



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO
PARA LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL
HIDROSUCCIONADOR DE LA EP - EMAPAG DEL CANTÓN
GUARANDA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: FREDDY JAVIER CHIMBOLEMA CHIMBOLEMA

TUTORA: ING. CRISTINA GRABIELA CALDERÓN TAPIA M.Sc

Riobamba-Ecuador

2018

©**2018**, Freddy Javier Chimbolema Chimbolema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo técnico de “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL HIDROSUCCIONADOR DE LA EP - EMAPAG DEL CANTÓN GUARANDA**” de responsabilidad del Sr. Freddy Javier Chimbolema Chimbolema ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedaron autorizada su presentación.

Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia M.Sc.
DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN

Ing. Gustavo Paúl Palmay Paredes M.Sc
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Freddy Javier Chimbolema Chimbolema soy el responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este proyecto técnico, y el patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Freddy Javier Chimbolema Chimbolema

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación le dedico a Dios todo poderoso por darme la salud, y derramar las bendiciones en cada paso de mi vida, por regalarme las fuerzas necesarias para luchar en las adversidades sin desfallecer en el intento.

De la misma manera le dedico a mis padres Luís Alberto Chimbolema y Sebastiana Chimbolema por ser el pilar fundamental en mi trayecto académico, sembrando en mí el respeto la humildad y perseverancia, cobijándome de amor, palabras de aliento, por ser mis únicos seres emblemáticos que nunca me han dejado solo en los momentos más necesitados de mi vida.

A mi hermano Isidro y su esposa Agustina quienes me han brindado el apoyo incondicional, comprensión, compañía a pesar de no tener la obligación de velar por mí están presentes con sus buenas palabras principios, muchas veces hermano mío tomando el papel como mi padre.

A mis hermanas: Hermelinda y su esposo Jaime, Ec. Marcela y su esposo Ing. Galo Xavier, Bertha, Rosa quienes han estado apoyándome moral y económicamente en mi vida estudiantil

Al Ing. Raúl Allán quien me brindó su apoyo profesional libre y voluntaria para cumplir con las obligaciones académicas

A mi mejor amiga Karina Quinatoa por regalarme su sincera amistad, apoyo en el campo laboral y estudiantil en la vida Universitaria.

Freddy

AGRADECIMIENTO

A los maestros de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por sus conocimientos y experiencias impartidos en el trayecto Universitario

A la Ing. Cristina Calderón y al Ing. Paúl Palmay por la paciencia y el tiempo dedicado a mi tesis

A la E.P Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda por admitir el ingreso a las instalaciones de la planta y proporcionarme el aval para poder realizar el presente proyecto de titulación

De manera especial al Ing. Raúl Allan encargado de laboratorio, por brindar sus conocimientos y apoyo durante el desarrollo de mi proyecto

A todas mis familias quienes siempre han estado apoyándome con sus buenas palabras, experiencias, para seguir enriqueciendo de buenos principios, valor y perseverancia.

Freddy

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Identificación del problema	1
1.2 Justificación del proyecto.....	2
1.3 Línea de base del proyecto	2
1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación.....	2
1.3.2 Hidrología.....	3
1.3.3 Tipo de estudio.....	3
1.3.4 Métodos y técnicas	3
1.3.4.1 Métodos.....	3
1.3.4.2 ..Técnicas.....	4
1.3.5 Determinación del caudal	5
1.3.5.1 Determinación del volumen del efluente recolectado por el hidrosuccionador	5
1.3.5.2 Cálculo de caudal de diseño	7
1.3.6 Método de muestreo.....	8
1.3.6.1 Características Físicas, Químicas y Microbiológicas de los efluentes.	8
1.3.6.2 Parámetros analizados.....	9
7.3.7 Prueba de tratabilidad	11
7.3.7.1 Índice de biodegradabilidad.....	11
7.3.7.2 Propuesta de diseño de una planta de tratamiento biológico.....	12
1.4 Beneficiarios directos e indirectos	13
1.4.1 Directos	13
1.4.2 Indirectos.....	13

CAPÍTULO II

2	OBJETIVOS DEL PROYECTO	14
2.1	Objetivo general	14
2.2	Objetivo específico	14

CAPÍTULO III

3	ESTUDIO TÉCNICO	15
3.1	Localización del proyecto	15
3.1.1	Localización geográfica	15
3.1.2	Clima de la zona	16
3.1.3	Características geomorfológicas de Cantón Guaranda	16
3.2	Ingeniería del proyecto	16
3.2.1	Aguas residuales	16
3.2.1.1	Características de las Aguas Residuales	16
3.2.1.2	Medición del caudal de aguas residuales	20
3.2.1.3	Clasificación de las aguas residuales	21
3.2.1.4	Muestreo de las Aguas Residuales	23
3.2.2	Tratamiento de Aguas Residuales	24
3.2.2.1	Etapas del tratamiento	25
3.3	Diseño de un sistema de tratamiento biológico para los efluentes recolectados por el hidrosuccionador	35
3.3.1	Cálculo de caudal de diseño	36
3.3.2	Rejillas	36
3.3.2.1	Criterios de diseño	37
3.3.2.2	Dimensionamiento de las rejillas	38
3.3.3	Sedimentador primario	40
3.3.3.1	Criterios de diseño	40
3.3.3.2	Dimensionamiento del sedimentador primario	42
3.3.4	Reactor biológico	45
3.3.4.1	Clasificación de los reactores biológicos	45
3.3.4.2	Criterios de diseño	48

3.3.4.3	Dimensionamiento del reactor biológico	48
3.3.5	Potencia a instalar de compresor	52
3.3.6	Cálculo del sedimentador secundario circular	52
3.3.7	Tratamiento y disposición de lodos	54
3.3.7.1	Criterios de diseño.....	54
3.3.7.2	Dimensionamiento para el tratamiento y disposición de lodos	55
3.4	Dimensionamiento	58
3.4.1	Caudal de diseño.....	58
3.4.2	Rejillas.....	58
3.4.3	Sedimentador primario.....	61
3.4.4	Reactor biológico	64
3.2.3.5	Potencia a instalar de compresor.....	74
3.4.5	Sedimentador secundario circular.....	75
3.4.6	Tratamiento y disposición de lodos	78
3.2.4	Resultados	81
3.2.5	Análisis de efluentes tratados.....	84
3.3	Sistema de tratamiento biológico propuesto.....	86
3.4	Requerimiento de materiales equipos y reactivos.....	87
3.5	Análisis de Costo/beneficio del proyecto	88
3.5.1	Costo de la implementación de la planta de tratamiento biológico	88
3.5.2	Costo de la mano de obra.....	89
3.5.3	Costo total de la inversión para la implementación de la planta de tratamiento..	90
3.6	Porcentaje de remoción.....	90
3.6.1	Porcentaje de remoción obtenido después del tratamiento.....	91
3.7	Análisis de resultados.....	92

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE ABREVIATURAS

A_L	Área libre de paso de agua
v	Velocidad de aproximación
h_a'	Altura del tirante del canal
B	Ancho del canal
L_b	Longitud de las barras
L_a	Altura del tirante de construcción
S	Separación entre barras
α	Angulo de inclinación de las barras
e	Espesor de las barras
β	Factor dependiente de la forma de barras
g	Gravedad
A_L	Área libre entre barras de rejilla
h_a	Altura del tirante de construcción
N_b	Número de barras
h_c	Pérdida de carga
A_s	Área del sedimentador
a	Ancho del sedimentador
L	Longitud del sedimentador
V	Volumen del sedimentador
T_{rh}	Tiempo de retención hidráulica
%DBO ₅	Porcentaje de remoción DBO ₅
%SST	Porcentaje de remoción de SST
V_r	Volumen del reactor

C_v	Carga volumétrica
E_f	Edad de fango
a	Necesidad teórica de oxígeno
$ON_{síntesis}$	Oxígeno necesario en síntesis
$ON_{endogénesis}$	Necesidad teórica de oxígeno para endogénesis
ON_{punta}	Necesidad de oxígeno punta
OR	Oxígeno real
C_A	Concentración actual
C_{sm}	Concentración de saturación media
C_s	Concentración de saturación de oxígeno
C_{sT}	Concentración de saturación total
C_p	Concentración punta
P_{CV}	Potencia de compresor
C_s	Carga superficial de sedimentador secundario
A_s	Área superficial de sedimentador secundario
π	Constante
r	Radio del sedimentador
D	Diámetro del sedimentador
n_f	Número de filtro
A_f	Área de filtro
K_c	Coefficiente de mínimo
L_f	Longitud del filtro
a_f	Ancho del filtro
H_{LF}	Altura del lecho filtrante
e_c	Espesor de la capa de carbón

e_g	Espesor de la capa de grava
Z_f	Altura de filtro
f_s	Factor de seguridad
F_c	Altura de drenaje
V_f	Volumen del filtro
L_f	Longitud de filtro
a_f	Ancho de filtro
M_{Ld}	Masa de lodo de desecho
P_x	Producción diaria neta de lodo
V_{Ld}	Volumen de lodo digerido diariamente
δ_L	Densidad relativa de lodo
S_L	Fracción de sólido seco
V_{Le}	Volumen de lodo a extraer
T_{dl}	Tiempo necesario para digerir los lodos
A_{ES}	Área de era de secado
H_a	Profundidad de aplicación de lodo
L_{ES}	Longitud de era de secado
b_{ES}	Ancho de era de secado
N_{ES}	Número de era de secado
N_{iES}	Área particular de cada era de secado

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Sistema hídrico Cantón Guaranda	3
Figura 2-3	Ubicación Geográfica de implementación de la planta	15
Figura 3-3	Fase del crecimiento microbiano y zonas en que.....	28
Figura 4-3	Proceso convencional de lodos activos.....	31
Figura 5-3	Rejillas	37
Figura 6-3	Forma de rejillas	38
Figura 7-3	Reactor anaerobio	46
Figura 8-3	Reactor discontinuo	47
Figura 9-3	Reactor de la mezcla completa	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Determinación de volumen semanal (Mes septiembre)	5
Tabla 2-1	Determinación de volumen semanal (Mes Octubre)	5
Tabla 3-1	Determinación de volumen semanal (Mes Noviembre).....	6
Tabla 4-1	Determinación de volumen semanal (Mes Diciembre).....	6
Tabla 5-1	Determinación de volumen semanal (Mes Enero)	6
Tabla 6-1	Determinación de volumen semanal (Mes Febrero)	7
Tabla 7-1	Determinación de caudal (Promedio semestre).....	8
Tabla 8-1	Muestreo en los días laborables del hidrosuccionador	8
Tabla 9-1	Características de ensayos físico-químico y bacteriológico de los efluentes recolectados por el hidrosuccionador	9
Tabla 10-1	Caracterización físico-química y bacteriológica	10
Tabla 11-3	Relación de Índice de biodegradabilidad	11
Tabla 12-3	Características geográficas de Cantón Guaranda	15
Tabla 13-3	Contaminantes importantes de aguas residuales	22
Tabla 14-3	Parámetros, Unidad, Método para caracterización física del efluente	34
Tabla 15-3	Parámetros, Unidad, Método para caracterización Química del efluente ..	34
Tabla 16-3	Parámetros; Unidad, Método para caracterización bacteriológica.....	35
Tabla 17-3	Dimensiones recomendadas para el ancho del canal.....	37
Tabla 18-3	Información típica para el proyecto de rejillas de barras de limpieza manual y mecánica	37
Tabla 19-3	Información usual para diseño de sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario y secundario	40
Tabla 20-3	Información típica para el diseño de tanque de sedimentación primaria ...	41
Tabla 21-3	Información para el diseño de tanque de sedimentación primario	41
Tabla 22-3	Valores de la constante empíricas, a y b a 20 °C.....	42
Tabla 23-3	Datos para dimensionamiento del reactor biológico	48
Tabla 24-3	Carga másica típica para diseño de un reactor (SBR)	48
Tabla 25-3	Características de lodo o fango	54
Tabla 26-3	Datos típicos sobre la caracterización físicas y las cantidades de fango producido	55
Tabla 27-3	Criterio de diseño para eras de secado	55

Tabla 28-3	Coeficiente Kt_3 en base a la temperatura	73
Tabla 29-3	Determinación de Caudal de diseño (Caudal promedio).....	81
Tabla 30-3	Dimensionamiento de sistema de rejillas	81
Tabla 31-3	Dimensionamiento de sedimentador primario	82
Tabla 32-3	Dimensionamiento de reactor biológico.....	82
Tabla 33-3	Dimensionamiento de sedimentador secundario	83
Tabla 34-3	Dimensionamiento de era de secado	83
Tabla 35-3	Resultados de ensayos físico-químico y, bacteriológicos después del tratamiento propuesto.	84
Tabla 36-3	Resultados de ensayos físico-químico y, bacteriológicos después del tratamiento propuesto	85
Tabla 37-3	Requerimiento de materiales equipos y reactivos	87
Tabla 38-3	Determinación de los costos del sistema de tratamiento biológico de los efluentes recolectados por el hidrosuccionador	88
Tabla 39-3	Determinación de costo de mano de obra	89
Tabla 40-3	Costo total de inversión	90
Tabla 41-3	Porcentaje de remoción en el sedimentador primario	90
Tabla 42-3	Porcentaje de remoción en el reactor biológico	90
Tabla 43-3	Porcentaje de remoción en el sedimentador secundario.....	91
Tabla 44-3	Remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)	91
Tabla 45-3	Remoción de la demanda química de oxígeno (DQO).....	92
Tabla 46-3	Turbiedad.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A Los criterios de calidad admisible para las aguas destinadas a uso agrícola.
- Anexo B Procedimiento analítico
- Anexo C Análisis bacteriológico
- Anexo D Caracterización inicial del efluente recolectado por el hidrosuccionador
- Anexo E Caracterización del efluente tratado
- Anexo F Planos de los equipos dimensionados

RESUMEN

El objetivo fue diseñar un sistema de tratamiento biológico de los efluentes recolectados por el hidrosuccionador y, mitigar los impactos ambientales por descarga de residuos líquidos provenientes de los diferentes puntos de la Ciudad de Guaranda. Se realizó el reconocimiento del lugar de investigación, luego se tomó la muestra compuesta para los respectivos análisis. Los análisis preliminares de la muestra compuesta se realizaron en Seidlaboratory Cía. Ltda Quito, los ensayos físico químico y bacteriológicos realizados se detalla a continuación: Aceites y grasas 149 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 1028,55 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 1371,4 mg/L, Oxígeno Disuelto 0,7 %, Nitrógeno Total 0,00 %, Coliformes Fecales 92×10^1 NMP/100mL. Los valores determinados están fuera de los límites permisibles de la norma TULSMA TABLA 3 (referente a criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola). A partir de los resultados de la caracterización primaria, definido el índice de biodegradabilidad y la simulación de los procesos se estableció las siguientes operaciones: rejillas, sedimentador primario, reactor biológico, sedimentador secundario y, era de secado, con la simulación de proceso (planta piloto) se obtuvieron los siguientes resultados: Aceites y grasas <20 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 7,82 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 10,43 mg/L, Oxígeno Disuelto 52,7 %, Nitrógeno Total 0,00, Coliformes Fecales <1,8 NMP/100mL se puede evidenciar que el sistema propuesto es el indicado para la depuración de los efluentes recolectados por el hidrosuccionador, por esta razón se recomienda a la empresa implementar la planta de tratamiento biológico y el agua puede ser utilizada en regadío.

Palabras claves: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA SANITARIA>, <HIDROSUCCIONADOR> <PLANTA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO> <DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)> <DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)> <SEDIMENTADOR CONVENCIONAL> <DIGESTOR AEROBIO>

ABSTRACT

The objective of this research is design a biological treatment system for the effluents collected by the Sewer Vacuum Truck and reduces environmental impacts by discharging liquid waste from the different places in Guaranda city. The identification of the research place was made, then the sample was taken for analyzes. Preliminary analyzes were developed in Seidlaboratory Cía. Ltda Quito, the physical, chemical and bacteriological tests executed are detailed below: Oils and fats 149 mg/L, Biochemical Oxygen Demand (DBO₅) 1028,55 mg/L, Chemical Oxygen Demand (COD)1317,4 mg/L, Oxygen Dissolved 0,7%, Total Nitrogen 0,00%, Fecal Coliforms 99x10E1 NMP/100 mL. The values are outside the possible limits of the TLSMA standard TABLE 3 (referring to admissible quality criteria for waters destined for agricultural use). The results in the primary characterization, defined the biodegradability index and the simulation of the processes, the following operations were established: grids, primary settler, biological reactor, secondary settler and drying stage, with the process simulation (pilot plant) the following results were obtained: Oils and fats, < 20 mg/L, Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) 7,8 mg/L, (COD) 10,43 mg/L, Dissolved Oxygen 52,7 %, Total Nitrogen 0,00, Fecal Colifoms < 1,8 NMP/100 mL, it can be evinced that the proposed system is the indicated for the purification of the effluents collected be the Sewer Vacuum Truck, for this reason it is recommended that the Company implement a Biological treatment plant to use water in irrigation.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <ENGINEERING AND SANITARY TECHNOLOGY>, <SEWER VACUUM TRUCK>, <BIOLOGICAL TREATMENT PLANT>, <CHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD₅)>, <DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)>, <COMVENTIONAL SEDIMENTER>, <AEROBIC DIGESTOR>.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

Los efluentes provenientes de los pozos sépticos, cajas de revisión, de los diferentes puntos de la ciudad de Guaranda contienen en su seno gran cantidad de materia orgánica, de modo que generan gases malolientes contaminando al medio ambiente si se evacua directamente en ríos, quebradas, terrenos abandonados o en las mismas alcantarillas (Metcalf, Ingeniería Sanitaria, 1995, pág. 1).

En la actualidad en el Ecuador solo el 12 % de los efluentes reciben un tratamiento adecuado previo a su descarga en ríos y quebradas, de acuerdo con la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA). La gran mayoría de los efluentes se vierte directamente al ambiente sin un tratamiento previo, con efectos perjudiciales para la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos ambientales de agua dulce y los ecosistemas. Las aguas provenientes de uso municipal comercial e industrial se componen aproximadamente de un 99 % de agua y 1 % de sólidos disueltos (coloidales y en suspensión) (La Hora, 2017)

La E.P – EMAPA-G Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda cuenta con un hidrosuccionador cuya función es limpiar las alcantarillas en caso de que ocurran interrupciones en el fluido de aguas residuales, es decir a través de la sonda a presión destapa, remueve, limpia y desinfecta sumideros y tuberías sin necesidad de picar o dañar las paredes, estas aguas no son succionadas, y ocurre con mayor frecuencia en épocas de invierno debido a la precipitación, con lo cual el sistema de alcantarillado tiende a colapsar. Otra de las funciones es succionar las aguas de los pozos sépticos de las viviendas que aun cuentan de aquel servicio, generalmente de los Barrios como: Un verdina, Primero de Mayo, Peñón, Comunidad de Pirca Pamba, se incluye también tres Establecimientos Educativos: Gradadas, Rumi Loma, Zuro Pogios, estas aguas son desechadas sin un tratamiento previo en lugares como el botadero ubicado en las cercanías de la ciudad, las mismas alcantarillas, lugares abandonados o directamente en el río Guaranda, dejando que la naturaleza se encargue de la degradación de los desechos en forma natural aumentando la contaminación ambiental lo cual produce malos olores, presencia de vectores, los mismos que generan contaminación al ambiente y malestar a los habitantes de la zona (Telégrafo, 2018)

La E.P – EMAPA-G a más de ser responsable de la administración, planificación, diseño, construcción, control, operación y mantenimiento de los sistemas de producción, distribución y

comercialización de agua potable, es responsable de la conducción, regulación y disposición final de las aguas residuales y sus implicaciones en posibles contaminantes que pudieren presentarse en el trayecto del cuerpo receptor.

1.2 Justificación del proyecto

En la actualidad la E.P – EMAPA-G carece de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales recolectadas por el hidrosuccionador, debido a que estas aguas y sus residuos una vez recogidos son desfogados en el botadero de Curgua a unos 5 km de la ciudad vía Guaranda Chimbo, terrenos abandonados de la zona, en el río de la ciudad, esto ocasiona la generación de grandes cantidades de gases mal olientes contaminando directamente al medio ambiente.

Por este motivo es importante realizar un estudio de los efluentes procedentes de los pozos sépticos y las cajas de revisión. Estas al ser succionadas y evacuadas en los lugares mencionados anteriormente causan problemas ambientales, por lo que algunos organismos proliferan rápidamente en condiciones aerobias, provocan malos olores y otras molestias. Con el presente estudio se busca dar un tratamiento previo y, aprovechar los residuos que se generan como abono o acondicionadores de terreno (Winkler, 1994, pág. 313).

De esta manera demostrar a la ciudadanía y a la provincia el trabajo mancomunado ordenado organizado especialmente con el sector pecuario, el trabajo es ejecutable ya que económicamente no se requiere de un monto demasiado alto debido al volumen que se recolecta mensualmente, pero sí de interés social y ambiental.

1.3 Línea de base del proyecto

1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación

Primero se identificó los puntos donde el hidrosuccionador labora a su diario, se logró diferenciar dos términos muy importantes, “succión y des taponamiento”, la succión se realiza en las cajas de revisión y pozos sépticos o si se solicita para un mantenimiento.

El des taponamiento se refiere a la limpieza de las alcantarillas de la Ciudad de Guaranda, con la presión que genera el hidrosuccionador se destapa, estas aguas no son succionadas solo libera el paso del fluido de las alcantarillas, con dichos datos se procedió a realizar las debidas caracterizaciones.

