 ³ m ³	20-40
Mezclado con aire, m ³ /10 ³ m ³ ·min	20-40
Nivel de oxígeno disuelto en el líquido, mg/L	1-2

^a Los tiempos de detención indicados deben aumentarse para temperaturas por debajo de los 20 °C. Si el fango no puede ser extraído durante ciertos períodos (p. ej., fines de semana, tiempo lluvioso) debe preverse una capacidad adicional de almacenamiento.

^b Se utilizan tiempos de detención similares para los primarios únicamente.

^c El amoníaco producido durante la oxidación carbonosa se oxida a nitrato (véase la ecua-

H. Fórmula para Nicho con sacos filtrantes de Secado

Volumen de lodos a disponer diariamente (Kg/d)= Qw =

Volumen de digestor (m³)= VD

Tiempo Retención digestor días= TRHd

Días secado= Ds

Área de Nicho con sacos filtrantes de secado= A

Fórmula para Área de Nicho con sacos filtrantes de Secado,

$$A = (VD/0.4) * (Ds/TRHd)$$

A. Sedimentador Primario

CUADRO DE FÓRMULAS

INFORMACIÓN A INGRESAR	Color rojo		
RESULTADOS OBTENIDOS	Color Verde	Unidades	Rango deseable
# de Placas=	N	unidades	
Ancho de la Placa	w	m	
Largo de la Placa	L	m	
Ángulo de las Placas=	Ø	grados	
Área Efectiva de Sedimentación=As	N*w*L(cos Ø)	M2	
Volúmen a Tratar =	Q	M3/día	
Carga Superficial=CS	Q/As	M3/M2*Día	Rango = 8-20 M3/M2/día Ver tabla 10.7 Adjunta
Longitud de Canoa=	C	M	
Número de Sedimentadores=	NS	Unidades	
Número de Bordes Libres=	Nb	Bordes	
Carga en Vertederos=CV	V/(C*NS*Nb)	M3/M	Rango= <50 M3/M
SSLM=	S _{lm}	mg/L	
Carga de Sólidos en Sedimentador= CSs	(Q*S _{lm})/(1000*As)	Kg/M2*Día	
Carga total de sólidos sedimentador=CTs	CSs*As	Kg/día	
Carga de Sólidos en Sedimentador/hora=CTs/h	Css/As	Kg/M2*Hora	Rango= 1 - 5 Ver tabla 10.7 Adjunta
Longitud Sedimentador=Ls	Ls	M	
Ancho Sedimentador=Ws	Vs	M	
Altura Útil=Hu	Hu	M	
Volúmen Sedimentador=Vs	NS*Ls*Vs*Hu	M3	
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)=	(Vs/Q)*24	Horas	Rango= 1 - 2 Horas

TABLA 10.7 Referencia: Metcalf Eddy INGENIERIA SANITARIA. Tratamiento, evacuación y reutilización de Aguas Residuales. SEGUNDA EDICION Página 563

INSTALACIONES PARA TRATAMIENTO BIOLÓGICO						563
Tabla 10.7 Información típica de diseño para clarificadores secundarios ^{a,b}						
Tipo de tratamiento	Media	Punta	Media	Punta	Media	Punta
Sedimentación a continuación de filtros percoladores	16-24	40-48	3,0-5,0	8,0	3-4	✓
Sedimentación a continuación de fangos activados por aire (excluyendo la aireación prolongada)	16-32	40-48	3,0-6,0	9,0	3,5-5	✓
Sedimentación a continuación de aireación prolongada	8-16	24-32	1,0-5,0	7,0	3,5-5	✓

^a Adaptado parcialmente de la bibliografía [42].
^b La información contenida en esta tabla no debe usarse a efectos de proyecto a menos que no se disponga de datos de ensayo en columna de sedimentación u otros datos de campo.
^c Las cargas sólidas permisibles están gobernadas, generalmente, por las características de sedimentación del fango asociadas con las operaciones en tiempo frío.