1.3.2 Hidrología

El Cantón Guaranda cuenta con 25000 habitantes aproximadamente (Zona urbana), en todo el cantón la población llega a alrededor de 65000 habitantes, su clima varía desde los páramos fríos, entre 4 °C a 7 °C, hasta subtropical cálido, de 18 °C a 24 °C es un Cantón que tiene varios pisos climáticos, la temperatura en Guaranda es de 13 °C, el Cantón Guaranda tiene una superficie de 1897,8 Km², con una altitud de 2668 msnm, el idioma es castellano y kichwa, moneda Dólar Americano, Guaranda esta bañado por los ríos Salinas e Illangama (río Guaranda), cuyas vertientes iniciales están en los páramos del Chimborazo (Telégrafo, 2018)

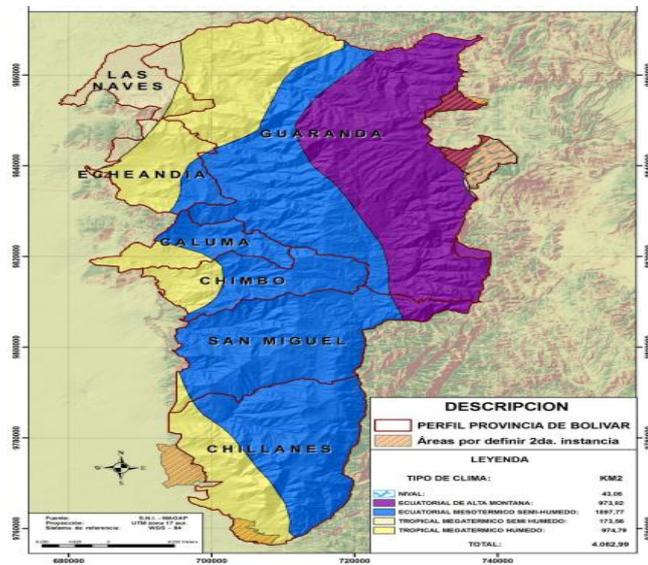


Figura 1-1 Sistema hídrico Cantón Guaranda
Fuente: (Telégrafo, 2018)

1.3.3 Tipo de estudio

El proyecto cuenta con un estudio analítico-descriptivo ya que se da la recolección de datos, asignando el control de los factores de estudio ya sean estos experimentales y observacionales.

1.3.4 Métodos y técnicas

1.3.4.1 Métodos

a) Método inductivo

Este método estudia básicamente las ideas particulares llevándolas a ideas generales. Mediante la aplicación de este método se dio a conocer el porcentaje de contaminante presentes en los

efluentes recolectadas por el hidrosuccionador el cual nos va a permitir dar las conclusiones claras y concisas para el desarrollo del diseño del sistema. Esto se conseguirá con los respectivos análisis meticulosos ejecutados en el laboratorio conocido como caracterización (físico-químico y, microbiológico), adquiriendo datos precisos para la elaboración del proyecto técnico.

b) **Método deductivo**

este método parte de datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular. Lo que conlleva a decir que la evacuación anormal del hidrosuccionador, produce una contaminación ambiental y como posible solución es el sistema de tratamiento biológico para los efluentes recolectadas por el hidrosuccionador.

Los análisis físico-químico y microbiológico fueron comparadas con las normas establecidas del TULSMA, Acuerdo ministerial N^o 387 sustituyese el libro VI de Texto Unificado de Legislación Secundaria 097-A, Miércoles 4 de Noviembre de 2015, datos que fueron tabulados y analizados para posteriormente diseñara la planta de tratamiento biológico para los efluentes recolectadas por el hidrosuccionador

c) **Método experimental**

Se basa en la utilización de equipos e instrumentos adecuados para demostrar la veracidad de los datos obtenido de la toma de muestra y del tratamiento del análisis físico-químico y microbiológico de agua residual. Demostrando una simulación del diseño en laboratorio poder diseñar el tratamiento óptimo para la depuración de los efluentes recolectadas por el hidrosuccionador.

1.3.4.2 Técnicas

Basadas en las normas y técnicas para la caracterización físico-químico y microbiológico, que se encuentran establecidas en el manual de procedimiento técnico del Seidlaboratory Cia. Ltda Quito, también en el manual de procedimiento técnico del laboratorio de control de calidad de la E.P – EMAPAG-G ubicados en el anexo B, fundamentados en el (Estándar Methods for Examination of Wáter and Wastewater) especificados en la última edición y el manual de análisis de Agua, Métodos HACH.

1.3.5 Determinación del caudal

Para determinar el caudal se registró los volúmenes recolectadas por el hidrosuccionador en los días laborables de la siguiente manera.

1.3.5.1 Determinación del volumen del efluente recolectado por el hidrosuccionador

Con la ayuda del rotámetro que dispone el hidrosuccionador se pudo registrar el volumen recolectado en los días laborables, dato que fue útil para determinar el volumen recolectado semanal, mensual, en un período planificado para el estudio del presente proyecto comprendido entre Septiembre 2017 – Febrero 2018 como se detalla a continuación.

Tabla 1-1 Determinación de volumen semanal (Mes septiembre)

Días	Semana 1 (m ³)	Semana 2 (m ³)	Semana 3 (m ³)	Semana 4 (m ³)
Lunes	7	6	8	9
Miércoles	7	5	9	8
Viernes	6	4	8	8
Total Semanal	20	15	25	25
Total mensual	90			

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

Tabla 2-1 Determinación de volumen semanal (Mes Octubre)

Días	Semana 1 (m ³)	Semana 2 (m ³)	Semana 3 (m ³)	Semana 4 (m ³)
Lunes	8	7	10	8
Miércoles	8	5	10	8
Viernes	6	6	9	10
Total Semanal	22	18	29	26

Total mensual	95
----------------------	----

Elaborado por: Chimbolema Freddy

Tabla 3-1 Determinación de volumen semanal (Mes Noviembre)

Días	Semana 1 (m ³)	Semana 2 (m ³)	Semana 3 (m ³)	Semana 4 (m ³)
Lunes	8	9	10	10
Miércoles	8	10	8	7
Viernes	7	6	8	7
Total Semanal	23	25	26	24
Total mensual	98			

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

Tabla 4-1 Determinación de volumen semanal (Mes Diciembre)

Días	Semana 1 (m ³)	Semana 2 (m ³)	Semana 3 (m ³)	Semana 4 (m ³)
Lunes	7	10	8	10
Miércoles	7	10	5	10
Viernes	7	9	5	9
Total Semanal	21	29	18	29
Total mensual	97			

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

Tabla 5-1 Determinación de volumen semanal (Mes Enero)

Días	Semana 1 (m ³)	Semana 2 (m ³)	Semana 3 (m ³)	Semana 4 (m ³)
Lunes	10	13	10	10

Miércoles	10	10	10	10
Viernes	9	10	6	12
Total Semanal	29	33	26	32
Total mensual	120			

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

Tabla 6-1 Determinación de volumen semanal (Mes Febrero)

Días	Semana 1 (m³)	Semana 2 (m³)	Semana 3 (m³)	Semana 4 (m³)
Lunes	8	10	8	8
Miércoles	8	10	8	9
Viernes	9	9	4	9
Total Semanal	24	29	20	26
Total mensual	99			

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

1.3.5.2 Cálculo de caudal de diseño

El caudal de diseño se determinó a partir del volumen de agua promedio mensual registrado, ya que esto permite determinar la capacidad de cada proceso en una planta de tratamiento, no se analizó otros parámetros como: caudal mínimo, máximo ya que estos se analiza para otros fines de diseño y para un caudal continuo, por ejemplo las dimensiones de la cámara de cloro o de tanque de homogeneización se determina a partir del caudal máximo, además el proceso en el presente proyecto no es continuo más es un proceso discontinuo, debido a los días laborables del hidrosuccionador ya que su trabajo no es todo los días por ende no se tiene un caudal que fluya en forma continua en la planta (Metcalf, Caudal de Diseño, 1995, pág. 41).

En los meses de Enero y Febrero se recolectó 97 y 99 m³ un volumen mayor porque incluye la limpieza de los pozos sépticos de tres establecimientos educativos, la limpieza del pozo séptico de la Unidad Educativa Gradas fue la primera semana de Enero, la limpieza del pozo séptico de la Unidad Educativa Rumi Loma fue la tercera semana de Enero. El mantenimiento del pozo séptico de la Unidad Educativa Zuro Pogios fue la primera semana de Febrero. Al realizar la

succión en los meses antes descritos se determinó que el mantenimiento preventivo es mucho más barato y efectivo, garantiza la vida útil de 25 años de los sistemas sépticos (Gonzales, 2017, pág. 1).

Tabla 7-1 Determinación de caudal (Promedio semestre)

Meses	Volumen total (m ³ /mes)
Septiembre	90
Octubre	95
Noviembre	98
Diciembre	97
Enero	120
Febrero	99
Promedio	99,833

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

1.3.6 Método de muestreo

El muestreo se realizó en forma manual, considerando en muestras simples para posteriormente homogenizar y al final obtener muestras compuestas, estas ayudarán para una mejor apreciación de resultados al momento de realizar los análisis del laboratorio. El cronograma de muestreo se puede apreciar a continuación.

Tabla 8-1 Muestreo en los días laborables del hidrosuccionador

DÍAS	MUESTRA	HORA	LUGAR
Lunes	1	3:00 pm	Evacuación (hidrosuccionador)
Miércoles	1	3:00 pm	Evacuación (hidrosuccionador)
Viernes	1	3:00 pm	Evacuación (hidrosuccionador)
Total	3		

Realizado por: Chimbolema Freddy 2018

1.3.6.1 Características Físicas, Químicas y Microbiológicas de los efluentes.

Para realizar la caracterización se tomó la muestra compuesta procedente de los siguientes puntos de muestreo: 5 de junio, complejo, 9 de octubre, las colinas de la ciudad de Guaranda (McGraw-Hill Interamericana, 2000, pág. 25).

Los análisis se realizaron en Seidlaboratory Cía. Ltda Quito, y en la E.P – EMAPA-G, ya que el laboratorio de control de calidad de aguas cuenta con equipos como: espectrofotómetro, potenciómetro, turbidímetro y otros equipos necesarios para su respectivo análisis como se detalla en la tabla 32-3. Y se puede hacer la comparación de ambos análisis.

1.3.6.2 Parámetros analizados

Mediante experimentos de laboratorio y campo, se realizó la caracterización físico-químico y microbiológico obteniendo resultados que luego de su respectiva tabulación estadística, permitieron establecer las distintas variables para el diseño de la planta de tratamiento biológico de los efluentes recolectados por el hidrosuccionador, al tiempo se estableció análisis comparativos para identificar los parámetros bajo la normativa vigente TULSMA, Tabla 3 Criterio de calidad de agua para riego agrícola.

Tabla 9-1 Características de ensayos físico-químico y bacteriológico de los efluentes recolectados por el hidrosuccionador

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅	SEM-AB DBO ₅ (STANDARD METHOD 5210B)	mg/L	1028,55
Demanda Química de Oxígeno DQO	SEM-AB DQO (STANDARD METHOD 5220B)	mg/L	1371,4
Oxígeno Disuelto	M. INTERNO	%	0,7
Nitrógeno Total	M. INTERNO	%	0,00
Sólidos totales	M. INTERNO	mg/L	1521
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	MÉTODO	MÉTODO	RESULTADO
Coliformes fecales	INEN 1529-8	NMP/100mL	92x10 ⁷

Fuente: Seidlaboratory Cía. Ltda, Quito

Los ensayos físico-químicos y microbiológicos realizados en los laboratorios de la E.P – EMAPA-G se detallan en la siguiente Tabla

Tabla 10-1 Caracterización físico-química y bacteriológica

PARÁMETROS	UNIDAD	LÍMITE PERMISIBLE	SECTOR NORTE CANTÓN GURANDA				SECTOR SUR CANTÓN GUARANDA			
			PROCEDENCIA: EFLUENTES RECOLECTADOS POR EL HIDROSUCCIONADOR							
			MUESTRAS PUNTUALES COD:LAB-EMAPAG-DV-001				MUESTRAS PUNTUALES COD:LAB-EMAPAG-DV-001			
			Trigales	Primer o de mayo	Humberdina	Carme Lo	5 de junio	Com Plejo	9 de Octu Bre	Las Colinas
			29 de Noviembre del 2017				5 de Diciembre del 2017			
Aceites y grasas	mg/L	30,00	98,12	83,64	92,17	86,64	74,08	76,59	71,24	75,61
Aluminio (Al)	mg/L	5,0	2,64	2,93	2,12	2,76	1,98	2,07	1,94	2,11
Cianuro Total (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,008	0,007	0,008	0,009	0,007	0,006	0,006	0,007
Cinc (Zn)	mg/L	5,0	0,95	0,92	0,94	0,91	0,89	0,88	0,85	0,87
Cobalto (Co)	mg/L	0,5	0,006	0,006	0,008	0,006	0,005	0,006	0,005	0,005
Cobre (Cu)	mg/L	1,0	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
Coliformes fecales	NMP/100 mL	2000	1200	12400	11800	12600	4800	4960	4720	5040
Cromo hexavalente	mg/L	0,5	0,009	0,008	0,009	0,009	0,007	0,008	0,008	0,007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100,0	1030,75	1065,56	1121,54	1096,85	1019,03	1065,56	1121,54	1096,85
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	200,0	1388,11	1349,26	1399,32	1396,65	1340,79	1355,39	1351,62	1349,04
Fósforo total (P)	mg/L	10,0	5,16	5,47	5,28	5,35	4,97	5,03	4,62	4,84
Hierro total (Fe)	mg/L	10,0	16,78	15,34	16,49	16,27	12,52	12,60	12,78	12,59
Manganeso total (Mn)	mg/L	2,0	8,39	7,67	8,245	8,135	6,26	6,3	6,39	6,30
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/L	20,0	0,50	0,62	0,54	0,60	0,58	0,63	0,59	0,61

Niquel (Ni)	mg/L	2,0	0,12	0,18	0,16	0,14	0,09	0,10	0,08	0,11
Nitrógeno total kjendhal (N)	mg/L	50,0	0,31	0,29	0,30	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28
Plata (Ag)	mg/L	0,1	0,005	0,006	0,006	0,005	0,003	0,004	0,004	0,004
Plomo (Pb)	mg/L	0,2	0,008	0,01	0,009	0,008	0,007	0,000 7	0,006	0,007
Potencial de hidrógeno	mg/L	6,9	7,45	7,50	7,47	7,52	7,49	7,46	7,42	7,43
Sólidos suspendidos totales	mg/L	130,0	325,0 0	357,5 0	429,0 0	393,2 5	295,4 5	312,0 0	340,0 0	357,5 0
Sólidos totales	mg/L	1600,0	2665,00	2931,50	3517,80	3224,65	2422,73	3558,40	2788,00	41,73 1
Sulfatos (SO₄⁻²)	mg/L	1000,0	25,00	28,00	24,00	30,00	20,00	22,00	24,00	18,00
Temperatura (°C)	mg/L	±3	15,45	15,60	15,24	15,53	14,87	14,51	14,96	14,24

Fuente: Laboratorio de control de calidad EP. EMAPA-G

7.3.7 Prueba de tratabilidad

7.3.7.1 Índice de biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad representa la naturaleza del efluente e indica el tratamiento adecuado para este, ya sea un tratamiento físico-químico o biológico (Hernandez, 1992)

Tabla 11-3 Relación de Índice de biodegradabilidad

	POCO BIODEGRADABLE	MEDIANAMENTE BIODEGRADABLE	MUY BIODEGRADABLE
DBO_5/DQO	<0,2	0,2 – 0,6	>0,6
TIPO DE TRATAMIENTO	Físico-químico	Físico-químico biológico	Biológico

Fuente: (LAPÉÑA, 1990)

7.3.7.2 Propuesta de diseño de una planta de tratamiento biológico

La relación del índice de biodegradabilidad es mayor que 0,6 según la Tabla 11-3 nos indica que el tratamiento es biológico por lo tanto para el estudio se dimensionó una planta piloto, implementándose los siguientes procesos: tanque de almacenamiento, sedimentador primario, reactor biológico, sedimentador secundario circular y un lecho de secado.

Se colocó 10 L de agua residual en el tanque de almacenamiento y, luego a través de una válvula pasó al sedimentador primario donde se sedimentaron los sólidos de mayor tamaño.

En el reactor biológico se inyectó el oxígeno para mantener el agua en turbulencia favoreciendo al crecimiento microbiano que son los encargados de asimilar la materia orgánica formando flóculos, posteriormente en el siguiente proceso es decir en el sedimentador secundario las partículas aglomerables (materia orgánica que logra flocularse –hacer grumos), se sedimenta cuando ganan el peso y se precipitan a la velocidad creciente en el tiempo, la planta piloto se observa en el siguiente gráfico.



Fotografía 1-1 Tratamiento biológico (Planta piloto)

Realizado por: Chimbolema Freddy, 2018

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

E.P - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda

1.4.2 Indirectos

La población del Cantón Guaranda.

CAPÍTULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo general

- Diseñar un sistema de tratamiento biológico para las aguas residuales recolectadas por el hidrosuccionador de la Empresa Municipal de Agua potable y Alcantarillado del Cantón Guaranda

2.2 Objetivo específico

- Establecer las frecuencias de succión en las viviendas que aún cuentan con los pozos sépticos incluyendo a los tres Establecimientos Educativos.
- Definir las variables de diseño que caracterizan a un tratamiento biológico.
- Realizar el diseño del reactor biológico.
- Establecer las viabilidades técnicas y económicas del diseño para el sistema de tratamiento de efluentes recolectadas por el hidrosuccionador.

CAPÍTULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 Localización geográfica

El presente trabajo de investigación técnico se efectuó en la Provincia de Bolívar Cantón Guaranda

Tabla 12-3 Características geográficas de Cantón Guaranda

Límites	Al norte con: Provincia de Cotopaxi Al Sur con: Cantones de Chimbo y San Miguel Al este con: cordillera occidental de los Andes Al oeste con: Provincia de Los Ríos
Rango altitudinal	2.668 msnm
Clima	Varía entre 10 a 20 °C

Fuente: (Plan de Desarrollo Territorial de Cantón Guaranda)

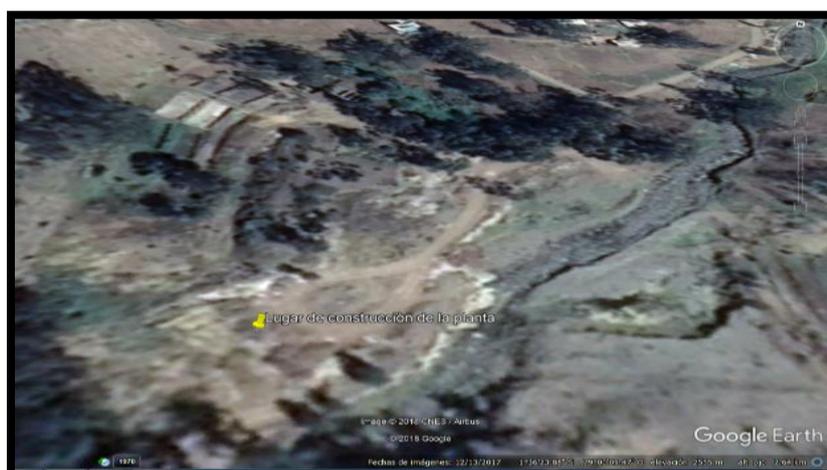


Figura 2-3 Ubicación Geográfica de implementación de la planta
Fuente: (GOOGLE EART 2018)

3.1.2 Clima de la zona

Su clima varía desde los páramos fríos, entre 4 °C a 7 °C, hasta subtropical cálido, de 18 °C a 24 °C es un Cantón que tiene varios pisos climáticos, la temperatura en Guaranda es de 13 °C, el Cantón Guaranda tiene una superficie de 1897,8 Km², con una altitud de 2668 msnm.

3.1.3 Características geomorfológicas de Cantón Guaranda

La geomorfología indica la erosión del terreno, con efectos notorios en la zona del páramo, y moderados en la parte baja. Cerca de la de Cantón Guaranda se levantan hermosos farallones que son el resultado de procesos eruptivos de miles de años, la mayor parte del territorio está ocupado por bosques intervenidos por pastos, cultivos, también está considerada una parte, para la conservación y protección del medio ambiente, dispone de páramo en la zona alta, remanentes de Bosque y Matorral húmedo.

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Aguas residuales

De acuerdo a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, se describe a las aguas residuales como aguas de composición variada provenientes de las descargas de uso municipal, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original (TULSMA, 2015).

3.2.1.1 Características de las Aguas Residuales

las aguas residuales están compuestas originalmente en un 99 % de agua potable y 0,1 % por peso de sólidos, ya sea disueltos o suspendidos. Este 0,1 % referido aquel que debe ser removido para que el agua pueda ser reutilizada, con la aplicación del tratamiento (EcuRed, 2015)

Características físicas

El agua residual presenta características físicas tales como: conductividad, potencial de hidrógeno, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, turbiedad, temperatura. Realizar la caracterización correcta de la turbiedad y la cantidad de sólidos totales en la muestra es de vital importancia para realizar una caracterización preliminar.

a) Conductividad

Es la capacidad del agua para conducir electricidad, por la presencia de sales disueltas, y un incremento de iones como Ca, Mg, Na, P, etc. (ROMERO, 2008)

b) Potencial de hidrogeno

El pH mide la concentración de iones Hidrogenos presentes en una muestra. Al conocer el pH se puede controlar reacciones químicas y la actividad biológica (Rubens, 1996, pág. 176)

c) Solidos totales

Se dividen en sólidos disueltos y sólidos suspendidos, que resulta después de someter al agua a elevadas temperaturas.

d) Sólidos suspendidos

Se determinan por la diferencia entre sólidos totales y sólidos disueltos, se obtiene para el dimensionamiento de un sistema de tratamiento de agua residual. (Crites, 2000)

e) Sólidos sedimentables

Es el material que se sedimenta en el fondo de un recipiente.

f) Turbiedad

Indica la presencia de impurezas que se encuentran suspendidas en el agua que dificultan la dispersión de la luz. (Crites, 2000)

g) Temperatura: Es un parámetro importante porque puede acelerar las reacciones químicas e influye en la viscosidad y en la cinética del agua. (Crites, 2000)

Organolépticas

a) Color

Existen varias causas del color de agua como la presencia de ciertos minerales, también depende de la descomposición del agua y puede darse por el contacto del agua con desechos orgánicos (Rubens, 1996, pág. 176)

b) Olor

El olor del agua residual es inofensivo pero indica la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos

Características químicas

Es importante entender las características químicas del agua residual, debido a que nos permitirá guiarnos e identificar el tratamiento más idóneo y eficiente para mejorar el calidad del agua. Las principales características químicas del agua son: Asaites y grasas, Demanda bioquímica de oxígeno, Detergente,

a) Aceites y grasas

La presencia de aceites y grasas de origen mineral no son biodegradables mientras los aceites y grasas de origen vegetal pueden tener un tratamiento biológico.. (Crites, 2000)

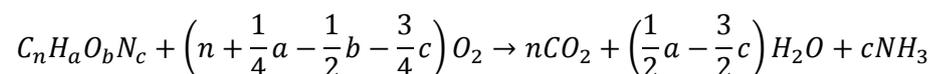
b) Fosforo

En la mayoría de las aguas residuales hay proliferación de algas cuyo crecimiento es caudado por la presencia de fosforo.

c) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Se define como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica en condiciones aerobias. Puede considerarse como un procedimiento en el cual los organismos vivos sirven como medio para la oxidación de la materia orgánica hasta dióxido de carbono y agua (Rubens, 1996, pág. 176)

la reacción puede representarse así



Ecuación 1

Las reacciones de oxidación que se efectúan durante el análisis son el resultado de la actividad biológica y de la velocidad a la cual las reacciones se desarrollan, las cuales son gobernadas por la población microbiana y por la temperatura. Se escoge 20°C para desarrollar el análisis por ser la temperatura normal a la cual los cuerpos de agua oxidan la materia orgánica (Winkler, 1994, pág. 313).

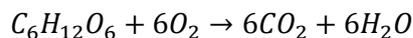
El análisis se realiza a 20°C y durante cinco días, por esto se denomina: DBO_5^{20}

d) Demanda química de oxígeno (DQO)

Mide el oxígeno equivalente de sustancias orgánicas e inorgánicas en una muestra acuosa que es susceptible a la oxidación por dicromato de potasio en una solución de ácido sulfúrico.

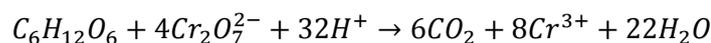
En las pruebas de DQO se acelera en forma artificial el proceso mediante una oxidación forzada, utilizando para esto oxidantes químicos y métodos estandarizados, cuyo fin es garantizar la reproducibilidad y comparabilidad de las mediciones (Winkler, 1994, pág. 313).

Degradación biológica de un carbohidrato en condiciones aeróbicas:



Ecuación 2

Degradación química acelerada de la misma sustancia con dicromato de potasio:



Ecuación 3

Determinada así la DQO, se la expresa como el oxígeno equivalente al contenido de materia orgánica, en mg O₂/l.

e) Detergentes

Son sustancias encargadas de la disminución de la tensión superficial del agua y se caracterizan por producir espuma que es perjudicial para la absorción y disolución del oxígeno en el agua. (Crites, 2000)

f) Nitrógeno

Es considerado como un nutriente para el incremento de microorganismos y se encuentra en forma de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitratos y nitrito

g) Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto es uno de los principales indicadores de contaminación en agua residuales, el oxígeno disuelto puede disminuir por la respiración de los microorganismos, plantas acuáticas, y organismos macroscópicos; o a su vez por el incremento en la temperatura, y las reacciones químicas que consume oxígeno (Romero, Oxígeno Disuelto, 2004)

Características biológicas

a) Coliformes fecales

Son las bacterias Gram negativas aeróbicas y anaeróbicas facultativas, de forma redonda y que no forman esporas.

b) Totales

La mayoría son *Escherichia coli* y *Klesbiella*. Estas bacterias soportan altas temperaturas y se reproducen en gran cantidad por condiciones favorables de pH, temperatura, etc. (Crites, 2000)

3.2.1.2 Medición del caudal de aguas residuales

En la mayoría de sistemas de tratamiento de aguas servidas se hallan varios métodos para determinar el caudal de agua los más utilizados en los planes de sistema de tratamientos son los:

- Métodos volumétricos y
- Métodos de velocidad-área

a) Método Volumétrico

Se aplica este método cuando la corriente de fluido pueda provocar un chorro, obteniéndose el caudal mediante la ecuación:

$$Q = V/t$$

Ecuación 4

Donde:

Q =Caudal, (L/s)

V =Volumen del recipiente, (L)

t =Tiempo que tarda en llenarse el recipiente, (s)

Para definir el tiempo promedio se recomienda realizar, como mínimo, cinco mediciones

b) Método de velocidad-área

Para la medición del caudal, se basan en la medición en canal abierto, los dispositivos más utilizados para ello son: los vertederos rectangulares, trapezoidales, triangulares y canal de Parshall y tuberías circulares (Rubens, 1996, pág. 176)

$$Q = A * V$$

Ecuación 5

Donde:

Q= Caudal (m³/s)

V= Velocidad (m/s)

A = Área del canal (m²) depende del vertedero

3.2.1.3 Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales se dividen de acuerdo a su procedencia en:

- Aguas blancas
- Aguas grises
- Aguas negras
- Aguas Industriales

- Aguas de Agrícolas y ganaderas

Aguas blancas: Es el agua procedentes de la lluvia, deshielo, limpieza urbana, contacto humano, aguas de drenaje (subterráneas) que arrastran todo lo que encuentra a su paso (TULSMA, Clasificación de las Aguas Residuales , 2015)

Aguas grises: Son todas aquellas aguas que son generadas de la higiene corporal o de la casa y sus utensilios como: Aguas de duchas, lavamanos, lavadoras con jabón, residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables (TULSMA, Clasificación de las Aguas Residuales , 2015)

Aguas negras o domesticas urbanas: Las aguas negras son las que proceden de las actividades domésticas, que contienen: restos de inodoros, detergentes, cocinas, aceites de frituras, microorganismos y materia orgánica de los sanitarios baños y lavabos. En las aguas negras, los compuestos químicos que se presentan son:

Microorganismos, urea, proteínas, ácido acético, ácido láctico, bases jabonosas y almidones, aceites, minerales, hidrocarburos, gases, sales, etc.

Aguas residuales industriales: Proviene de los Desagües de los procesos industriales de: generación de vapor, producción energía eléctrica son aquellas que varían en su composición de acuerdo a la actividad industrial que realiza; puede contener: materia orgánica e inorgánica Sustancias corrosivas, venenosas, inflamables o explosivas ccuando contienen sustancias tóxicas, requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado municipal o en el RÍO (TULSMA, Clasificación de las Aguas Residuales , 2015)

Aguas residuales sanitaria urbana: Es prácticamente el agua residual doméstica, pero a ello se suma los desechos de las industrias se componen fundamentalmente en su carga contaminante, de materia orgánica en forma soluble o coloidal y de sólidos en suspensión ciertos residuos se encuentran en suspensión, otros entran en solución y algunos llegan a estar finamente divididos adquiriendo propiedades coloidales (Winkler, 1994, pág. 313).

Aguas residuales agrícolas y ganaderos: Son las aguas que provienen de restos vegetales, cosechas, semillas concentración de animales muertos, excrementos sólidos y líquidos, etc. y en lixiviados (Winkler, 1994, pág. 313).

Tabla 13-3 Contaminantes importantes de aguas residuales

CONTAMINANTES	IMPORTANCIA AMBIENTAL	FUENTE
Sólidos suspendidos	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red
Compuestos orgánicos biodegradables	Causan enfermedades transmisibles	Desechos domésticos
Nutrientes	Puede causar eutrofización	Desechos domésticos
Compuestos orgánicos refractarios	Pueden causar problemas de sabor y olor; pueden ser tóxicos o cancerígenos	Desechos industriales.
Metales pesados	Son tóxicos, pueden interferir en el tratamiento y reúso del efluente.	Desechos industriales, minería , etc.
Sólidos inorgánicos disueltos	Pueden interferir con el reúso del efluente	Debidos al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua

Fuente: (Metcalf & Eddy, 2005)

3.2.1.4 Muestreo de las Aguas Residuales

El muestreo en las aguas residuales consiste en extraer una parte representativa del efluente de interés, con la intención de analizar sus características y determinar sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos. El muestreo en las aguas residuales también sirven para adquirir datos sobre el desempeño de los diferentes procesos en la planta de tratamiento, también permite implementara nuevas propuestas y reportar resultados del cumplimiento y seguimiento de la normativa vigente (Metcalf E. &., Muestreo de las Aguas Residuales, 2009)

Tipos de muestreo para Aguas residuales

a) Muestra simple: La muestra simple nos da las características del agua residual en el momento en que la muestra es tomada. Se usa generalmente cuando el caudal del agua residual es relativamente constante ; el flujo de agua residual es intermitente y las muestras compuesta puede ocultar condiciones , externas de la aguas residuales como , la temperatura y el pH. El volumen mínimo de una muestra debe estar entre 1 y 2 litros. (Ramalho, 2003)

b) Muestra compuestas: Las muestras compuestas son aquellas formadas por la mezcla de varias muestras simples tomadas en diferentes momentos. Es recomendable que los volúmenes individuales sean de 2 a 4 L. (Ramalho, 2003)

c) Muestra integrada: Esta muestra es aquella que está conformada por varias muestras que fueron tomadas al mismo tiempo pero en diferentes puntos de ubicación. (Ramalho, 2003)

Para el cálculo del volumen de las muestras individuales, que conforman a muestra total, se emplea la siguiente ecuación.

$$V_i = \frac{(Q_i * V)}{(Q_p * n_0)}$$

Ecuación 6

Donde:

V_i : Volumen de cada muestra individual (L)

V : Volumen total de la muestra compuesta (L)

Q_i : Caudal instantáneo (L/min)

Q_p : Caudal promedio (L/min)

n_0 : Número de muestras tomadas (Adimensional)

c) Muestra integrada: Está conformada por varias muestras tomadas al mismo tiempo, pero en diferentes puntos de ubicación (Metcalf E. &., Muestra Integrada, 2009)

3.2.2 Tratamiento de Aguas Residuales

El tratamiento de las aguas residuales es considerado como el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico que tiene como objetivo la eliminación o reducción de las características no deseables del agua. La finalidad de estas operaciones es obtener el agua con las características adecuadas para el uso que se les vaya a dar. (Ptar, 2015)

3.2.2.1 Etapas del tratamiento

Tratamiento Preliminar

Adecuar el agua residual para los tratamientos posteriores, removiendo materiales. Separación de elementos de naturaleza grasa y aceitosa y sólidos del agua residual.

Son destinados a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento subsiguiente y evitar problemas a los equipos mecánicos de la planta, sin obstruir tuberías, averías en válvulas, en bombas y causar depósitos permanentes en tanques (Rubens, 1996, pág. 176)

Sirven también para minimizar variaciones de caudal y de composición y la presencia de minerales flotantes, como aceites, grasas y otros

a) Desbaste.- Consiste en la eliminación de los sólidos gruesos de tamaño superior a 1-2 mm de los sólidos de pequeño y mediano tamaño (trozos de madera, palos trapos, cáscaras de fruta, raíces, etc) que estén en suspensión o flotantes para proteger equipos electromecánicos, prevenir el atascamiento de válvulas y dar el paso de la corriente de agua

Se utiliza rejas o rejillas con diversas separaciones, las rejas pueden ser de limpieza manual o mecánica, el procedimiento se basa en hacer pasar el agua residual a través de rejas, suelen tener aberturas libres entre barras de 15 mm o mayores (tabla 18-3).

b) Neutralización.- La neutralización de vertidos elimina la acidez o alcalinidad que tienen las aguas residuales. Los vertidos ácidos se neutralizan con la adición de cal por economía, se dosifica como lechada de cal, o pasando el vertido por un depósito de carbonato de calcio (efectivo cuando la acidez es variable). Los vertidos alcalinos pueden ser neutralizados con un ácido fuerte, en general ácido sulfúrico por ser el más barato (Rubens, 1996, pág. 176)

Tratamiento Primario

Elimina una fracción de los sólidos suspendidos, coloides y materia orgánica del agua residual, no remueven microorganismos ni material soluble, se considera también una cierta reducción de la contaminación biodegradable, puesto que los sólidos poseen una parte que se constituye por materia orgánica, el tratamiento primario es capaz de remover una fracción importante de la carga orgánica que puede representar, entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 75% de los sólidos suspendidos, los procesos en el tratamiento primario son los siguientes:

La carga superficial

Expresa la velocidad de sedimentación a partir de la cual las partículas serán removidas por la estructura, por tanto la capacidad de sedimentación es independiente de la profundidad y del periodo de permanencia de la partícula, los tanques de sedimentación se dimensionan en función de la carga de superficie, expresada en $\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$, la carga de superficie adecuada depende del tipo de suspensión que se sedimente y se calcula mediante la siguiente expresión: (Metcalf, Sedimentador primario, 1995, págs. 538, 539).

Tiempo de retención (Trh)

Es el tiempo que necesitan los sólidos en suspensión en precipitarse al fondo en base a la altura del tanque de sedimentación y este depende del diámetro de cada una de las partículas, es decir el tiempo que el agua permanecerá en el tanque. Para su determinación se utiliza la siguiente Ecuación (Metcalf, 1995)

Si no es posible obtener el tiempo de retención mediante el cálculo se pueden utilizar tiempos de retención de la tabla 20-3.

El tiempo de retención hidráulico que demoraría una partícula en recorrer la longitud del sedimentador en sentido horizontal desde el momento de su entrada al sistema, si se utiliza la sedimentación como tratamiento único, el tiempo de retención será de 1,5 y 2,5 horas para el caudal medio del agua residual, en cambio si el proceso de sedimentación primario está previo a un proceso biológico se requiere de un tiempo de detención entre 0,5 a 1 hora (Ramalho S. , 1990, pág. 170)

Tratamiento Secundario – Proceso Biológico

Los procesos biológicos se utilizan para convertir la materia orgánica que se encuentra finamente dividida y disuelta en el agua residual en sólidos sedimentables floculentos que puedan separarse en tanques de sedimentación

En un tratamiento biológico, las bacterias activas y otros microorganismos destruyen y metabolizan las materias orgánicas solubles y coloidales, reduciendo la DBO y la DQO a valores inferiores a 100 mg/l. La velocidad de degradación depende de que se hallen presentes los microorganismos adecuados.

A pesar de usar estos procesos junto con los físicos y químicos empleados en tratamientos preliminares del agua residual, no son considerados como sustitutivos de aquéllos. La sedimentación primaria es muy eficaz para separar los sólidos suspendidos de cierto tamaño en tanto que los procesos biológicos separan sustancias orgánicas solubles o que estén dentro del tamaño coloidal.

Las características, de los microorganismos que intervienen en las reacciones biológicas para degradar la materia orgánica, son las que permiten implantar una clasificación de los procesos biológicos para el tratamiento de aguas residuales. En función de la dependencia del oxígeno por parte de los microorganismos, los mismos que son los responsables de las reacciones biológicas (Villar, 2013, pág. 453)

a) Tratamientos aerobios

En estos procesos la biomasa está constituida por microorganismos aerobios o facultativos, consumidores de oxígeno. El carbono de la materia orgánica disuelta en el agua se convierte parcialmente en CO₂, con producción de energía.

Para entender la forma de trabajar de distintos procesos aerobios, consideremos la curva de crecimiento bacteriano que tendríamos en un proceso discontinuo; es decir, con una carga inicial y un aporte continuo de aire. La curva de crecimiento se obtiene haciendo un recuento del número de células vivas a lo largo del tiempo. Si la representamos gráficamente obtenemos una curva como de la forma de la figura 6. En la primera fase, de crecimiento exponencial, los microorganismos disponen de todo el sustrato o alimento que necesitan y se desarrollan a plena capacidad, hasta que, por su elevado número y el consumo realizado, el sustrato disponible se vuelve escaso. Su crecimiento decae hasta alcanzar una población máxima. Por último entran en una fase de decadencia, la fase endógena, en la cual, agotada la fuente de suministro exterior, se inicia un consumo de las propias reservas y una muerte progresiva de las células (Mendez, 2007, pág. 321)

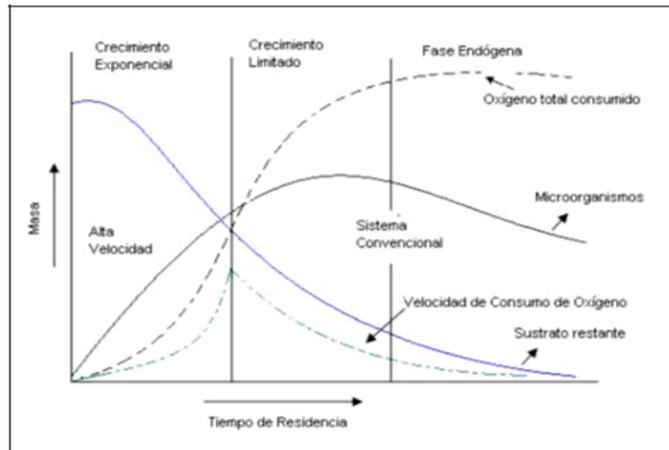


Figura 3-3 Fase del crecimiento microbiano y zonas en que operan los procesos biológicos aerobios
Fuente: (Wincler, Fases del crecimiento microbiano, 1995)

Necesidad teórica del oxígeno para la síntesis

Es el oxígeno necesario para la etapa exponencial, es decir cuando las bacterias empiezan a alimentarse y reproducirse requiere de una concentración mayor de oxígeno, al cual se le denomina oxígeno necesario en síntesis y se calcula a partir de la siguiente ecuación (Wincler, 1995, pág. 97)

$$a = 0,50 + 0,001 E_f$$

Ecuación 7

Donde:

a: Oxígeno necesario para la síntesis

E_f : Edad de fango

Necesidad teórica del oxígeno para la endogénesis

Es el oxígeno necesario para la etapa endógena, es decir cuando las bacterias empiezan a morir al no tener alimento empiezan a alimentarse de su propio protoplasma y requieren de una concentración menor de oxígeno, al cual se le denomina oxígeno necesario en endogénesis y se calcula a partir de la siguiente ecuación (Wincler, Etapa endógena, 1995, pág. 99)

Necesidad de oxígeno punta

Es el oxígeno necesario en las dos etapas es decir el oxígeno necesario en la etapa exponencial y el oxígeno necesario en la etapa de endogénesis y se calcula a partir de la siguiente ecuación (Wincler, Oxígeno punta, 1995, pág. 100)

$$ON_{punta} = \text{necesidad de síntesis} + \text{necesidad de endogénesis}$$

Ecuación 8

Concentración media de oxígeno

Es la mínima cantidad de oxígeno presente en el agua residual antes de ser tratado, se determina multiplicando el oxígeno disuelto con el oxígeno del medio (HILL, 1996)

Concentración saturación de oxígeno

Es el oxígeno presente en el agua después de del tratamiento, se calcula multiplicando el oxígeno disuelto con el oxígeno del medio (McGRAW, 1996)

Oxígeno real

Para determinar el oxígeno real se divide el oxígeno punta para el producto de: las posibles temperaturas, contenido de oxígeno, eficiencia, coeficiente de corrección, densidad se calcula a partir de la siguiente ecuación

Oxígeno punta considerando la variación de la temperatura

a) Concentración punta.

Para determinar la concentración punta se considera la altitud sobre el nivel del mar, y se calcula a partir de la siguiente ecuación (Wincler, Oxígeno punta, 1995, pág. 100)

$$Cp = 1 - 0,111 \left(\frac{\text{altitud}}{1000} \right)$$

Ecuación 9

b) Variación de las temperaturas (k_T).

Es la influencia de temperatura en la velocidad de difusión de oxígeno, se calcula a partir de la siguiente ecuación (McGRAW, 1996)

$$K_t = 1,024^{T-1}$$

Ecuación 10

Donde

T: Posibles temperaturas °C

b) Proceso de lodos activos

El proceso de fangos (lodos) activados ha sido utilizado para el tratamiento de aguas residuales tanto industriales como urbanas desde hace aproximadamente un siglo, su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aerobia (Rodríguez, 2006, pág. 625)

Si se realiza un examen microscópico al lodo generado en este proceso, revela que está formado por una población heterogénea de microorganismos que cambian continuamente en función de las variaciones de composición de las aguas residuales y de las condiciones ambientales. Los microorganismos presentes son bacterias unicelulares, hongos, algas, protozoos y rotíferos. De éstos las bacterias son las más importantes (Martínez, 2005, pág. 775)

La base de este tratamiento, se fundamenta en que un grupo de microorganismos en el reactor biológico, asentados en flóculos, asimilan aeróbicamente la materia orgánica del afluente, originando nuevos microorganismos, compuestos inorgánicos y desapareciendo la materia orgánica de las aguas.

Los microorganismos formados crecen y habitan en una estructura protectora, conocida como flóculo. La corriente sedimentada de flóculos toma el nombre de lodos activos, conocidos también como fangos activos o activados. La presencia de cationes metálicos polivalentes, tales como Fe^{+3} , Al^{+3} , y Ca^{+2} , promueven la coagulación de los lodos, mejorando su velocidad de sedimentación (Delgado, 2005, pág. 658)

Favorece la formación de flóculos sedimentables la presencia de sustancias aglutinadoras, formadoras de una matriz, donde las células se alojan, anidando unas junto a otras. Estas sustancias reticulares están formadas principalmente por polisacáridos, tipo celulosa, ADN y ARN de células muertas.

La presencia limitada de bacterias filamentosas, favorece la formación de flóculos sedimentables.

El tratamiento biológico se suele llevar a cabo utilizando un diagrama de flujo como el que muestra la figura 7-3.

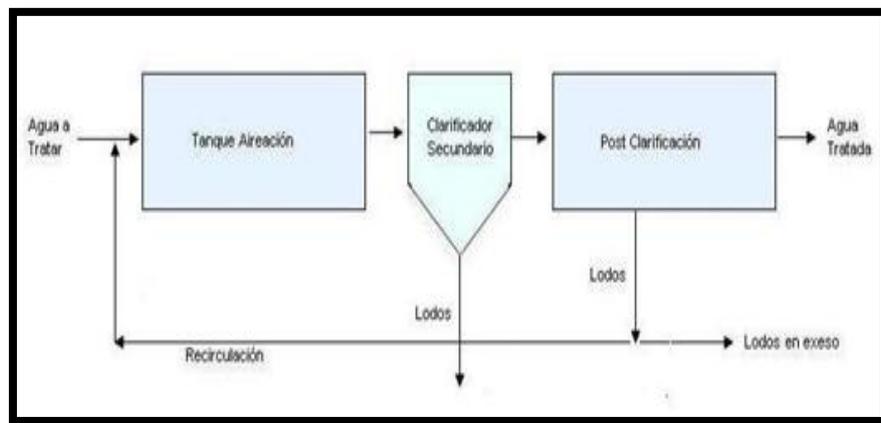
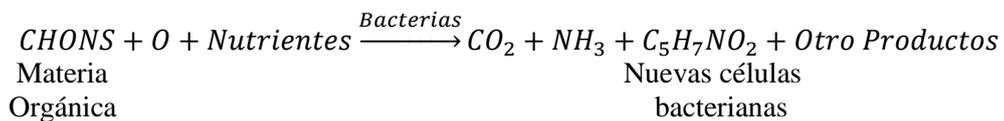


Figura 4-3 Proceso convencional de lodos activos
 Fuente: (Romero, Proceso de lodos activados , 1998)

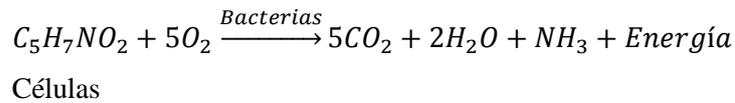
El agua residual se introduce en un reactor, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión. Al contenido del reactor se lo conoce como licor de mezcla (ML). En el interior del reactor se realiza dos transformaciones diferentes que van de acuerdo a las siguientes ecuaciones (Tortora, 2007, pág. 546)

Oxidación y Síntesis:



Ecuación 11

Respiración endógena



Ecuación 12

El aire en el reactor es introducido por medio de difusores o aireadores mecánicos, éstos también mantienen el licor de mezcla en estado de mezcla completa. Luego la mezcla es conducida hasta un tanque de sedimentación (decantador secundario). Parte de los lodos sedimentados se recircula manteniendo en el reactor la concentración deseada de lodos, la otra parte se purga del sistema

c) Aireación prolongada El objetivo fundamental de la aireación prolongada, es disminuir la cantidad de lodo residual. Aumentando el tiempo de residencia y por ende el volumen del reactor. Consecuencia de esto, todo el lodo degradable formado se consume mediante respiración endógena (Henry, 1999, pág. 994)

d) Lagunas aireadas.- Son estanques con profundidades entre 1 y 4 m, la oxigenación de las aguas residuales se realiza por medio de unidades de aireación superficiales, turbinas o difusores (Mendoza, 1999, pág. 775)

Lagunas de mezcla completa.- La turbulencia generada debe ser suficiente para proveer oxígeno disuelto en todo el volumen de líquido y mantener los sólidos en suspensión.

Lagunas facultativas.- La turbulencia generada no es suficiente para mantener todos los sólidos en suspensión, se cuenta solo con la cantidad suficiente para suministrar oxígeno disuelto a todo el volumen del líquido. Hay sólidos que decantan en el fondo de la laguna donde sufren descomposición anaerobia. En los sistemas de lagunas no existe crecimiento de algas debido a la turbulencia (Gonzales, 2005, pág. 854)

Edad de fango.- Es el tiempo necesario para la nitrificación es decir el tiempo suficiente para que las bacterias nitrificantes puedan crecer y oxidar el amonio. En fango activo convencional la edad de fango representativa para un proceso de nitrificación a 12 °C es de 6 días (Lange, 2004, pág. 61)

Carga másica.- La carga másica o la carga orgánica es el producto de la concentración de un determinado contaminante por el caudal en un lugar determinado (Miguel, 1990, pág. 141)

Tratamiento terciario

Se ocupan de obtener una calidad excelente en el efluente, que hasta puede servir para reutilización

Tratamiento de Lodos

Consiste en combinar los lodos secundarios con los primarios para tratamiento adicional por medio de un proceso biológico anaerobio (biodegradado por microorganismos), el tratamiento de lodos consiste en la separación de esa gran cantidad de agua de los residuos sólidos producidos en los procesos de tratamiento (Montoya, 2006, pág. 756)

a) Digestión aerobia.- Es un proceso bacteriano que ocurre en presencia del oxígeno. Bajo condiciones aeróbicas, las bacterias consumen ligeramente la materia orgánica y la convierten en el dióxido de carbono. Una vez que haya una carencia de la materia orgánica, las bacterias mueren y son utilizadas como alimento por otras bacterias.

b) Compost.- Proceso aeróbico que consiste en la mezcla de los sólidos de las aguas residuales con fuentes del carbón tales como aserrín, paja o virutas de madera. En presencia del oxígeno, las bacterias digieren los sólidos de las aguas residuales y la fuente agregada del carbón y, al hacer eso, producen una cantidad grande de calor. Los procesos anaerobios y aerobios de la digestión pueden dar lugar a la destrucción de microorganismos y de parásitos causantes de enfermedades a un suficiente nivel para permitir que los sólidos digeridos que resultan sean usados como fertilizantes (Romero, 1999, pág. 756)

c) Disposición de lodos.- Los fangos producidos en los tratamientos deben ser evacuados a zonas permitidas como residuos sólidos o ser incinerados. En ambos casos hay que reducir el contenido de agua. Para la deshidratación hay distintas opciones. La centrifugación y la filtración en vacío se siguen utilizando, pero el sistema mayormente adoptado son los filtros de bandas. Los filtros prensa y un acondicionamiento previo con cal y cloruro férrico, se emplean para conseguir mayores concentraciones, de hasta un 45%, cuando el fango ha de ser posteriormente incinerado, evitando un consumo excesivo de energía (Wincler, Tratamiento de lodos, 1995, pág. 87)

d) Era de secado .- En una era de secado convencional de arena se extiende el fango o lodo formado una capa de espesor de 200 a 300 mm para dejarlas secar, la deshidratación ocurre

mediante drenaje a través de la masa del fango y arena, y por evaporación desde la superficie que está expuesta al aire, el sistema de drenaje contara con tuberías de drenaje lateral puede ser de gres con juntas abiertas o de plástico perforadas, con pendiente mínima de 1 % separadas entre 2.5 y 6 m.

Para el dimensionamiento de eras de secado solo se toma en cuenta el lodo obtenido del sedimentador primario (Metcalf & Eddy, 1995).

El lecho de arena debe tener de 200 a 300 mm de espesor con un espesor adicional debido a la limpieza con una uniformidad mayor a 4,0 y el tamaño de grano debe estar entre 0,3 a 0,75 mm. El contenido de humedad del lodo de secado debe estar en proporción de 60 % después de 10 a 15 días, el periodo aproximado de secado de lodos oscila de 10 a 30 días (Metcalf & Eddy, 1995).

Parámetros analizados

En la medición de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos se emplearán los siguientes métodos.

Tabla 14-3 Parámetros, Unidad, Método para caracterización física del efluente

Parámetros	Unidad	Método
Turbiedad	NTU	Nefelométrico REF1001/S505
Color	UTC	Colorímetro REF1001/S502
Ph	-----	Potenciométrico REF1001/S503
Sólidos totales disueltos	mg/L	Conductimétrico. REF1001/S504
Temperatura	°C	Conductimétrico/ Potenciométrico REF1001/S501
Conductividad	$\mu S/cm$	Conductímetro. REF 1001/S501

Fuente: Estándar Métodos y Departamento de control de calidad EP. EMAPA-G

Tabla 15-3 Parámetros, Unidad, Método para caracterización Química del efluente

Parámetro	Unidad	Método
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	Fotométrico (DBO ₅ REF985822)
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	Fotométrico (DQOREF985830)
Oxígeno disuelto (O ₂)	mg/L	Fotométrico (O ₂ REF931288)
Cromo total (Cr ₂)	mg/L	Espectrofotométrico (Oxidación alcalina) REF1001/S524
Molibdeno (M ⁶⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido mercaptoacético) REF1001/S525

Bromo (Br ₂)	mg/L	Espectrofotométrico (Oxidación alcalina) REF1001/S524
Bario (Ba ²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (DPD) REF1001/S520
Cianuro (CN ⁻)	mg/L	Fotométrico REF1001/S521
Plata (Pg ⁺)	mg/L	Fotométrico REF1001/S528
Zinc (Zn ²⁺)	mg/L	Fotométrico (Zinc) REF1001/S531
Plomo (Pb ²⁺)	mg/L	Fotométrico (4-piridil-2-azo-rezorcina) REF1001/S529
Cobalto (Co ₂)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo-2 naptol(PAN)) REF1001/S523
Niquel (Ni ₂)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo-2 naptol(PAN)) REF1001/S526
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	Espectrofotométrico (Tiocinato de mercurio) REF1001/S522
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (Aluminón) REF1001/S518
Cobre (Co ₂)	mg/L	Espectrofotométrico (Bicinchoninato) REF1001/S507
Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (1,5 Dinitilcarbohidacida) REF1001/S508
Manganeso (Mn ²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico (PAN) REF1001/S513
Hierro total (Fe ₂)	mg/L	Espectrofotométrico (Ferrover) REF1001/S5112
Fluoruro (F ₂)	mg/L	Espectrofotométrico (Spands) REF1001/S510

Fuente: Estándar Métodos y Departamento de control de calidad EP. EMAPA-G

Tabla 16-3 Parámetros; Unidad, Método para caracterización bacteriológica

Parámetro	Unidad	Método
Coliformes fecales	NMP/100ml	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S602.Standard Methods N _o 36013
Coliformes totales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S601.Standard Methods N _o 36002

Fuente: Estándar Métodos y Departamento de control de calidad EP. EMAPA-G

3.3 Diseño de un sistema de tratamiento biológico para los efluentes recolectados por el hidrosuccionador

El diseño de la planta de tratamiento biológico consiste en dimensionar procesos en función del caudal calculado. El objetivo de la implementación de los procesos es reducir la carga orgánica inmersa en el agua residual.

3.3.1 Cálculo de caudal de diseño

Caudal de diseño es el volumen en función de tiempo registrado para determinar las capacidades de los equipos a instalar. Normalmente se identifica como el flujo volumétrico o volumen que pasa por una área dada en la unidad de tiempo, para el presente proyecto se incrementó el 40 % a petición de la Empresa.

$$Q_{Diseño} = Q * 40 \%$$

Ecuación 13

Donde:

Q_{Diseño}: Caudal de diseño (L/min)

Q: Caudal m³/s

40 %: Incremento futuro (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G)

3.3.2 Rejillas

Las rejillas son un elemento importante dentro del diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Cumple la función de retener los sólidos y material que pueden afectar al funcionamiento de los siguientes procesos. Como bombas, tuberías entre otros.

- Se utiliza rejas o rejillas con diversas separaciones
- Las rejas pueden ser de limpieza manual o mecánica

Las rejas de limpieza manual se instalan con una inclinación de 30 a 60° con respecto al plano horizontal, en cambio las rejas de limpieza mecánica tiene una inclinación mayor que va de 60 a 90° (Metcalf, 1995, pág. 145).



Figura 5-3 Rejillas

Fuente: (Pretratamiento de agua residual , 2017)

3.3.2.1 Criterios de diseño

Tabla 17-3 Dimensiones recomendadas para el ancho del canal

CRITERIO DE DISEÑO		
CAUDAL	BASE	UNIDAD
Pequeño	0,5	m
Mediano	1	m
Grandes	1,5	m
Factor de seguridad	0.15	m

Fuente: (Metcalf, Canal de entrada, 1995)

Tabla 18-3 Información típica para el proyecto de rejillas de barras de limpieza manual y mecánica

Características	Unidades	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica
Tamaño de la barra: redonda			
Anchura espesor máximo (t)	mm	5 – 15	5 – 15
Profundidad	mm	25 – 37,5	25 – 37,5
Separación entre barras (e)	mm	25 – 50	15 – 75
Pendiente con la vertical (δ)	grados	30 – 60	60 – 75
Velocidad de aproximación(VRL)	m/s	< 0,30 – 0,60	< 0,60 – 0,9
Pérdida de carga admisible (hc)	mm	150	150

Fuente: (Metcalf & Eddy, 2009) – (Ras, 2000)

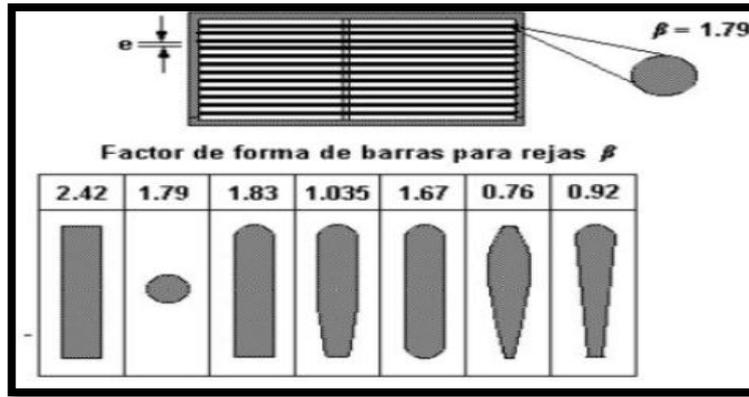


Figura 6-3 Forma de rejillas
Fuente: (Metcalf, Factor de forma de rejillas, 2005)

3.3.2.2 Dimensionamiento de las rejillas

- ❖ Área libre entre las barras de la rejillas

$$A_L = \frac{Q_{Diseño}}{v}$$

Ecuación 14

Donde:

A_L : Área libre del paso del agua (m^2)

$Q_{Diseño}$: Caudal de diseño (m^3/s)

v : Velocidad (m/s)

- ❖ Altura del tirante en el canal

$$h_{a'} = \frac{A_L}{B}$$

Ecuación 1

Donde

$h_{a'}$: Altura del tirante en el canal (m)

A_L : Área libre del paso del agua (m^2)

B : Ancho del canal m

❖ **Altura del tirante de construcción**

$$h_a = h_{a'} + h_{T1} + h_s$$

Ecuación 16

Dónde:

$h_{a'}$: Altura del tirante del canal (m)

h_{T1} : Altura de la caja de revisión (m)

h_s : Altura de seguridad (m)

❖ **Longitud de las barras**

$$L_b = \frac{h_a}{\text{sen}\alpha}$$

Ecuación 17

Dónde:

L_b : Longitud de las barras (m)

h_a : Altura del tirante de construcción (m)

α : Ángulo de inclinación de las barras (grados)

❖ **Número de barras**

$$N_b = \frac{B - e}{e + S}$$

Ecuación 18

Dónde:

N_b : Número de barras (Unidades)

B: Ancho del canal (m)

e: Separación entre las barras (m)

S: Espesor de las barras (m)

❖ **Pérdida de carga**

$$h_c = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g}\right) \text{sen}60$$

Ecuación 19

Dónde:

h_c : Pérdida de carga

β : Factor dependiente de la forma de barras

S: Espesor de las barras (m)

e: Separación entre las barras (m)

v: Velocidad (m/s)

α : Ángulo de inclinación de barras (grados)

3.3.3 Sedimentador primario

Esta operación unitaria consiste en separar los (SS) de mayor densidad que el agua, por simple gravedad hacia el fondo (separación de las arenas), sea esta materia orgánica e inorgánica, el primer tratamiento importante de las aguas residuales después de las fases preliminares es, la sedimentación de los sólidos suspendidos en un tanque adecuado. en el tanque que se mantienen las aguas por un lapso de 0.5 a 3 horas o más, que es suficiente para permitir que el 40 a 65% de los sólidos finamente divididos, se pose en el fondo del tanque y permitir que se oxide la materia orgánica entre 25% y 40% de DBO₅, las operaciones de sedimentación primaria son sin la adición de coagulantes químicos ni operaciones de mezclado mecánico y floculación, para las operaciones siguientes se considera el 10 % de pérdida de agua por los lodos hidratados en la sedimentación (Mrtcalf, 1995, págs. 538, 539).

3.3.3.1 Criterios de diseño

Tabla 19-3 Información usual para diseño de sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario y secundario

PARÁMETRO	UNIDAD	INTERVALO	VALOR USUAL
Rectangular			
Profundidad h	m	3 – 4,5	3,6
Longitud	m	15 – 90	25 – 40
Ancho	m	3 – 25	5 – 10
Velocidad de barredor	m/s	0,6 -1,2	0,9

Circular			
Profundidad	m	3 – 4,5	3,6
Longitud	m	3 – 60	12 – 45
Pendiente de la solera	mm/m	0,25 – 16	8
Velocidad de lodos rascadores	(r/min)	0,02 – 0,05	0,03

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 20-3 Información típica para el diseño de tanque de sedimentación primaria

CARACTERÍSTICAS	INTERVALO	TÍPICO
Sedimentación primaria		
Tiempo de retención, h	1,5 – 2,5	2
Carga superficie, m³/m²*d		
A caudal medio	30 – 50	40
A caudal punta	80 – 120	100
Carga sobrevertedero, m ³ /m*d	125 – 50	250
Sedimentación primaria con adición del lodo activado en exceso		
Tiempo de retención, h	1.5 – 2.5	2
Carga superficie, m³/m²*día		
A caudal medio	24 – 32	28
A caudal punta	48 – 70	60
Carga sobre vertedero	125 – 500	250

Fuente: (Metcalf & Eddy. Ingeniería de aguas residuales 1995 pgs. 542)

Tabla 21-3 Información para el diseño de tanque de sedimentación primaria

Parámetros	Rango	Unidad
Parámetros para sedimentador de placas paralelas (característica crítica del funcionamiento) (Sc)	1,5	Adimensional
Tiempo de retención	<15	min
Angulo de inclinación	60	Grados
Carga superficial (Cs)	02-oct	m ³ /m ² d
Numero de Reynolds	<500	Adimensional
Profundidad del sedimentador	1,5-2.5	m
Relación Largo – Ancho (L/A)	0-3	m

Fuente: (Metcalf Eddy 1995)

Tabla 22-3 Valores de la constante empíricas, a y b a 20 °C

Variab les	A	B
DBO₅	0,018	0,02
SST	0,0075	0,014

Fuente: (Metcalt &Eddy)

Los sedimentadores primarios pueden ser de forma circular, cuadrada o rectangular.

Tanques rectangulares

En los sedimentadores horizontales prevalece el flujo horizontal, cuentan con sistemas para recolección de lodo sedimentado, los mismos que pueden ser, barredores con cadenas o de puente móvil, la espuma se arrastra mediante los rascadores hasta un punto en el que se retiene por medio de unos deflectores para su extracción

Tanques circulares

El sistema de flujo es radial, son las más usadas en las plantas de tratamiento, ya que se puede lograr una buena remoción de lodos que son eliminados por succionadores (Martínez, 2015, pág. 567).

3.3.3.2 Dimensionamiento del sedimentador primario

❖ Área del sedimentador

$$As = \frac{Q}{Cs}$$

Ecuación 20

Dónde:

As: Área del sedimentador (m²)

Cs: Carga superficial (m³/m²d)

Q: Caudal (m³/d)

❖ **Ancho del sedimentador (a)**

$$a = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Ecuación 21

Dónde

a: Ancho del sedimentador (m)

As: Área del sedimentador (m²)

❖ **Longitud del sedimentador (L)**

$$L = 2 * a$$

Ecuación 22

Dónde:

L: Longitud del sedimentador (m)

a: Ancho del sedimentador (m)

❖ **Volumen del sedimentador**

$$V = L * a * h$$

Ecuación 23

Dónde:

V: Volumen del sedimentador (m³)

L: Largo del sedimentador (m)

a: Ancho del sedimentador (m)

h: Profundidad del sedimentador (m)

❖ **Tiempo de retención hidráulica**

$$Trh = \frac{V}{Q}$$

Ecuación 24

Dónde:

Trh: Tiempo de retención hidráulica

V: Volumen del sedimentador (m^3)

Q: Caudal ($\frac{m^3}{h}$)

❖ **Porcentaje de remoción DBO y sólidos totales suspendidos (SST)**

Porcentaje de remoción de DBO

$$\%R_{DBO} = \frac{Trh}{a + bTrh}$$

Ecuación 25

Dónde:

%R_{DBO}: Porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

Trh: Tiempo de retención hidráulica (min)

a: Constantes

b: Constantes

➤ Porcentaje de remoción de SST

$$\%R_{SST} = \frac{Trh}{a + bTrh}$$

Ecuación 26

Dónde:

%R_{SST}: Porcentaje de remoción de sólidos totales

Trh: Tiempo de retención hidráulica = 2,4 h (Valor calculado)

a: 0,0075 (valor obtenido de la Tabla 22-3)

b: 0,014 (valor obtenido de la tabla 22-3)

3.3.4 Reactor biológico

Se emplean reactores biológicos (bioreactores) en el tratamiento de efluentes líquidos peligrosos, urbanos o industriales, para reducir los contaminantes que estos pueden acarrear dependiendo del tipo de proceso en que se generaron, reduciendo así la contaminación ambiental. El tipo de tratamiento que se da a cada efluente depende del tipo y concentración de los contaminantes, normalmente se elige el tratamiento biológico como tratamiento secundario de las aguas residuales.

3.3.4.1 Clasificación de los reactores biológicos

Reactor aerobio

Requieren siempre sistemas de aireación o difusores para dotar de oxígeno a los microorganismos. Una deficiencia de este reactor es la baja solubilidad del oxígeno en el agua, lo que hace pertinente la generación de una interfase aire-agua para suministrar el oxígeno suficiente al sistema.

Son más utilizados debido a la estabilidad que presenta el proceso y la facilidad de su control; también por la capacidad para eliminar la DBO₅, el nitrógeno y fósforo. Un inconveniente del uso de estos reactores es la alta producción volumétrica de biomasa (generalmente en el proceso de fangos activos).

En estos reactores se excluye el oxígeno del sistema, ya que este podría interferir con el metabolismo anaerobio. Requieren un mayor tiempo de residencia del residuo en el reactor, necesitando un reactor de alto volumen. Son capaces de tolerar velocidades de carga altas, no requieren alto gasto de energía y generan menos biomasa.

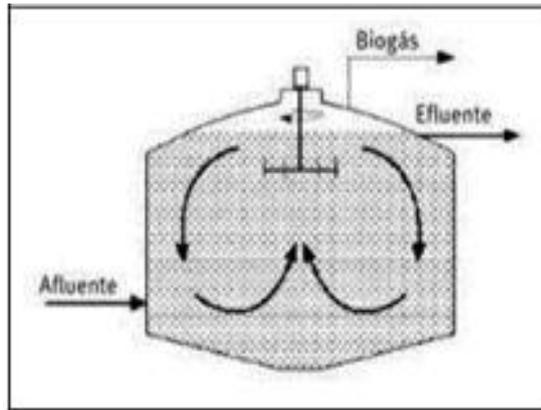


Figura 7-3 Reactor anaerobio
Fuente: (SMITH, 1995)

Reactor continuo

La mayoría de tratamientos a gran escala se operan en modo continuo, especialmente si los residuos son generados en forma continua. Una variable importante considerada en este reactor es el tiempo de residencia, que es el tiempo medio que el efluente permanece en el reactor. En un sistema continuo la concentración de contaminantes, biomasa o nutrientes, debe ser constante en todo el sistema y no variar en función del tiempo (Hernandez, 1992)

El problema que presentan estos sistemas es que si se produce una parada en el proceso que no puede ser corregida satisfactoriamente, se descarga un fluido que no cumplirá con los requisitos deseados.

Los birreactores continuos se pueden diseñar y operar como reactores de mezcla completa, flujo pistón o una combinación de ambos.

Reactor discontinuo

Generalmente son sistemas más sencillos, requieren mínimo equipo de apoyo, adecuado para tratar cantidades pequeñas de residuos, usados también cuando la reacción de descontaminación es extremadamente larga o en el tratamiento de sólidos (compostaje) (Hernandez, 1992)

Los procesos discontinuos requieren de mayor personal y de instalaciones de almacenamiento para los residuos reentrantes hasta que se realice el tratamiento en el reactor, siendo poco práctico en operaciones a gran escala.

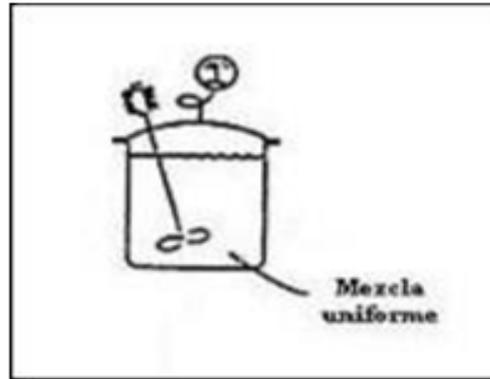


Figura 8-3 Reactor discontinuo
Fuente: (SMITH, 1995)

Reactor de mezcla completa

El contenido del reactor se hace homogéneo con el uso de aparatos de mezcla, el flujo que sale del reactor tiene la misma composición que el contenido en el mismo.

Se lo conoce frecuentemente como reactor de agitación continua o CSTR (por sus siglas en inglés).

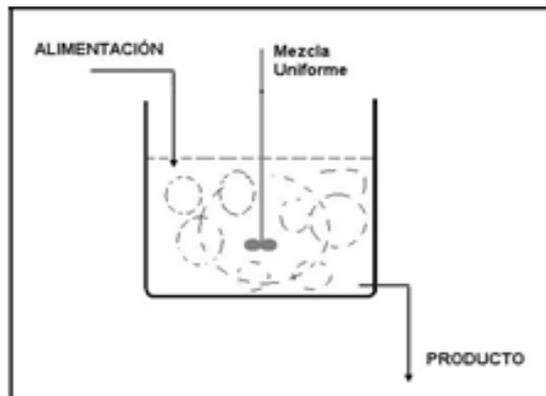


Figura 9-3 Reactor de la mezcla completa
Fuente: (SMITH, 1995)

Reactor (SBR)

El reactor SBR es un reactor similar a un reactor de mezcla completa, para caudales pequeños ocurren cinco etapas: llenado, reacción, sedimentación, clarificación, vaciado (Metcalf, Reactor discontinuo secuencial, 1995, pág. 456)

3.3.4.2 Criterios de diseño

Tabla 23-3 Datos para dimensionamiento del reactor biológico

PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Caudal de diseño	Qd	$\frac{L}{s}$	0,323
Concentración de DBO ₅	X_{DBO_5}	mg DBO ₅ /L	1028,55
Concentración de sólidos suspendidos	X	mgSST/L	1536
Salinidad	-	mg/L	2,50

Fuente: (Tchobanoglous, 2000)

Tabla 24-3 Carga másica típica para diseño de un reactor (SBR)

PROCESOS	CM= mgDBO ₅ /mgSST.m ³		
	T<20 °C	T=20°C	T>20°C
Alta carga	0.25	1.5-2.3	3.5
Convencional	0.15	0.20	0.25
Oxidación total	< 0.07	< 0.10	< 0.12
Eficiencia	0,3 Kg/m ³		
Coefficiente de corrección	0.25		
Densidad	998,74 Kg/m ³		
Salinidad	2,5 mg/L		
β	0,98		

Fuente: (Ferrer, 2007, pág. 107)

3.3.4.3 Dimensionamiento del reactor biológico

❖ Volumen del reactor

$$V = \frac{X_{DBO_5}}{X * C_m}$$

Ecuación 27

Dónde:

V: Volumen del reactor (m³)

X_{DBO_5} : Concentración de DBO₅ (g DBO₅/L)

X: Concentración de sólidos suspendidos (mgSST/L)

C_m : Carga másica (mgDBO₅/mgSST.m³)

❖ **Tiempo de retención**

$$T_r = \frac{V}{Q}$$

Ecuación 28

Dónde:

T_r : Tiempo de retención hidráulica (h)

V : Volumen del reactor m^3

Q : Caudal de diseño ($\frac{m^3}{d}$)

❖ **Carga volumétrica**

$$C_v = \frac{X_{DBO_5} * Q}{V}$$

Ecuación 29

Dónde:

C_v : Carga volumétrica

X_{DBO_5} : Concentración de DBO_5 (mg DBO_5/L)

Q : Caudal ($\frac{m^3}{d}$)

V : Volumen del reactor (m^3)

❖ **Edad de fango**

$$E_f = \frac{1}{0,2 C_m + C_m^{1,445}}$$

Ecuación 30

Dónde:

E_f : Edad de fango (d)

Cm: Carga másica (mgDBO₅/mgSST.m³)

❖ Necesidad teórica del oxígeno para la síntesis

$$a = 0,50 + 0,001 E_f$$

Ecuación 31

Dónde:

E_f : Edad de fango (días)

a: Necesidad teórica del oxígeno ($\frac{kgO_2}{d}$)

❖ Oxígeno necesario en síntesis

$$ON_{síntesis} = a * X_{DBO_5}$$

Ecuación 32

Dónde:

a: Necesidad teórica de oxígeno para la síntesis

X_{DBO_5} : Concentración de DBO₅ ($\frac{kg}{d}$)

$ON_{síntesis}$: oxígeno necesario en síntesis

❖ Necesidad teórica de oxígeno para endogénesis

$$b = \frac{0,13E_f}{1 + 0,16E_f}$$

Ecuación 33

Datos:

b: Necesidad teórica de oxígeno para endogénesis

E_f : Edad de lodo (*días*)

❖ **Oxígeno necesario para endogénesis**

$$ON_{endogénesis} = b * X_{DBO_5}$$

Ecuación 34

Dónde:

b: Necesidad teórica de oxígeno para la síntesis

X_{DBO_5} : Concentración de DBO_5 ($\frac{kg}{d}$)

$ON_{endogénesis}$: Oxígeno necesario en síntesis ($\frac{kg}{d}$)

❖ **Necesidad de oxígeno punta**

$$ON_{punta} = Necesidad\ de\ síntesis + necesidad\ de\ endogénesis$$

Oxígeno real

$$OR = \frac{ON_{punta\ total}}{K_t * C_{O_2} * E * C_c * \rho}$$

Ecuación 35

Dónde:

OR: Oxígeno Real

$ON_{punta\ total}$ $\frac{KgO_2}{día}$

C_{O_2} : Contenido de oxígeno

E: Eficiencia (Kg/m^3)

C_c : Coeficiente de corrección

Densidad: (Kg/m^3)

3.3.5 Potencia a instalar de compresor

$$P2 = 13,94 \text{ mca}$$

$$P_{CV} = \left(\frac{0,227 * Q_{\text{aire}}}{1,04} \right) * \left(\left(\frac{P2}{P1} \right)^{0,283} - 1 \right) * C$$

Ecuación 36

Dónde:

P1: Presión (mca)

P2: Presión

C: Coeficiente de seguridad

Q_{aire} : Nm³/hora

$P2 = P1 + \text{profundidad} + \text{pérdida del difusor} + \text{pérdida de tubería}$

3.3.6 Cálculo del sedimentador secundario circular

Para calcular el sedimentador secundario circular se debe considerar una pérdida de agua por operación anteriores 15 % por lo tanto el caudal será:

$$Q = 25,155 \frac{m^3}{d} * 0,85$$

$$Q = 21,382 \frac{m^3}{d}$$

❖ **Area superficial del sedimentador secundario circular**

$$C_S = \frac{Q}{A_S}$$

Ecuación 37

Dónde:

C_s : Carga superficial (m^3/m^2d)

A_s : Área superficial (m^2)

Q : Caudal = 21,382 m^3/d

❖ **Diámetro del sedimentador secundario**

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

Ecuación 38

Dónde:

D : Diámetro del sedimentador secundario (m)

A : Área superficial (m^2)

π : Constante pi

❖ **Cálculo del radio del sedimentador**

$$r = \frac{D}{2}$$

Ecuación 39

Dónde:

r : Radio del sedimentador

D : Diámetro del sedimentador (m)

❖ **Volumen del tanque de sedimentador secundario circular**

$$V = A_s * h$$

Ecuación 40

Datos:

V: Volumen del sedimentador (m^3)

A: Área del sedimentador (m^2)

h: Altura del tanque tablas (m)

❖ **Cálculo de tiempo de retención hidráulica**

$$Trh = V/Q$$

Ecuación 41

Datos:

Trh: Tiempo de retención hidráulica (h)

V: Volumen del sedimentador secundario (m^3)

Q: Cauda $\frac{m^3}{d}$

3.3.7 Tratamiento y disposición de lodos

Consiste en combinar los lodos secundarios con los primarios para tratamiento adicional por medio de un proceso biológico anaerobio (biodegradado por microorganismos), el tratamiento de lodos consiste en la separación de esa gran cantidad de agua de los residuos sólidos producidos en los procesos de tratamiento (Montoya, 2006, pág. 756)

3.3.7.1 Criterios de diseño

Tabla 25-3 Características de lodo o fango

Proceso	Parámetros	Valor
Lodos activados	Porcentaje de humedad lodo	90,00 – 93,00
	Densidad relativa de lodo Kg/L	1,03 – 1,05
	Densidad relativa de lodo	1003 – 1005
	Densidad relativa del agua	1000

Fuente: Romero 1999

Tabla 26-3 Datos típicos sobre la caracterización físicas y las cantidades de fango producido

Proceso de tratamiento	Peso específico de los sólidos del fango	Peso específico del fango	Sólidos secos, Kg/10 ³ m ³	
			Intervalo	Valor típico
Decantación primaria	1,4	1,02	110 – 170	150
Fango o lodo activado (en exceso)	1,25	1,05	10 – 95	83

Fuente: Romero 1999

Tabla 27-3 Criterio de diseño para eras de secado

Parámetros	Unidad	Rango
Ancho	m	3 – 6
Longitud	m	4 – 8
Profundidad	m	0.6
Capa de arena (espesor)	mm	200 – 300
Capa de fango (espesor)	mm	200 – 300
Capa de grava (espesor)	mm	51 – 200
Profundidad total útil	mm	400 – 600
Tamaño grano de arena	mm	0,30 – 0,75

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

3.3.7.2 Dimensionamiento para el tratamiento y disposición de lodos

❖ Masa de lodo de secado

$$M_{Ld} = P_x$$

Ecuación 42

Dónde:

M_{Ld} : Masa de lodo de desecho

P_x : Kg SS/día

❖ **Volumen de lodo digerido diariamente**

$$V_{Ld} = \frac{M_{Ld}}{\delta_L * (S_L)}$$

Ecuación 43

Dónde:

V_{Ld} : Volumen de lodo digerido diariamente (m^3/d)

M_{Ld} : Masa de lodo de desecho (Kg SS/día)

δ_L : Densidad relativa de lodos

S_L : Fracción de sólidos secos

❖ **Volumen de lodo a extraer**

$$V_{Le} = V_{Ld} * TdL$$

Ecuación 44

Dónde:

V_{Le} : Volumen de lodo a extraerse (m^3)

V_{Ld} : Volumen de lodos digeridos diariamente (m^3/d)

TdL : Tiempo necesario para digerir los lodos (días)

❖ **Área de era de secado**

$$A_{ES} = \frac{V_{Le}}{H_a}$$

Ecuación 45

Dónde:

A_{ES} : Área de era de secado (m^2)

V_{Le} : Volumen de lodo a extraer (m^3)

H_a : Profundidad de aplicación de lodo (m)

❖ **Área particular de cada era de secado**

$$A_{iES} = L_{ES} * b_{ES}$$

Ecuación 46

Dónde:

A_{iES} : Área particular de cada era de secado (m^2)

L_{ES} : Longitud de era de secado (m)

b_{ES} : Ancho de era desecado (m)

❖ **Numero de eras de sacado**

$$N_{ES} = \frac{A_{ES}}{A_{iES}}$$

Ecuación 47

Dónde:

N_{ES} : Número de eras de secado

A_{ES} : Área de era de secado (m^2)

A_{iES} : Área particular de cada era de secado ($12 m^2$)

3.4 Dimensionamiento

Para el presente trabajo se considera que el caudal es discontinuo, debido a que el hidrosuccionador labora en función a las necesidades, y para determinar el caudal de diseño se considera 4 horas laborables al día y 30 días al mes como se detalla a continuación.

3.4.1 Caudal de diseño

Datos:

$$Q = 99.833 \frac{m^3}{mes}: \text{(Valor considerado de la Tabla 7-1)}$$

$$Q = 99.833 \frac{m^3}{mes} \cdot \frac{1 mes}{30 días} \cdot \frac{1 día}{4 horas laborables} \cdot \frac{1000L}{1m^3} = 0,231 L/s.$$

40 %: Incremento futuro (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G)

Realizamos a partir de la Ecuación 13

$$Q_{Diseño} = Q * 40 \%$$

$$Q_{Diseño} = 0,231 L/s * 40 \%$$

$$Q_{Diseño} = 0,323 \frac{L}{s} = 3,23 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 1,164 \frac{m^3}{h} = 27,95 \frac{m^3}{d}$$

3.4.2 Rejillas

- Área libre entre las barras de la rejillas

Datos:

$$Q_{Diseño} = 3,23 \times 10^{-4} m^3/s \text{ (Valor calculado)}$$

v : Velocidad = 0,60 m/s (Tabla 18-3 Información típica para el proyecto de rejillas de barras de limpieza manual y mecánica)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 14

$$A_L = \frac{Q_{Diseño}}{v}$$

$$A_L = \frac{3,23 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0,60 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 5,383 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

- **Altura del tirante**

Datos:

A_L : Área libre del paso del agua = $5,383 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ (Valor calculado)

B: Ancho del canal = 0,5 m (Valor considerado de la Tabla 17-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 15

$$h_{a'} = \frac{A_L}{B}$$

$$h_{a'} = \frac{5,383 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{0,5 \text{ m}}$$

$$h_{a'} = 1,077 \times 10^{-3} \text{ m}$$

- **Altura del tirante de construcción**

Datos:

$h_{a'}$: Altura del tirante del canal = $1,077 \times 10^{-3} \text{ m}$

h_{T1} : Altura de la caja de revisión = 0,70 m (Valor real de la caja de revisión, existe)

h_s : Altura de seguridad = 0,15 m (Valor considerado de la Tabla 17-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 16

$$h_a = h_{a'} + h_{T1} + h_s$$

$$h_a = 1,077 \times 10^{-3} \text{ m} + 0,70 \text{ m} + 0,15 \text{ m}$$

$$h_a = 0,851 \text{ m}$$

- **Longitud de las barras**

Datos:

h_a : Altura del tirante de construcción = 0,851 m (Valor calculado)

α : Ángulo de inclinación de las barras = 60° (Las rejillas de limpieza manual se instala con una inclinación de 30° a 60° , en cambio las rejillas de limpieza mecánica tiene una inclinación mayor que va de 60° a 90°) (Tabla 18-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 17

$$L_b = \frac{h_a}{\text{sen}\alpha}$$

$$L_b = \frac{0,851 \text{ m}}{\text{sen } 60}$$

$$L_b = 0,98 \text{ m} \cong 1 \text{ m}$$

- **Número de barras**

Datos:

B: Ancho del canal = 0,5 m (Valor considerado de la Tabla 17-3)

e: Separación entre las barras = 0,02 m (Valor considerado de la Tabla 18-3)

S: Espesor de las barras = 0,005 m (Valor considerado de la Tabla 18-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 18

$$N_b = \frac{B - e}{e + S}$$

$$N_b = \frac{(0,5 - 0,025) \text{ m}}{(0,025 + 0,005) \text{ m}}$$

$$N_b = 15,833 \cong 16 \text{ Barras}$$

- **Pérdida de carga**

Datos:

β : Factor dependiente de la forma de barras = 1,79 (Valor considerado de la Gráfica 5-3)

S: Espesor de las barras = 0,005 m (Valor considerado de la tabla 18-3)

e: Separación entre las barras 0,025 m (Valor considerado de la tabla 18-3)

v: Velocidad = 60 m/s (Valor considerado de la Tabla 18-3)

α : Ángulo de inclinación de barras = 60° (Valor considerado de la Tabla 18-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 19

$$h_c = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g}\right) \text{sen}60$$

$$h_c = 1,79 \left(\frac{0,005}{0,025}\right)^{4/3} \left(\frac{60^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2}\right) \text{sen}60$$

$$h_c = 33,302$$

3.4.3 Sedimentador primario

- **Área del sedimentador**

Datos

Cs: Carga superficial = 30 m³/m²d (Valor considerado de la Tabla 19-3)

Q: Caudal = 27,95 m³/d

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 20

$$A_s = \frac{Q}{C_s}$$

$$A_s = \frac{27,95 \text{ m}^3/\text{d}}{30 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}}$$

$$A_s = 0,932 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del ancho del sedimentador (a)**

Datos

As: Área del sedimentador 0,932 m²

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 21

$$a = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$a = \sqrt{\frac{0,932 \text{ m}^2}{2}}$$

$$a = 0,683 \cong 1 \text{ m}$$

- **Cálculo del longitud del sedimentador (L)**

Datos

a: Ancho del sedimentador = 0,683

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 22

$$L = 2 * a$$

$$L = 2 * 0,683 \text{ m}$$

$$L = 1,366 \cong 2 \text{ m}$$

- **Cálculo del volumen del sedimentador**

Datos

L: Largo del sedimentador = 1,366 m

a: Ancho del sedimentador 0,683 m

h: Profundidad del sedimentador = 3 (Valor considerado de la Tabla 19-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 23

$$V = L * a * h$$

$$V = 1,366 \text{ m} * 0,683 \text{ m} * 3 \text{ m}$$

$$V = 2,798 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del tiempo de retención hidráulica**

Datos:

V: Volumen del sedimentador = $2,798 \text{ m}^3$

Q: Caudal = $1,164 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 24

$$Trh = \frac{V}{Q}$$

$$Trh = \frac{2,798 \text{ m}^3}{1,164 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$Trh = 2,4 \text{ h}$$

Cálculo del porcentaje de remoción DBO y sólidos totales suspendidos (SST)

➤ Porcentaje de remoción de DBO

Datos:

Trh: Tiempo de retención hidráulica = 2,4 h (Valor calculado)

a: 0,018 (Valor considerado de la Tabla 22-3)

b: 0,02 (Valor considerado de la tabla 22-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 25

$$\%R \text{ DBO} = \frac{Trh}{a + bTrh}$$

$$\%R_{DBO} = \frac{2,4 h}{0,018 + 0,02 * 2,4}$$

$$\%R_{DBO} = 36,364$$

34,483% de degradación de la materia orgánica

➤ Porcentaje de remoción de SST

Datos:

Trh: Tiempo de retención hidráulica = 2,4 h (Valor calculado)

a: 0,0075 (valor obtenido de la Tabla 22-3)

b: 0,014 (valor obtenido de la tabla 22-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 26

$$\%R_{SST} = \frac{Trh}{a + bTrh}$$

$$\%R_{SST} = \frac{2,4}{0,0075 + 0,014 * 2,4}$$

$$\%R_{SST} = 58,394$$

58,394 que se posee en el fondo del tanque

3.4.4 Reactor biológico

- **Volumen del reactor**

Datos:

X_{DBO_5} : Concentración de $DBO_5 = 1028,55$ mg DBO_5/L (Valor considerado de la Tabla 9-1)

X: Concentración de sólidos suspendidos = 1521 mgSST/L (Valor considerado de la Tabla 9-1)

C_m : Carga másica = 0,25 mg $DBO_5/mgSST.m^3$ (Valor considerado de la tabla 23-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 27

$$V = \frac{X_{DBO_5}}{X * C_m}$$

$$V = \frac{1028,55}{10521 * 0,25}$$

$$V = 2,705 \text{ m}^3$$

- **Tiempo de retención**

Datos:

V: Volumen del reactor = $2,705 \text{ m}^3$ (Valor calculado)

Q: Caudal de diseño = $27,95 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$ considerando una pérdida de agua por operación de sedimentación del 10 % , el caudal será.

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 28

$$Q = 27,95 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 0,90 = 25,155 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$T_r = \frac{V}{Q}$$

$$T_r = \frac{2,704 \text{ m}^3}{25,155 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}$$

$$T_r = 0,108 \text{ d} = 2,580 \text{ h}$$

- **Carga volumétrica**

Dónde:

X_{DBO_5} : Concentración de $DBO_5 = 1028,55 \text{ mg } DBO_5/\text{L}$ (Valor considerado de la Tabla 9-1)

Q: Caudal = $25,155 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$

V: Volumen del reactor = $2,705 \text{ m}^3$ (Valor calculado)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 29

$$C_v = \frac{X_{DBO_5} * Q}{V}$$

$$C_v = \frac{1028,55 * 25,155}{2,705}$$

$$C_v = 9564,9 \frac{mgDBO_5}{L} = 9,564 \frac{kgDBO_5}{m^3}$$

- **Edad de fango**

Datos:

Cm: Carga másica = 0,25 mgDBO₅/mgSST.m³ (Valor considerado de la Tabla 22-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 30

$$E_f = \frac{1}{0,2 Cm + Cm^{1,445}}$$

$$E_f = \frac{1}{0,2 * 0,25 + 0,25^{1,445}}$$

$$E_f = 5,41 \text{ días}$$

- **Necesidad teórica del oxígeno para la síntesis**

Datos:

E_f: Edad de fango = 5,41 días (Valor calculado)

a: Necesidad teórica del oxígeno en $\frac{kgO_2}{d}$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 32

$$a = 0,50 + 0,001 E_f$$

$$a = 0,50 + 0,001 (5,41)$$

$$a = 0,55 \frac{kgO_2}{d}$$

- **Oxígeno necesario en síntesis**

Datos:

a: Necesidad teórica de oxígeno para la síntesis

X_{DBO_5} : Concentración de $DBO_5 = 6,171 \frac{kg}{d}$ (Valor de la Tabla 9-1 transformado a $\frac{kg}{d}$ considerando las 4 horas laborables del hidrosuccionador en un día)

$ON_{síntesis}$: oxígeno necesario en síntesis

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 33

$$ON_{síntesis} = a * X_{DBO_5}$$

$$ON_{síntesis} = 0,55 * 6,171 \frac{kg}{d}$$

$$ON_{síntesis} = 3,394 \frac{kg}{d}$$

- **Necesidad teórica de oxígeno para endogénesis**

Datos:

b: Necesidad teórica de oxígeno para endogénesis

E_f : Edad de lodo = 5,41 días

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 34

$$b = \frac{0,13E_f}{1 + 0,16E_f}$$

$$b = \frac{0,13(5,41)}{1 + 0,16(5,41)}$$

$$b = 0,377 \frac{kgO_2}{d}$$

- **Oxígeno necesario para endogénesis**

Datos:

b: Necesidad teórica de oxígeno para la síntesis

X_{DBO_5} : Concentración de $DBO_5 = 6,171 \frac{kg}{d}$ (Valor de la Tabla 9-1 transformado a $\frac{kg}{d}$ considerando las 4 horas laborables del hidrosuccionador en un día)

$ON_{endogénesis}$: Oxígeno necesario en síntesis

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 35

$$ON_{endogénesis} = b * X_{DBO_5}$$

$$ON_{endogénesis} = 0,377 * 6,171 \frac{kg}{d}$$

$$ON_{endogénesis} = 2,326 \frac{kgO_2}{d}$$

- **Necesidad de oxígeno punta**

$$ON_{punta} = \text{Necesidad de síntesis} + \text{necesidad de endogénesis}$$

Por lo tanto:

$$\text{Necesidad de síntesis} = a * 0,88$$

Dónde:

a: necesidad teórica de oxígeno para la síntesis

$$\text{Necesidad de síntesis} = (0,55)(0,88) = 0,484 KgO_2/KgDBO_5$$

- ❖ **Necesidad de endogénesis = b * 1**

Dónde:

b: necesidad teórica de oxígeno para la síntesis

$$\text{Necesidad de endogénesis} = (0,377)(1) = \frac{0,377\text{KgO}_2}{\text{KgDBO}_5}$$

- **Oxígeno en punta**

$$ON_{punta} = \text{necesidad de síntesis} + \text{necesidad de endogénesis}$$

$$ON_{punta} = 0,484 + 0,377$$

$$ON_{punta} = 0,861 \frac{\text{KgO}_2}{\text{KgDBO}_5}$$

- **Considerando los Kg de DBO₅ eliminados al día**

$$ON_{punta_{total}} = ON_{punta} \left(6,171 \frac{\text{KgDBO}_5}{\text{día}} \right)$$

$$ON_{punta_{total}} = 0,861 * \left(6,171 \frac{\text{KgDBO}_5}{\text{día}} \right)$$

$$ON_{punta_{total}} = 5,313 \frac{\text{KgO}_2}{\text{día}}$$

- **Oxígeno real**

$$OR = \frac{ON_{punta \text{ total}}}{K_t * C_{O_2} * E * C_c * \rho}$$

Ecuación 42

Coefficiente K_t

$$K_t = K_{t1} * K_{t2} * K_{t3}$$

Ecuación 43

Coefficiente K_{t1}

$$K_{t1} = \frac{C_{st} - C_x}{C_s}$$

Ecuación 44

Dónde

$$Cp = 1 - 0,111 \left(\frac{\text{altitud}}{1000} \right)$$

Ecuación 45

Dónde:

T: Temperatura 15 °C

Cx: Concentración media de oxígeno = 1,66 mg/L (Valor calculado)

Cs: Concentración de saturación de oxígeno = 16,864 mg/L (Valor calculado)

Salinidad = 2,5 mg/L (Valor considerado de la Tabla 22-3)

β : 0,98 (Valor considerado de la Tabla 22-3)

Altitud: 2668 msnm (Valor real existe)

$$Cp = 1 - 0,111 \left(\frac{2668}{1000} \right)$$

$$Cp = 0,70$$

- Concentración de saturación media

$$Csf = Cs \left(\frac{10,33 + P}{10,33} \right)$$

Dónde:

Cs: Concentración de saturación de oxígeno (16,864 mg/L)

P: Profundidad 2,5 m debido a los difusores se toma 2 m

$$C_{sf} = 16,864 \left(\frac{10,33 + 2}{10,33} \right)$$

$$C_{sf} = 20,124 \text{ mg/L}$$

- Concentración en la superficie

$$C_{ss} = C_s \left(\frac{1 - E}{0,91 + 0,209(1 - E)} \right)$$

Donde:

Cs: Concentración de saturación de oxígeno (16.864 mg/L)

E: Requerimiento de transferencia de oxígeno

- Requerimiento de transferencia de oxígeno

$$E = 0,05 P$$

Dónde:

P: Profundidad = 2 m

$$E = 0,05(2)$$

$$E = 0,1$$

$$C_{ss} = C_s \left(\frac{1 - E}{0,91 + 0,209(1 - E)} \right)$$

$$C_{ss} = 16,86 \left(\frac{1 - 0,1}{0,91 + 0,209(1 - 0,1)} \right)$$

$$C_{ss} = 13,818 \text{ mg/L}$$

Concentración de saturación media

$$C_{sm} = \frac{C_{sf} + C_{ss}}{2}$$

Dónde:

C_{ss}: Concentración en la superficie = 13,818 mg/L

C_{sf}: Concentración de saturación media = 20,124 mg/L

$$C_{sm} = \frac{20,124 + 13,818}{2}$$

$$C_{sm} = 16,971 \text{ mg/L}$$

C_A viene dado por

$$C_A = \frac{C_{sm}}{C_s}$$

Ecuación 46

Dónde:

C_A: Concentración actual

C_{sm}: Concentración de saturación media (Valor calculado)

C_s: Concentración de saturación de oxígeno (Valor calculado)

$$C_A = \frac{7,042}{16,864}$$

$$C_A = 0,418 \text{ mg/L}$$

Por lo tanto:

$$C_{ST} = C_s * \beta * C_p * C_A$$

Ecuación 47

Dónde:

C_{ST}: Concentración de saturación total

C_p: Concentración punta = 0,70 (Valor calculado)

C_A: Concentración anual = 0,418 (Valor calculado)

$$C_{ST} = 16,864 * 0,98 * 0,70 * 0,418$$

$$C_{ST} = 4,835 \text{ mg/L}$$

Dónde K_{t1}

$$K_{t1} = \frac{C_{st} - C_x}{C_s}$$

$$K_{t1} = \frac{4,835 - 0,224}{16,864}$$

$$K_{t1} = 2,306$$

❖ **Coefficiente K_{t2}**

$$K_{t2} = 1,024^{T-1}$$

Ecuación 48

Dónde:

T: Influencia de la temperatura en la velocidad de difusión de oxígeno 15 °C

$$K_{t2} = 1,024^{15-10}$$

$$K_{t2} = 1,126$$

❖ **Coefficiente K_{t3}**

Tabla 28-3 Coeficiente Kt3 en base a la temperatura

Temperatura	10 °C	15 °C	20 °C
K_{t3}	0,80	0,79	0,78

Fuente: (Metcalf & Eddy)

Se tiene en cuenta la influencia de la temperatura (15 °C) en la velocidad de dilución de oxígeno según las características de licor por tanto:

$$K_{t3} = 0,79$$

$$K_t = K_{t1} * K_{t2} * K_{t3}$$

$$K_t = 2,306 * 1,126 * 0,79$$

$$K_t = 2,051$$

❖ **Oxígeno real**

$$OR = \frac{ON_{punta\ total}}{k_t * C_{O_2} * E * C_c * \rho}$$

Ecuación 49

Dónde:

ON_{punta total} = 5,313 $\frac{KgO_2}{día}$ (Valor calculado)

C_{O₂}: Contenido de oxígeno O₂ = 32

E: Eficiencia (0,3 Kg/m³). (Valor considerado de la Tabla 24-3)

C_c: Coeficiente de corrección 0,25 (Valor considerado de la Tabla 24-3)

Densidad: 998,74 Kg/m³ (Valor considerado de la Tabla 24-3)

$$OR = \frac{5,313 \frac{KgO_2}{día}}{2,051 * 32 * 0,3 * 0,25 * 998,74}$$

$$OR = 1,081 \times 10^{-3} \frac{KgO_2}{día}$$

3.2.3.5 Potencia a instalar de compresor

Datos:

P1: Presión 10,33 mca

P2: Presión 2

C: Coeficiente de seguridad

Q_{aire}: 4360 Nm³/hora

$P2 = P1 + \text{profundidad} + \text{pérdida del difusor} + \text{pérdida de tubería}$

$$P2 = 10,33 + 2 + 0,11 + 1,5$$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 36

$$P2 = 13,94 \text{ mca}$$

$$P_{CV} = \left(\frac{0,227 * Q_{\text{aire}}}{1,04} \right) * \left(\left(\frac{P2}{P1} \right)^{0,283} - 1 \right) * C$$

$$P_{CV} = \left(\frac{0,227 * 4360}{1,04} \right) * \left(\left(\frac{13,94}{10,33} \right)^{0,283} - 1 \right) * 0,1$$

$$P_{CV} = 84,24 CV = 62,82 \text{ kw}$$

3.4.5 Sedimentador secundario circular

- **Área superficial del sedimentador secundario circular**

Datos:

C_S : Carga superficial = 30 m³/m²d (valor obtenido de la tabla 20-3)

A_S : Área superficial (m²)

Q : Caudal = 21,382 m³/d (Valor considerando la pérdida)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 37

$$C_S = \frac{Q}{A_S}$$

$$A_S = \frac{= 21,382 \text{ m}^3/d}{30 \text{ m}^3/m^2d}$$

$$A_S = 0,713 \text{ m}^2$$

- **Diámetro del sedimentador secundario**

Datos:

D: Diámetro del sedimentador secundario

A: Área superficial = $0,713 \text{ m}^2$ (Valor calculado)

π : Constante pi

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 38

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,713 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D = 0,95 \cong 1 \text{ m}$$

- **Cálculo del radio del sedimentador**

Datos:

r: Radio del sedimentador

D: Diámetro del sedimentador = $0,95 \text{ m}$ (Valor calculado)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 39

$$r = \frac{D}{2}$$

$$r = \frac{0,95 \text{ m}}{2}$$

$$r = 0,476$$

- **Volumen del tanque de sedimentador secundario circular**

Datos:

V: Volumen del sedimentador (m^3)

A: Área del sedimentador $= 0,713 m^2$

h: Altura del tanque tablas $= 2$ (valor obtenido de la tabla 20-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 40

$$V = A_s * h$$

$$V = 0,713 m^2 * 2 m$$

$$V = 1,426 m^3$$

- **Tiempo de retención hidráulica**

Datos:

Trh: Tiempo de retención hidráulica

V: Volumen del sedimentador secundario $= 1,426 m^3$ (Valor calculado)

Q: caudal $= 10,630 \frac{m^3}{d}$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 41

$$Trh = V/Q$$

$$Trh = \frac{1,426 m^3}{21,382 m^3/d}$$

$$Trh = 0,067 d = 1,6 h$$

3.4.6 Tratamiento y disposición de lodos

- **Masa de lodo de secado**

Datos:

M_{Ld} : Masa de lodo de desecho

P_x : 41,731 Kg SS/día (Valor considerado de la Tabla 10-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 42

$$M_{Ld} = P_x$$

$$M_{Ld} = 41,731 \text{ Kg SS/día}$$

- **Volumen de lodo digerido diariamente**

Datos:

V_{Ld} : Volumen de lodo digerido diariamente (m^3/d)

M_{Ld} : Masa de lodo de desecho = 41,731 Kg SS/día (Valor calculado)

δ_L : Densidad relativa de lodos = 1005 (valor obtenido de la tabla 25-3)

S_L : Fracción de sólidos secos = 0,083 (valor obtenido de la tabla 25-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 43

$$V_{Ld} = \frac{M_{Ld}}{\delta_L * (S_L)}$$

$$V_{Ld} = \frac{41,731 \text{ kg/d}}{1005 * 0,083 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{Ld} = 0,500 \frac{m^3}{d}$$

- **Volumen de lodo a extraer**

Datos:

V_{Le} : Volumen de lodo a extraerse (m³)

V_{Ld} : Volumen de lodos digeridos diariamente = 0,500 (m³/d) (Valor calculado)

TdL : Tiempo necesario para digerir los lodos = 15 d (Según referencia de Metcalf & Eddy pag 857)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 44

$$V_{Le} = V_{Ld} * TdL$$

$$V_{Le} = 0,500 \frac{m^3}{d} * 15 d$$

$$V_{Le} = 7,504 m^3$$

- **Área de era de secado**

Datos:

A_{ES} : Área de era de secado

V_{Le} : Volumen de lodo a extraer = 7,504 m³ (Valor calculado)

H_a : Profundidad de aplicación de lodo = 0,6 m (Valor considerado de la Tabla 27-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 45

$$A_{ES} = \frac{V_{Le}}{H_a}$$

$$A_{ES} = \frac{7,504 m^3}{0,60 m}$$

$$A_{ES} = 12,507 m^2$$

- **Área particular de cada era de secado**

Datos:

A_{iES} : Área particular de cada era de secado (m^2)

L_{ES} : Longitud de era de secado = 4 m (Valor obtenido de la tabla 25-3)

b_{ES} : Ancho de era desecado = 3 m (Valor obtenido de la tabla 25-3)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 46

$$A_{iES} = L_{ES} * b_{ES}$$

$$A_{iES} = 4 m * 3 m$$

$$A_{iES} = 12 m^2$$

- **Numero de eras de sacado**

Datos:

N_{ES} : Número de eras de secado

A_{ES} : Área de era de secado = $12,507 m^2$ (Valor calculado)

A_{iES} : Área particular de cada era de secado = $12 m^2$ (Valor calculado)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 47

$$N_{ES} = \frac{A_{ES}}{A_{iES}}$$

$$N_{ES} = \frac{12,507 m^2}{12 m^2}$$

$$N_{ES} = 1,042 \cong 1$$

3.2.4 Resultados

❖ Caudal de diseño

Tabla 29-3 Determinación de Caudal de diseño (Caudal promedio)

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal promedio	Q	L/s	0,323

Realizado por: Chimbolema Freddy, 2018

❖ Diseño de rejillas

Tabla 30-3 Dimensionamiento de sistema de rejillas

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Área libre entre barras de la rejilla	A_L	m^2	$5,383 \times 10^{-4}$
Altura del tirante en el canal	h_a'	m	$1,07 \times 10^{-4}$
Altura del tirante de construcción	h_a	m	0,850 m
Longitud de las barras	L_b	m	1
Número de barras	N_b	-	16
Pérdida de carga	h_c	-	33,302

Realizado por: Chimbolema Freddy, 2018

❖ **Diseño de sedimentador primario**

Tabla 31-3 Dimensionamiento de sedimentador primario

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Área del sedimentador	A_s	m^2	0,932
Ancho del sedimentador	A	m	1
Longitud del sedimentador	L	m	2
Volumen del sedimentador	V	m^3	6
Tiempo de retención hidráulica	Tr_h	h	2,4

Realizado por: Chimbolema Freddy, 2018

❖ **Diseño de reactor biológico**

Tabla 32-3 Dimensionamiento de reactor biológico

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Volumen de reactor	V	m^3	3
Tiempo de retención	A	h	2,58
Carga volumétrica	C_v	$KgDBO_5/m^3$	9,564
Edad de fango	E_f	d	5,41
Oxígeno necesario en síntesis	$ON_{síntesis}$	Kg/d	3,394
Oxígeno necesario en endogénesis	$ON_{endogénesis}$	Kg/d	2,326
Necesidad de oxígeno punta	ON_{punta}	Kg/d	5,313
Concentración de saturación de oxígeno	C_s	mL/L	16,864
Concentración en la superficie	C_{ss}	-	13,818
Concentración actual	C_A	mg/L	0,418
Potencia del compresor	P_{cv}	Kw	62,82

Realizado por: Chimbolema Freddy, 2018

❖ **Diseño de sedimentador secundario circular**

Tabla 33-3 Dimensionamiento de sedimentador secundario

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Área del sedimentador secundario circular	A_s	m^2	0,713
Diámetro del sedimentador	D	m	1
Radio del sedimentador	r	m	0,5
Volumen del sedimentador	V	m^3	2
Tiempo de retención hidráulica	Trh	h	1,6

Realizado por: Chimbolema Freddy, 2018

❖ **Diseño de eras de secado**

Tabla 34-3 Dimensionamiento de era de secado

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Masa de lodo de secado	M_{Ld}	Kg ss/d	41,73
Volumen de lodo digerido diariamente	V_{Ld}	Kg/d/Kg/ m^3	0,500
Longitud del sedimentador	L	m	4
Volumen de lodo a extraer	V_{Le}	m^3	7,504
Área de era de secado	A_{ES}	m^2	12
Área particular de cada era de secado	A_{iES}	m^2	12
Número de era de secado	N_{ES}	-	1

Realizado por: Chimbolema Freddy, 2018

3.2.5 Análisis de efluentes tratados

Tabla 35-3 Resultados de ensayos físico-químico y, bacteriológicos después del tratamiento propuesto.

PARÁMETROS	UNIDAD	LÍMITE PERMISIBLE	RESULTADO PROMEDIO MUESTRA (simple compuesta)	RESULTADO DE EFLUENTE TRATADO
Aceites y grasas	mg/L	30,00	89,68	<20
Aluminio (Al)	mg/L	5,0	2,32	0,058
Cianuro Total (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,007	<0,2
Cinc (Zn)	mg/L	5,0	0,90	0,023
Cobalto (Co)	mg/L	0,5	0,006	<0,1
Cobre (Cu)	mg/L	1,0	0,02	<0,5
Coliformes fecales	NMP/100 mL	2000	7693	<1,8
Cromo hexavalente	mg/L	0,5	0,008	<0,2
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100,0	1071,80	7,82
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	200,0	1366,84	10,43
Fósforo total (P)	mg/L	10,0	5,09	0,13
Hierro total (Fe)	mg/L	10,0	14,42	0,36
Manganeso total (Mn)	mg/L	2,0	7,21	0,18
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/L	20,0	0,58	0,015
Niquel (Ni)	mg/L	2,0	0,12	0,003
Nitrógeno total kjendhal (N)	mg/L	50,0	0,28	0,007
Plata (Ag)	mg/L	0,1	0,005	<0,1
Plomo (Pb)	mg/L	0,2	0,007	<0,2
Potencial de hidrógeno	mg/L	6,9	7,47	0,19
Sólidos suspendidos totales	mg/L	130,0	351,21	8,78
Sólidos totales	mg/L	1600,0	2879,95	12,00
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg/L	1000,0	23,88	0,60
Temperatura (°C)	mg/L	±3	15,05	0,38
Tensoactivos	mg/L	0,5	22,49	0,56

Fuente: Laboratorio de control de calidad EP. EMAPA-G

Tabla 36-3 Resultados de ensayos físico-químico y, bacteriológicos después del tratamiento propuesto

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅	SEM-AB DBO ₅ (STANDARD METHOD 5210B)	mg/L	7,82
Demanda Química de Oxígeno DQO	SEM-AB DQO (STANDARD METHOD 5220B)	mg/L	10,43
Oxígeno Disuelto	M. INTERNO	%	52,7
Nitrógeno Total	M. INTERNO	%	0,00
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	METODO	METODO	RESULTADO
Coliformes fecales	INEN 1529-8	NMP/100mL	< 1,8

Fuente: Seidlaboratory Cía. Ltda. Quit

3.3 Sistema de tratamiento biológico propuesto

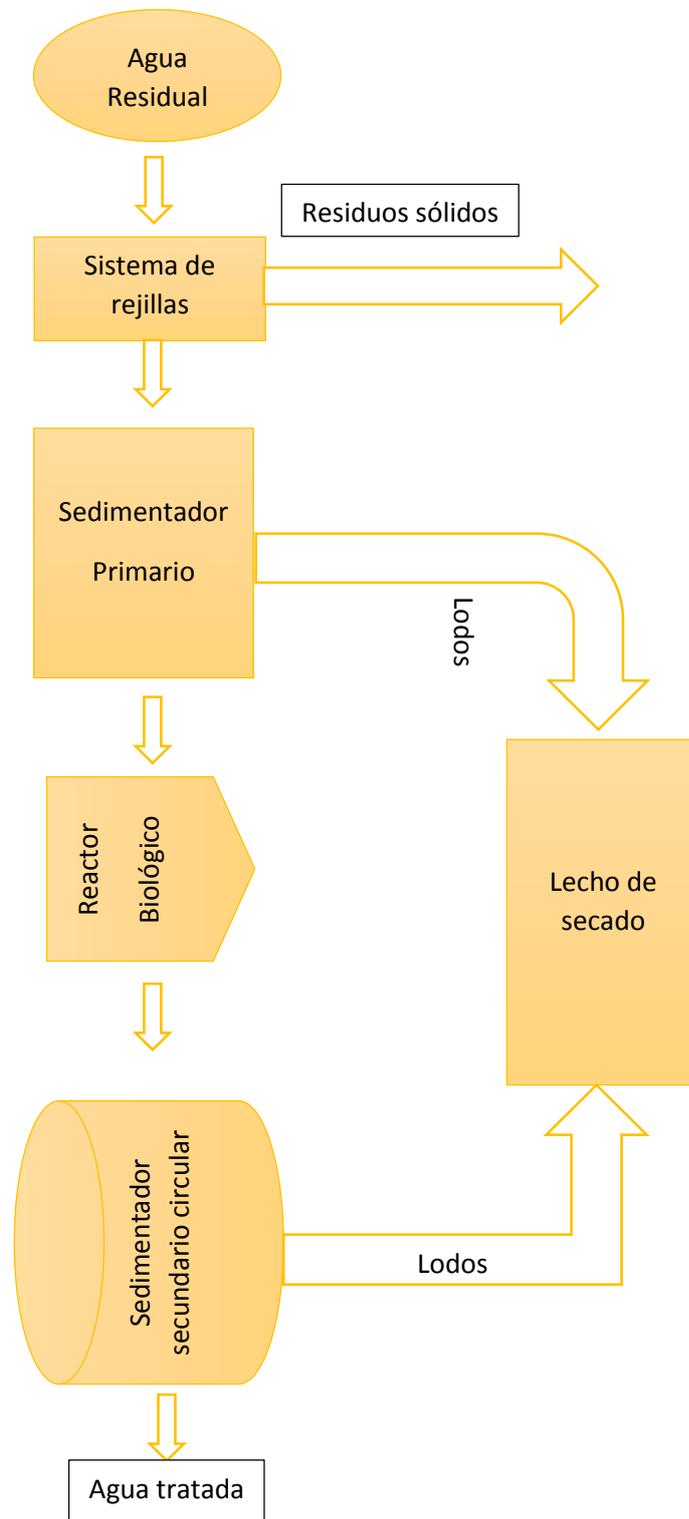


Gráfico 1-3 Diagrama de proceso

3.4 Requerimiento de materiales equipos y reactivos

Tabla 37-3 Requerimiento de materiales equipos y reactivos

Materiales	Equipos	Reactivos
Mandil	Espectrofotómetro	Nitraver
Mascarilla	Ph-metro	Nitraver 5
Casco	Conductímetro	Moliver 3
Guates	Turbidímetro	Moliver 2
Botellas plásticas	Balanza analítica	Moliver 1
Botas	Baño maría	Pads absorbente
Libreta	Bomba de succión	Pan indicador sln 0,1%
Pera de succión	Incubadora	Pan indicador sln 0,3%
Luna de reloj	Reverbero	Reactivo ácido cromo
Matraz Erlenmeyer	GPS	Reagent acid cromo
Pinza	Fotómetro	Reagnt Spands
Tubos de ensayo	Destilador	Phthalate- fosfato
Pipeta	Bomba de succión	Salicylate ammonium
Pat absorbente	Estufa	EDTA 0,020 N
Probeta milimetrada		EDTA (Sobres)
Pipeta volumétrica		DPD cloro total
Papel filtro		Cuver 1
Soporte universal		Cromo 2
Varilla tubo de ensayo		Cromo 1
Vaso de precipitación		Chromater 3
Lentes de aumento		Buffer ph 7,0
Gradilla		Buffer pH 4,0
Fiola		Bleaching 3
Estacas		BariVer 4 Barium
Esferógrafo		Ascorbic acid
Escobilla de cerdas		Ampollas m-colibblue
Embudo de vidrio		Ampollas endo
Cronómetro		Aluber
Cápsula de Petri		Alkaline cyanide
Cámara fotográfica		Filtros de membrana
Buchner kitasato		

Fuente: Laboratorio de control de calidad EP-EMAPAG-G

3.5 Análisis de Costo/beneficio del proyecto

3.5.1 Costo de la implementación de la planta de tratamiento biológico

Tabla 38-3 Determinación de los costos del sistema de tratamiento biológico de los efluentes recolectados por el hidrosuccionador

OBRAS PRELIMINARES				
DESCRIPCIÓN	UNIDA D	CANTIDA D	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Limpieza y desbronce	m ²	600	0,92	552,00
Replanteo y nivelación	m ²	780	1,90	1482,00
Cerramiento	m ²	780	10,50	8190,00
Excavación con maquinaria	m ²	560	4,00	2240,00
Desalojo de tierra	m ²	900	4,50	4050,00
Subtotal				16514,00
REJILLAS				
Marco de hierro	m ²	5,00	10	50,00
Limpieza y desbronce	m ²	17,00	1,25	21,25
Canal	m ²	0,60	95	57,00
Subtotal				128,25
SEDIMENTADOR PRIMARIO				
Replanteo y nivelación	m ²	87,25	4,2	366,45
Excavación manual	m ²	111,6	8,5	948,6
Replanteo de H.S 140 Kg/cm ²	m ²	6,6	90,5	597,3
Hormigón simple F´C=210Kg/cm ²	m ³	60,35	180,2	10875,07
Enlucido vertical con imperbiabilización	m ²	95,51	9,45	902,5695
Encofrado de madera	m ²	200,02	8	1600,16
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	200,02	5,9	1180,118
Subtotal				16470,2675
REACTOR BIOLÓGICO				
Limpieza y desbronce	m ²	62,55	1,05	65,6775
Replanteo y nivelación	m ²	62,55	4,3	268,965
Excavación manual	m ²	150,8	9,4	1417,52
Hormigón simple F´C 210 Kg/cm ²	m ³	20,03	192,3	3851,769

Replanteo de H.S. 140 Kg/cm2	m ²	13,4	97,9	1311,86
Enlucido e impermeabilización	m ²	200	10,4	2080
Subtotal				8995,7915
SEDIMENTADOR SECUNDARIO CIRCULAR				
Replanteo y nivelación	m ²	170,25	4,2	715,05
Excavación manual	m ³	280,6	8,5	2385,1
Replanteo de H.S 140 Kg/cm2	m ²	7,2	90,5	651,6
Hormigón simple F´C=210Kg/cm2	m ³	120,54	180,2	21721,308
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	240,65	9,45	2274,1425
Encofrado de madera	m ²	342,02	8	2736,16
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	352,02	5,9	2076,918
Subtotal				32560,2785
LECHO DE SECADO				
Excavación manual	m ³	55,20	8,50	469,20
Replanteo de H.S.f´ c = Kg/cm2	m ³	2,20	90,50	199,10
Hormigón simple f´ c = 210 Kg/cm2	m ³	9,85	180,20	1774,97
Pintura de cemento blanco, para exteriores	m ²	84,76	8,60	728,94
Subtotal				3172,21
Costo total				45280,52

Fuente: Laboratorio de control de calidad EP-EMAPAG-G

3.5.2 Costo de la mano de obra

Tabla 39-3 Determinación de costo de mano de obra

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL(\$)
Maestro albañil	3	900,00	2700,00
Ayudantes de albañil	4	500,00	2000,00
Soldador	2	300,00	600,00
Electricista	2	400,00	800,00
Chofer de maquinaria	2	500,00	1000,00
Pintor	6	400,00	2400,00

TOTAL	9500,00
--------------	---------

Fuente: Laboratorio de control de calidad EP-EMAPAG-G

3.5.3 Costo total de la inversión para la implementación de la planta de tratamiento

Tabla 40-3 Costo total de inversión

TIPO DE COSTO	VALORES DE LA INVERCIÓN
Costo de implementación de equipos	45280,52
Costo de mano de obra	9500,00
Costo Total	54780,515

Fuente: Laboratorio de control de calidad EP-EMAPAG-G

3.6 Porcentaje de remoción

Con la siguiente ecuación se demuestra el porcentaje de remoción de la carga contaminante en cada etapa de proceso

$$E_r = \frac{S_o - S}{S_o}$$

Ecuación 62

Datos:

E_r : Porcentaje de remoción (%)

S_o : Parámetro de entrada (mg/L)

S : Parámetro de salida (mg/L)

Tabla 41-3 Porcentaje de remoción en el sedimentador primario

SEDIMENTADOR PRIMARIO			
Parámetros	Inicial	Final	%Remoción
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	453.60	385.56	15
Sólidos disueltos totales (mg/L)	350.21	308.18	12
Color (UTC)	70.00	56	20
Turbiedad (NTU)	313.50	272.74	13

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

Tabla 42-3 Porcentaje de remoción en el reactor biológico

REACTOR BIOLÓGICO			
Parámetros	Inicial	Final	%Remoción
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5 (mg/L)	1028.55	7.82	99,23
Demanda química de oxígeno DQO (mg/L)	1371.40	10.43	99,24
Ph	7.30	7.10	2,73
Color (UTC)	56,00	39.20	30
Turbiedad	272.74	68.18	75

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

Tabla 43-3 Porcentaje de remoción en el sedimentador secundario

SEDIMENTADOR SECUNDARIO CIRCULAR			
Parámetros	Inicial	Final	%Remoción
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	385.56	212.05	45
Sólidos disueltos totales (mg/L)	308.18	101.69	67
Color (UTC)	39.20	38.02	3
Turbiedad (NTU)	68.18	5.45	92

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

3.6.1 Porcentaje de remoción obtenido después del tratamiento

Tabla 44-3 Remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)	Lím. Permisibles	%Remoción
1028,55	7,82	250	99,23

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

El porcentaje de remoción de la DBO₅ fue de 99,2 % debido a que el efluente pasa por el sedimentador primario donde se sedimentan el 50 a 70 % de sólidos suspendidos, en el reactor biológico se oxida la materia orgánica, en el sedimentador secundario circular se produce la sedimentación de los flóculos formados en el reactor biológico, reduciendo de una concentración de 1028,55 a una concentración de 7,82 mg/L

Tabla 45-3 Remoción de la demanda química de oxígeno (DQO)

Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)	Lím. Permisibles	%Remoción
1371,4	10,43	250	99,2394633

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

El porcentaje de remoción de la DQO fue de 99,2% esto debido a que en el reactor biológico los microorganismos en presencia de oxígeno asimilan la materia orgánica por lo tanto la concentración disminuye de 1371,4 a 10,43 mg/L

Tabla 46-3 Turbiedad

Inicial (NTU)	Final (NTU)
209	0,96

Elaborado por: Chimbolema Freddy, 2018

La turbiedad de agua cruda es 209 NTU y, después del tratamiento se obtiene un valor de la turbiedad de 0,96 NTU.

3.7 Análisis de resultados

Para el diseño de una planta de tratamiento biológico para los efluentes recolectados por el hidrosuccionador se registraron los volúmenes recolectados en los días laborables del hidrosuccionador dato que fue útil para determinar el volumen recolectado semanal, mensual, en un período planificado para el estudio del presente proyecto comprendido entre Septiembre 2017 Febrero 2018. De esta manera se pudo determinar el caudal promedio en un lapso de seis meses ya que esto me ayuda a determinar la capacidad de los equipos en diferentes procesos como son: sedimentador primario, reactor biológico, sedimentador secundario circular, y lecho de secado. Especificando en la Tabla 3 de la norma TULSMA, en base a los datos obtenidos se llevó la caracterización físico-química y microbiológica para de esta manera poder establecer los parámetros que se encontraron fuera de los límites permisibles de cada muestra compuesta basado en la Norma TULSMA.

Posteriormente con los resultados de DQO y DBO₅ obtenidos de la caracterización inicial nos permite conocer mediante el índice de biodegradabilidad si la materia orgánica que se encuentra en los efluentes es biodegradable que nos permitirá seleccionar el método adecuado para el tratamiento de los residuos recolectados por el hidrosuccionador.

Se caracterizó las muestras de agua residual que presentaba los siguientes resultados, Aceites y grasas 149 mg/L, DBO₅ 1028,55 mg/L, DQO 1371,4 mg/L, OD 0,7 %, Nitrógeno Total 0,00 %, Coliformes Fecales 92x10¹NMP/100mL. Los valores determinados están fuera de los límites permisibles de la norma TULSMA TABLA 3 (referente a criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola). A partir de los resultados de la caracterización primaria, definido el índice de biodegradabilidad y la simulación de los procesos se estableció las siguientes operaciones: rejillas, sedimentador primario, reactor biológico, sedimentador secundario y, era de secado, con la simulación de proceso (planta piloto) se obtuvieron los siguientes resultados: Aceites y grasas <20 mg/L, DBO₅ 7,82 mg/L, DQO 10,43 mg/L, OD 52,7 %, Nitrógeno Total 0,00, Coliformes Fecales <1,8 NMP/100mL se puede evidenciar que el sistema propuesto es el indicado para la depuración de los efluentes recolectados por el hidrosuccionador, por esta razón se recomienda a la Empresa implementar la planta de tratamiento biológico y el agua puede ser utilizada en regadío.

Con los resultados obtenidos tanto en el análisis del laboratorio y de las pruebas de tratabilidad se verifico la eficiencia de este tratamiento que permitirán tener un agua residual tratada que cumpla con los límites permisibles en la Norma antes ya mencionada.

CONCLUSIONES

- ❖ La frecuencia de succión en las viviendas que aún cuentan con el servicio de pozos sépticos fueron en los meses de: septiembre, octubre, noviembre, diciembre y, en los tres establecimientos educativos fue en los meses de: enero y febrero obteniendo un caudal de $99,83 \text{ m}^3/\text{mes}$, de esta manera se pudo garantizar los 25 años de vida útil del sistema séptico evitando la reparación o remplazo que implica costo.
- ❖ Las variables identificadas apropiadas para proceso de diseño de un tratamiento biológico fueron: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) 1028 mg/L , Demanda Química de Oxígeno (DQO) 1371 mg/L , Oxígeno disuelto $0,7 \text{ mg/}$, Potencial de hidrógeno $7,6$, parámetros que fue útil para el diseño del reactor biológico
- ❖ Para un caudal de $27,95 \text{ m}^3/\text{d}$ calculado se diseñó un reactor biológico con las siguientes dimensiones: volumen del reactor 13 m^3 , altura del reactor biológico $2,5 \text{ m}$, diámetro del reactor 3 m , radio del reactor $1,5 \text{ m}$.
- ❖ El costo estimado para la implementación y ejecución de la planta es de $54780,515$ dólares americanos, que incluye toda la infraestructura, e ingeniería civil para la construcción de la planta de tratamiento biológico. Se determinó que el proyecto es viable técnicamente, dado de las pruebas realizadas a nivel de planta piloto demostraron que existe una remoción de la carga contaminante en un 98% .

RECOMENDACIONES

- Implementar la planta de tratamiento biológico ya que el costo no es muy alto para su tratamiento, debido a que la materia orgánica es reducida a través de los microorganismos que proliferan en el mismo sin utilizar químicos de esta manera mitigar los posibles impactos ambientales
- Remover los sólidos retenidos en las rejillas ya que su limpieza es manual, de no hacerlo puede obstruir el paso normal del fluido hacia el sedimentador primario.
- El diseño de la planta debe ser por gravedad de modo que el afluente a tratar fluya sin la utilización de las fuerzas físicas, de esta manera ahorrar el costo en la implementación de las bombas eléctricas

BIBLIOGRAFIA

Crites, R. *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Bogotá-Colombia, 2000 pp. 538-539.

Delgado, M. *Bacterias*. España: Reverte 2005, pp. 87 .

EcuRed. *Características de las Aguas Residuales*. California: Limusa, 2015 pp. 667

Ferrer, P. *Necesidad de oxígeno*. Tercera edición .Barcelo España, 2000 pp. 657

Garcia, M. *Aguas Residuales* [en línea] Washington-USA: Scholary Publishing & Academic 2001 [Consulta 08 de Noviembre de 2017] Disponible en: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Gonzales. *Laguna facultativa*. España: Limusa . 2005, pp. 998

Gonzales, A. *Mantenimiento sistema séptico* [en línea] Tercera ed 2005 [Consulta 03 de Julio 20017] Disponible en: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-405/hojacotejomantenimientosistemaseptico.pdf>, 1.

Henry, G. *Aireación prolongada Sexta Edición* 1999 pp. 567

Hernandez A. *Indice de Biodegradabilidad* [en línea] Scholary Publishing & Academic 2001 [Consulta 05 de Septiembre 2017] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>, 4.

Hill, M. . *Velocidad de reacción* . México: Secsa 1996, pp. 465

Lange, H. *Edad de Fango*. Arabia: Un Estudio Chino, 2004, pp. 76

Lapeña, M. R. *Remoción de Contaminantes*. España: Marcombo, 1990, pp. 475-476

- Lapeña, R.** *Índice de Biodegradabilidad*. California: Tercera Edición, 1990, pp 675
- Martines, A.** *Población de microorganismos*. España: Reverte, 2005, pp.897
- McGRAW.** *Velocidad de reacción*. México: SECSA, 1996, pp. 61
- McGraw-Hill Interamericana, S. A.** *Muestreo y procedimientos analíticos*. Santafé de Bogotá, Colombia: Sexta Edición, 2000, pp 232-234
- Mendez, R.** *Tratamiento aerobio*. California: ISBN, 2007, pp. 67
- Mendoca, A.** *Laguna aireada*. España: Limusa, 1999, pp. 879
- Metcalf & Eddy.** *Ingeniería de Aguas residuales*. Madrid-España: San Cristobal, 2005 pp 35
- Miguel, L.** *Carga másica*. Barcelona: Marcombo, 1990 pp. 87
- Montoya, E.** *Tratamiento de Lodos*. España: Limusa, 2006, pp. 98
- Mrtcalf, E. &.** *Sedimentador primario*. California: Tercera edición, 1995, pp 879
- Ptar A.** *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales* [en línea] Sexta Edición 2005 [Consulta: 26 de Marzo 2017] Disponible en: <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales.php>
- Ramalho, R. S.** *Tratamiento de Aguas Residuales*. Quebec: Reverte, 2003, pp 84
- Rodriguez, M. G..** *Lodos activados*. Madrid, 2006, pp. 564
- Romero. J.** *Proceso de lodos activados* . España: Tercera Edición 1998, pp, 97

Romero, J. *Calidad del Agua: Teoría y Principios de Diseño*. Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008, pp. 657-659.

Rubens, R. *Neutrolización de Ph*. España: Reverte, 1996, pp. 84

Tchobanoglous, C. & *Diseño de reactor SBR*. España: Gluos, 2000, pp 83.

Telégrafo, E. *Situación geográfica de Cantón Guaranda* [en línea] Noticias 2017 [Consulta: 07 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/adquirido-equipo-succionador>, pág. 1.

Tortora, G. *Oxidación y Síntesis*. España, 2007, pp. 68

TULSMA. *Clasificación de las Aguas Residuales*. Quito: Última Edición, 2015, pp. 61

Villar, R. *Proceso Biológico*. España: Limusa, 2013, pp. 463

Wincler, M. *Etapa endógena*. España: Limusa, pp 75-105

ANEXOS

Anexo A Los criterios de calidad admisible para las aguas destinadas a uso agrícola.

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	PelículaVisible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/ l	0, 2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: (Registro Oficial del Gobierno del Ecuador , 2015)

Anexo B Procedimiento analítico

NITRATOS	
Método	Reducción de Cadmio [0,3 – 30,0]mg/L [NO ₃]
BLANCO	MUESTRA
10mL de muestra	10mL agua de muestra + NitraVer 5 Agitar 1min ↑↓ Tiempo de Rx: 5 min
Encerar	Medir
NITRITOS	
Método	Reducción de Diazotación (0,002 – 0,300)mg/L [NO ₂ - N]
BLANCO	MUESTRA
10mL agua de muestra	10mL agua de muestra + NitraVer 3 Agitar: Rotación Tiempo de Rx: 20 min
Encerar	Medir
NITRÓGENO AMONICAL	
Método	Salicilato 1 (0,01 – 0,50)mg/L [NH ₃ - N]

BLANCO	MUESTRA
<p>10mL agua destilada</p> <p>+</p> <p>Salicilato de Amonio</p> <p>Agitar ↑↓</p> <p>Tiempo de Rx: 3min</p> <p>+</p> <p>Cianuro de Amonio</p> <p>Agitar ↑↓</p> <p>Tiempo de Rx: 15min</p> <p>Encerar</p>	<p>10mL agua de muestra + NitraVer 3</p> <p>Agitar: Rotación</p> <p>Tiempo de Rx: 20 min</p> <p>Medir</p>
SULFATOS	
Método	SulfaVer 4 Method 1
	(2 – 70)mg/L [SO_4^{-2}]
BLANCO	MUESTRA
<p>10mL agua de muestra</p> <p>Encerar</p>	<p>10mL agua de muestra + SulfaVer 4</p> <p>Agitar: Rotación</p> <p>Tiempo de Rx: 5 min</p> <p>Medir</p>
HIERRO TOTAL	
Método	FerroVer 1
	(0,02 – 3,00)mg/L
BLANCO	MUESTRA

10mL agua de muestra	10mL agua de muestra + FerroVer
	Agitar: Rotación
	Tiempo de Rx: 3 min
Encerar	Medir
NIQUEL Y COBALTO	
Método Niquel	1-(2 piridilazo)-2-naftol [PAN]1 (0,006 – 1,000)mg/L [Ni]
Método Cobalto	1-(2 piridilazo)-2-naftol [PAN]1 (0,01 – 2,00)mg/L [Co]
BLANCO	MUESTRA
10mL agua destilada + Phthalate-fosfato + 12 gotas PAN 0,3% Tapar e invertir ↗↘ Tiempo de Rx: 3min + EDTA agitar vigorosamente: 1min↑↓	10mL agua muestra + Phthalate-fosfato + 12 gotas PAN 0,3% Tapar e invertir ↗↘ Tiempo de Rx: 3min + EDTA agitar vigorosamente: 1min↑↓
Encerar	Medir
CROMO TOTAL	
Método	Alkaline Hypobromite Oxidation Method 1,2 (0,01 – 0,70)mg/L

<p>Agitar: rotación + 12 gotas de PAN indicador 0,1% Agitar: Rotación Tiempo de Rx 2min</p> <p>Encerar</p>	<p>Agitar: rotación + 12 gotas de PAN indicador 0,1% Agitar: Rotación Tiempo de Rx 2min</p> <p>Medir</p>
FLUORUROS	
<p>Método SPANDS Method 1</p> <p>(0,02 – 2,00)mg/L [F^{-}]</p>	
BLANCO	MUESTRA
<p>10mL agua destilada + 2,0 mL de SPANDS: Agitar↑↓ Tiempo de Rx: 1min</p> <p>Encerar</p>	<p>10mL agua destilada + 2,0 mL de SPANDS: Agitar↑↓ Tiempo de Rx: 1min</p> <p>Medir</p>
FOSFATOS	
<p>Método Ácido Ascórbico 1</p> <p>(0,02 – 2,50)mg/L [PO_4^{3-}]</p>	
BLANCO	MUESTRA
<p>10mL de agua muestra</p>	<p>10mL de agua de muestra</p>

<p>Encerar</p>	<p>+</p> <p>PhosVer 3</p> <p>Agitar: 1min↑↓</p> <p>Tiempo de Rx: 2min</p> <p>Medir</p>
<p>MOLIBDENO</p>	
<p>Método</p>	<p style="text-align: center;">Ácido Mercapto Acético</p> <p style="text-align: center;">(0,2 – 40,0)mg/L</p>
<p>BLANCO</p>	<p>MUESTRA</p>
<p>10mL de agua de muestra</p>	<p>10mL de agua de muestra</p> <p>+</p> <p>MolyVer 1</p> <p>Agitar: Rotación</p> <p>+</p> <p>MoliVer 2</p> <p>Agitar: Rotación</p> <p>+</p> <p>MoliVer 3</p> <p>Agitar: Rotación</p> <p>Tiempo de Rx: 5min</p>

Encerar	Medir
ALUMINIO	
Método	Aluminon Method 1 (0,008 – 0,800)mg/L [Al_3^+]
Temperatura	(20-25) ^o C
BLANCO	MUESTRA
10mL de agua de muestra preparada + Bleaching 3 Agitar: 30 seg↑↓ Tiempo de Rx: 15min	50mL de agua de muestra + Ácido Ascórbico Invertir: ↗↘ + AluVer Invertir: 1min↗↘ Tiempo de Rx: 15min
Encerar	Medir
COBRE	
Método	Bicinchoninate (0,04 – 5,00)mg/L
BLANCO	MUESTRA

10mL de agua de muestra	10mL de agua de muestra
	+
	CuVer 2
	Rotación
Encerar	Medir
CLOURURO	
Método	Tiocinato Mercúrico
	(0,1 – 25,0)mg/L [Cl ⁻]
BLANCO	MUESTRA
10mL de agua de destilada	10mL de agua de muestra
+	+
12 gotas de sln Tiocinato	12 gotas de sln Tiocinato
Agitar: Rotación	Agitar: Rotación
+	+
6 gotas de sln Férrica	6 gotas de sln Férrica
Agitar: Rotación	Agitar: Rotación
Tiempo de Rx: 2min	Tiempo de Rx: 2min
Encerar	Medir
Nota:	
En caso de muestra turbia filtrar, usando papel filtro	

BARIO	
Método Turbidímetric Method 1 (2 – 100)mg/L	
BLANCO	MUESTRA
10mL de agua de muestra Nota Si la muestra es turbia filtrar Encerar	10mL de agua de muestra + Barium 4 Agitar: Rotación Tiempo de Rx: 5min Medir
CROMO HEXAVALENTE	
Método 1,5 Difenilcarbohidracida 1 (0,010 – 0,7000)mg/L [Cr_6^+]	
BLANCO	MUESTRA
10mL de agua de destilada Encerar	10mL de agua de muestra + CromaVer 3 Agitar: Rotación Tiempo de Rx: 5min Medir

CROMO TOTAL Y BROMO	
Método Cloro	DPD Method 1 (0,02 – 2,00)mg/L
Método Bromo	DPD Method 1 (0,05 – 4,50)mg/L
BLANCO	MUESTRA
10mL de agua de muestra	10mL de agua de muestra + DPD TOTAL Agitar: 1min↑↓ Tiempo de Rx: 3min
Encerar	Medir

Fuente: Estándar Métodos y Departamento de control de calidad EP. EMAPA-G

Anexo C Análisis bacteriológico

COLIFORMES FECALES	
Equipo	Cámara Incubadora y equipo de filtración
MATERIALES	PROCEDIMIENTO
Membrana de filtro 0,47 -Reactivo m-COLI BLUE 24* BROTH	<ul style="list-style-type: none"> • Filtrar el efluente a través del papel filtro • Colocar el papel filtro + los residuos incrustados, en una caja Petri

<p>-Cajas Petri de aluminio, limpiadores, alcohol antiséptico, cronómetro, metanol, Pat adsorbente, esferográfico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar m-COLI BLUE 24* BROTH, a la caja Petri seguidamente retirar el exceso m-COLI BLUE 24* BROTH • Colocar en la incubadora, por 24 horas en una temperatura de 37⁰C • Analizar con el gráfico, análisis microbiológico para determinar los microorganismo existente en el efluente
--	---

Fuente: Estándar Métodos y Departamento de control de calidad EP. EMAPA-G

Anexo D Caracterización inicial del efluente recolectado por el hidrosuccionador



INFORME DE ENSAYO NR. 153849

TIPO MUESTRA: Declarada por el cliente como: TIPO DE AGUA: RESIDUAL, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018

CODIGO LABORATORIO: 153849-1 TIPO DE AGUA: RESIDUAL, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018

TIPO DE PRODUCTO: E-P EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUARANDA E-P EMAPA-G

CLIENTE: GUARANDA

DIRECCION: BOTELLA DE PLASTICO CON TAPA

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: ND

NUMERO DE LOTE: 16/04/05

FECHA RECEPCION: 16/04/05

FECHA INICIO ENSAYO: ND

CONTENIDO DECLARADO: 4 L

CONTENIDO ENCONTRADO: ND

FECHA DE ELABORACION: ND

FECHA DE CADUCIDAD: ND

CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 4,6 °C

FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION

MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Aceites y grasas	SEM-AB ACGR (STANDARD METHOD 5520B)	mg/L	149
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	SEM-AB DBO5 (STANDARD METHOD 5210B)	mg/L	1028,55
Demanda Química de Oxígeno DQO	SEM-AB DQO (STANDARD METHOD 5220B)	mg/L	1371,4
Oxígeno disuelto	M. INTERNO	%	0,7
Nitrógeno total	M. INTERNO	%	0,00
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Coliformes fecales	INEN 1529: 8	NMP/100ml	92 x 10 ¹

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara

Datos tomados del cuaderno de Carpeta Ambiental / FQ AGUAS #3 Pág. 88 / FQ.114 Pág. 73B / Microbiología 118 Pág. 63A

INCERTIDUMBRE:			
PARÁMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE	PARÁMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE
DOO	$\Delta\% = \frac{U}{V} \cdot 100$ U=CAL L=CAX (Rango 1 a 500)	ACEITES Y GRASAS	$\Delta\% = \frac{U}{V} \cdot 100$ U=CAX (Rango 10 a 500mg)

La incertidumbre expandida (total) está basada en una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de aproximadamente un 95%.

Los resultados expresados arriba son válidos solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier otro.

El laboratorio no se responsabiliza por la representatividad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomada.

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico.

• Tiempo de almacenamiento de Informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra.

Atentamente,

Dra. María Yaneza
Director de Calidad
Director Técnico (E)

16/04/18
FECHA FINISH

Página 1 de 1

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Nota: Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:
Dirección de Calidad: calidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General: gerencia@seidlaboratory.com.ec;
Servicio al Cliente: servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec o a los teléfonos: 022476214-022483145-0995450911-0992750633.

Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth
www.seidlaboratory.com.ec

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "CHAQUISHCA"
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

REPORTE: ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

PARAMETROS	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	SECTOR NORTE CANTÓN GUARANDA				SECTOR SUR CANTÓN GUARANDA			
			PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO CANTÓN GUARANDA (HIDRODUCIONADOR)							
			MUESTRAS PUNTUALES COD: LAB-EMAPAG-DV-001				MUESTRAS PUNTUALES COD: LAB-EMAPAG-NG-001			
			LOS TRIGALES	P. MAYO	HUMBERDINA	CARMELO	5 DE JUNIO	COMPLEJO	9 DE OCTUBRE	LAS COLINAS
29 DE NOVIEMBRE DEL 2017										
Arsénico y selenio	mg/L	30.00	98.12	88.64	92.12	86.44	74.08	74.59	71.24	75.61
Aluminio (Al)	mg/L	5.0	2.64	2.93	2.12	2.76	1.98	2.07	1.94	2.11
Cloruro Total (Cl ⁻)	mg/L	5.0	0.009	0.007	0.008	0.009	0.007	0.006	0.006	0.007
Cinc (Zn)	mg/L	5.0	0.95	0.92	0.94	0.91	0.89	0.88	0.85	0.87
Cobalto (Co)	mg/L	0.5	0.006	0.006	0.008	0.006	0.005	0.006	0.005	0.005
Cobre (Cu)	mg/L	1.0	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
Cómpuestos Frecates	NMPL/100 ml	2000	12400	12400	11800	12600	4800	4960	4720	5040
Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.5	0.009	0.008	0.009	0.009	0.007	0.008	0.008	0.007
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100.0	1030.75	1005.56	1121.54	1096.85	1019.03	1065.56	1121.56	1096.85
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200.0	1308.11	1399.26	1399.32	1396.65	1380.79	1355.39	1391.62	1389.04
Fosforo Total (P)	mg/L	10.0	5.16	5.87	5.28	5.35	4.97	5.03	4.62	4.84
Hierro Total (Fe)	mg/L	10.0	16.78	15.34	16.49	16.27	12.52	12.60	12.78	12.59
Manejables Total (MN)	mg/L	2.0	8.39	7.67	8.245	8.135	6.26	6.3	6.39	6.30
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/L	20.0	0.50	0.62	0.58	0.60	0.58	0.63	0.59	0.61
Níquel (Ni)	mg/L	2.0	0.12	0.18	0.16	0.18	0.09	0.10	0.08	0.11
Nitrógeno Total Kjeldahl (N)	mg/L	50.0	0.31	0.29	0.30	0.31	0.28	0.28	0.28	0.28
Plata (Ag)	mg/L	0.1	0.005	0.006	0.006	0.005	0.003	0.004	0.004	0.004
Plomo (Pb)	mg/L	0.2	0.008	0.01	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.007
Potencial de Hidrógeno (pH)	mg/L	6-9	7.45	7.50	7.47	7.52	7.49	7.46	7.42	7.43
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	130.0	325.00	352.50	429.00	393.25	295.45	312.00	340.00	352.50
Sólidos Totales (ST)	mg/L	1600.0	2665.00	2931.50	4512.80	3224.65	2422.73	2558.40	2788.00	2931.50
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg/L	3000.0	25.00	28.00	24.00	30.00	20.00	22.00	24.00	18.00
Temperatura (°C)	mg/L	3	15.45	15.40	15.24	15.53	14.87	14.51	14.96	14.24
Turbiedad	mg/L	0.5	26.43	22.97	22.09	24.26	24.01	19.06	20.08	22.51

LÍMITES PERMISIBLES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE - TABLA 9 - TULSMA - ACUERDO MINISTERIAL 097



ING. QUI. RAUL ALLAN
Técnico Control de Calidad E.P.EMAPA-G



Anexo E Caracterización del efluente tratado



SEIDLaboratory Cía. Ltda.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO NR. 163850

TIPO MUESTRA: Declarada por el cliente como: TIPO DE AGUA: TRATADA, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018

CODIGO LABORATORIO: 163850-1 TIPO DE AGUA: TRATADA, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018

TIPO DE PRODUCTO: E-P EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUARANDA E-P EMAPA-G

CLIENTE: GUARANDA

DIRECCION: BOTELLA DE PLASTICO CON TAPA

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: NO

NUMERO DE LOTE: 18/04/05

FECHA RECEPCION: 18/04/05

FECHA INICIO ENSAYO: NO

CONTENIDO DECLARADO: 4 L

CONTENIDO ENCONTRADO: NO

FECHA DE ELABORACION: NO

FECHA DE CADUCIDAD: NO

CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 4,8 °C

FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION

MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Aceites y grasas	SEM-AB ACGR (STANDARD METHOD 5520B)	mg/L	<20
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	SEM-AB DBO5 (STANDARD METHOD 5210B)	mg/L	7,82
Demanda Química de Oxígeno DQO	SEM-AB DQO (STANDARD METHOD 5220B)	mg/L	10,43
Oxígeno disuelto	M. INTERNO	%	52,7
Nitrógeno total	M. INTERNO	%	0,00
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Coliformes fecales	INEN 1529- B	NMP/100ml	<1,8

NS: No solicita el cliente? NO; No declara.

Datos tomados del cuaderno de Carpeta Ambiental / FQ AGUA#3 Pág. 89 / Microbiología 118 Pág. 63A

INCERTIDUMBRE:			
PARÁMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE	PARÁMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE
DQO	$\sqrt{0,01^2 + 0,06^2 + 1,1^2 + 1,1^2 + 1,1^2}$ (Relieve)	ACEITES Y GRASAS	$\sqrt{0,11^2 + 0,15^2 + 1,1^2 + 1,1^2}$ (Relieve de 51 a 500mg/L)

La incertidumbre expandida reportada está basada en una distribución típica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de aproximadamente un 95%.

Los resultados expresados arriba son válidos solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no se responsabiliza por la representatividad de la muestra respecto a su origen y año del cual fue tomada.

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico.

• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra.

Atentamente,

Dra. Mayra Vinuesa
Directora de Calidad
Directora Técnica (E)

18/04/10
FECHA EMISION

Página 1 de 1

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Nota: Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad: directorcalidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General: gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec;
Servicio al Cliente: serviciocliente@seidlaboratory.com.ec o a los teléfonos 022476314-022483145-0995450911-0992750633

Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth
www.seidlaboratory.com.ec



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE 'CHAQUISHCA'
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 REPORTE: ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

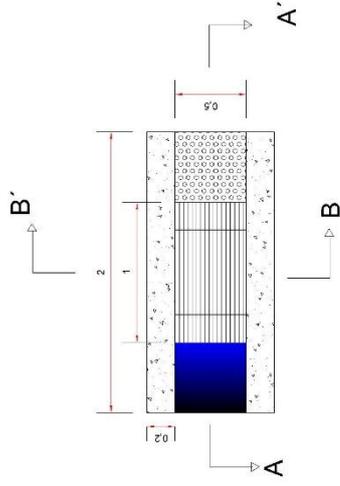
PARAMETROS	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO PROMEDIO MUESTRAS SIMPLES - COMPUESTAS	RESULTADO AGUA RESIDUAL TRATADA
Ácidos y grasas	mg/L	30.00	89.68	< 20
Aluminio (Al)	mg/L	5.0	2.32	0.058
Cianuro Total (CN ⁻)	mg/L	0.1	0.007	< 0.2
Cinco (Zn)	mg/L	5.0	0.90	0.023
Cobalto (Co)	mg/L	0.5	0.006	< 0.1
Cobre (Cu)	mg/L	1.0	0.02	< 0.5
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2000	7693	< 1.8
Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.5	0.008	< 0.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100.0	1071.80	7.82
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200.0	1366.84	10.43
Fósforo Total (P)	mg/L	10.0	5.09	0.12
Hierro Total (Fe)	mg/L	10.0	14.42	0.36
Manganeso Total (Mn)	mg/L	2.0	7.21	0.18
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/L	20.0	0.58	0.015
Níquel (Ni)	mg/L	2.0	0.12	0.003
Nitrógeno Total Kjeldahl (N)	mg/L	50.0	0.28	0.007
Plata (Ag)	mg/L	0.1	0.005	< 0.1
Plomo (Pb)	mg/L	0.2	0.007	< 0.2
Potencial de Hidrogeno (pH)	mg/L	6-9	7.47	0.19
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	130.0	351.21	8.78
Sólidos Totales (ST)	mg/L	1600.0	2879.95	72.00
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000.0	23.88	0.60
Temperatura (°C)	mg/L	4-3	15.05	0.38
Tensoactivos	mg/L	0.5	22.49	0.56

ING. QUI. RAUL ALLAN
 Técnico Control de Calidad E.P. EMAPA-G

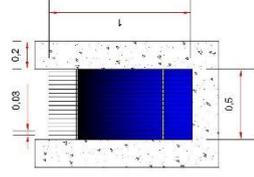


REJILLAS

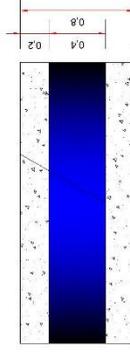
VISTA PLANTA



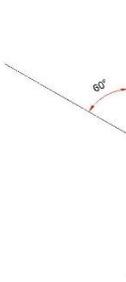
CORTE B - B'



CORTE A - A'



ÁNGULO DE INCLINACIÓN



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL HIDROCOLECTOR DE LA EF-EMAFAG DEL CANTÓN GUARANDA"

CONTIENE: REJILLAS, VISTA PLANTA Y CORTES

REALIZADO POR:

FREDDY JAVIER CHIMBOLEMA CHIMBOLEMA

REVISADO POR:

ING. CRISTINA CALDERÓN
ING. PAUL PALMAY

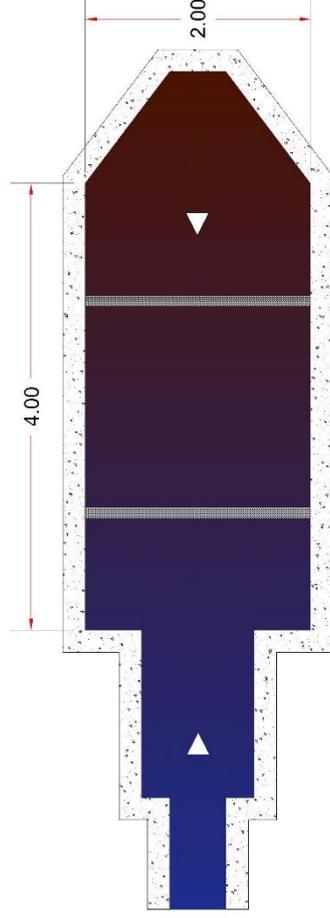
ESCALA: 1:50

FECHA: 04/07/2018

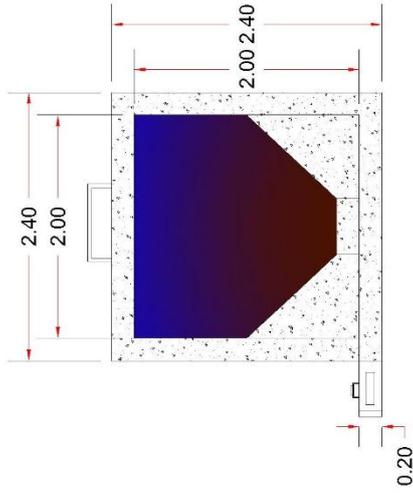
LÁMINA: 01/04

SEDIMENTADOR PRIMARIO

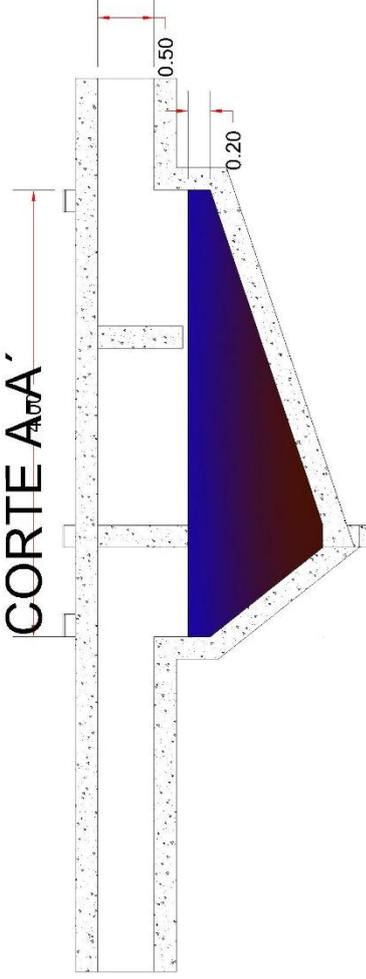
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A'



TÍTULO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTILLA DEL CANTÓN GUANAJAY.

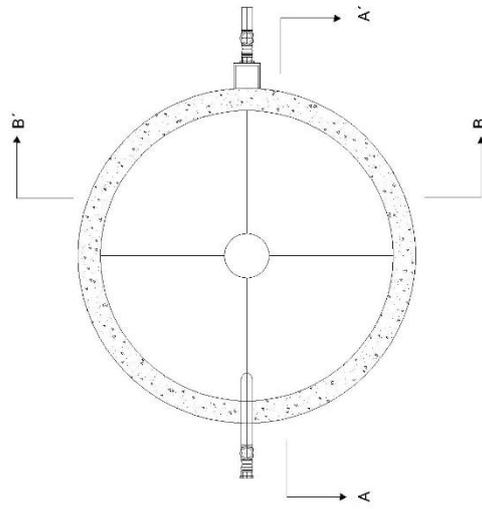
CONTIENE TANQUE SEDIMENTADOR, VISTA PLANTA Y CORTE.

REALIZADO POR: FREDDY JAVIER CHIMBRI ENYA
REVISADO POR: ING. CRISTINA CALDERÓN
ING. PAUL PALMAY

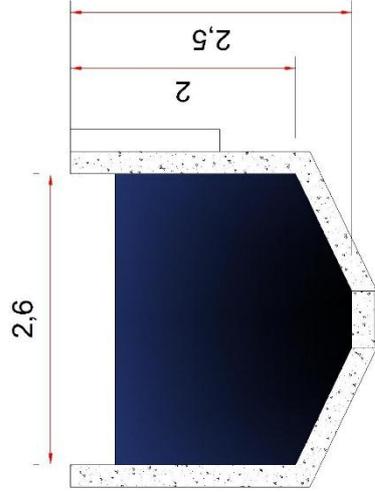
ESCALA: 1:50 FECHA: 04/07/2018 LÁMINA: 02/04

SEDIMENTADOR SECUNDARIO CIRCULAR

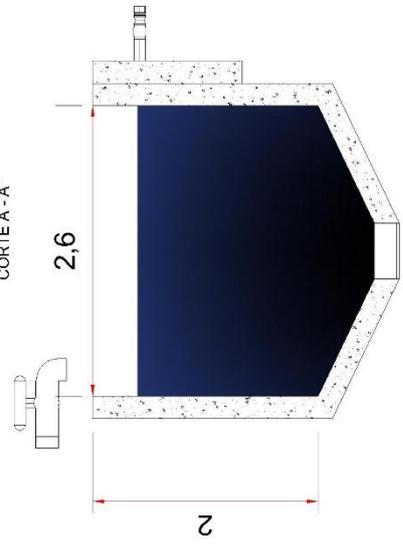
VISTA PLANTA



CORTE B - B'



CORTE A - A'



DIRINCO DEL MUNICIPIO DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL HIDROSUCUOMOTOR DE LA PERIFERIA DEL CANTÓN CHIRIQUÍ

CONTIENE TANQUE DE SEDIMENTADOR SECUNDARIO CIRCULAR, VISTA PLANTA Y CORTE

REALIZADO POR:

ING. CRISTINA CALDERÓN
ING. PAUL PALMA

REVISADO POR:

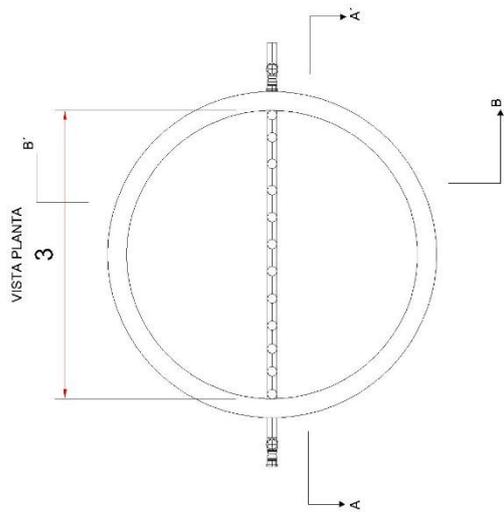
ING. CRISTINA CALDERÓN
ING. PAUL PALMA

ESCALA: 1:50

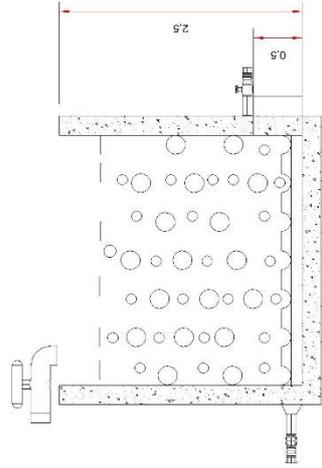
FECHA: 14/07/2018

LÁMINA: 04/04

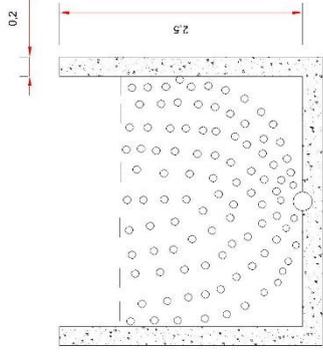
REACTOR BIOLÓGICO



CORTE A-A



CORTE B-B



TRIEPO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES POR EL INGENIERO COMERCIAL DE LA PARARRASTA DEL CENTRO CUENCA

CONTIENE: REACTOR BIOLÓGICO Y STA PLANTA Y CORTE

REALIZADO POR: INGENIERO CIVIL CALDERON
JOSÉ PABLO PABLO

ESCALA: 1:50 FECHA: 06/27/2018 LÁMINA: 001