



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

“OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE

AGUA RESIDUAL DE LA PLANTA N° 2 SECTOR

CACAHUANGO DEL CANTON MOCHA”

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO QUIMICO

ALVARO DARWIN MAYORGA CHAVEZ

Riobamba – Ecuador

2012

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por estar conmigo en cada paso, a mis Padres por su amor y su apoyo, a los buenos amigos y docentes de la Facultad de Ciencias, por su aporte para el desarrollo del presente trabajo.

DEDICATORIA

Al sacrificio de mi Padre Jaime y al

Amor de mi Madre Mirian

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Yolanda Díaz DECANA FAC. CIENCIAS
Ing. Mario Villacrés DIRECTOR DE ESCUELA
Ing. Mario Villacrés DIRECTOR DE TESIS
Dr. Gerardo León MIEBRO-TRIBUNAL
Ing. Gonzalo Sánchez MIEBRO- TRIBUNAL
Tec. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACION

“Yo Alvaro Darwin Mayorga Chávez, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.”

ALVARO DARWIN MAYORGA CHAVEZ

INDICE DE ABREVIATURAS

pH	Potencial de hidrogeno
L	Litros
s	segundos
min	minutos
μ	micra
S	siemens
m	metro
cm	centímetro
h_L	Altura de interconexión
mL	mililitros
N	normalidad
mg	miligramos
T	temperatura
SD	Solidos sedimentables
SSU	Solidos suspendidos
ST	Solidos Totales
G	Formación anual de lodo por habitante
ppm	Parte por millón
A	Área superficial de tanque séptico

b	Base
Q	Caudal
t	Tasa de crecimiento
Pa	Población actual
P _f	Población futura
ht	Profundidad total del tanque
trc	Tiempo de retención celular
C	Concentración de contaminante
STD	Sólidos totales disueltos
V	Volumen del tanque
V _s	Volumen de sedimentación
V _u	Volumen unitario
η	Eficiencia del sistema
F1	Carga de ingreso
F2	Carga salida
Pr	Periodo de retención
Ps	Profundidad de sedimentación
Pd	Periodo de diseño
N	Periodo de evacuación de lodo
Pn	Profundidad de nata

Pl	Profundidad de acumulación de lodo
F_r	Flujo de retorno
Vl	Volumen de acumulación de lodo
h_{util}	Altura útil
Vt	Volumen total
Nm	Numero de muestras
Vm	Volumen de muestra
FAFA	Filtro Biológico de flujo ascendente

TABLA DE CONTENIDO

SUMMARY

RESUMEN

INTRODUCCION..... 17

ANTECEDENTES 21

JUSTIFICACION..... 22

OBJETIVOS 23

1. MARCO TEORICO

1.1 Origen de las aguas residuales urbanas 20

1.2 Objetivo del tratamiento de las aguas residuales urbanas 22

1.3 Control de calidad de las aguas residuales 22

1.4 Características de las aguas residuales 23

1.4.1 Características físicas 23

1.4.2 Características químicas 24

1.4.3 Características biológicas 29

1.5 Plantas de tratamiento de aguas residuales 31

1.6 Determinación de la eficiencia de una planta de tratamiento 33

1.7 Operación y mantenimiento de una planta de tratamiento de agua residual 35

1.7.1 Operación de una planta 35

1.7.2 Inspección de una planta 36

1.7.3 Mantenimiento de una planta 37

1.8 Criterios para diseño de un tanque séptico 38

1.8.1 Diseño 39

1.9 Planta de tratamiento “Cacahuango”	44
1.9.1 Ubicación.....	44
1.9.2. Procesos de tratamiento de la planta “cacahuango”	44
1.10 Legislacion Ambiental relevante	47
1.10.1 Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes: Recurso Agua	47
1.11 Parametros para el control de la Calidad del agua residual	50

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Muestreo	54
2.1.1. Localización de la investigacion.....	54
2.1.2. Metodo de recoleccion de informacion	54
2.1.3. Procedimiento para la recoleccion de informacion	54
2.1.4. Plan de tabulacion y analisis.....	55
2.2 Metodología.....	55
2.2.1. Metodología de trabajo.....	55
2.2.2 Tratamientos de las muestras.....	56
2.2.3 Equipos, materiales y reactivos	57
2.2.4. Métodos y técnicas	58
2.3 Datos experimentales.....	69
2.3.1 Determinación del estado actual de la planta	69
2.3.2 Datos	71

3. CALCULOS Y RESULTADOS

3.1 Calculos	81
3.1.1 Optimizacion del sistema de tratamiento.....	81

Actual remoción de contaminantes.....	81
3.1 Resultados.....	101
3.2.1 Tanque Séptico	101
3.2.2 Volumen de las tomas en el proceso de muestreo	102
3.2.3 Determinación in situ de las propiedades físico químicas del agua cruda	103
3.2.4 remocionde DBo esperada con optimizacion	109
4.1 Análisis de resultados para el diagnostico	111
4.2 Análisis de resultados para la optimizacion	111
4.3 Análisis de resultados para el dimensionamiento del tanque septico	112
4.4 Propuesta	112
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Conclusiones.....	115
5.2 Recomendaciones	116
BIBLIOGRAFIA	118
ANEXOS	118

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Parámetros de Diseño del Tanque Séptico.....	40
Tabla N° 2 Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público	49
Tabla N° 3 Límites de descarga a un Cuerpo de Agua Dulce	50
Tabla N° 4 Parámetros de Control a la entrada y salida en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.....	52
Tabla N° 5 Procedimiento para la Recolección de Información	54
Tabla N° 6 Descripción de los Métodos de Análisis	58
Tabla N° 7 Potencial de Hidrogeno Ph.....	60
Tabla N° 8 Conductividad	61
Tabla N° 9 Turbidez	62
Tabla N° 10 Cloruros.....	63
Tabla N° 11 Nitratos.....	64
Tabla N° 12 Fosfatos	65
Tabla N° 13 Aceites Y Grasas.....	66
Tabla N° 14 Solidos Sedimentables	67
Tabla N° 15 Solidos Totales.....	68
Tabla N° 16 Datos de Inspección - Cámara Séptica.....	70
Tabla N° 17 Medición de Parámetros In Situ del Agua de Captación 23-11-2011	73
Tabla N° 18 Caracterización Química del Agua Residual Captada al Ingreso de la Planta N°2 Sector “Cacahuango”, Cantón Mocha	74
Tabla N° 19 Análisis Microbiológico del Agua Residual Captada al Ingreso de la Planta .	74
Tabla N° 20 Caracterización Química del Agua Residual tomada después del FAFA de La Planta N°2 Sector “Cacahuango”, Cantón Mocha	75
Tabla N° 21 Análisis Microbiológico del agua residual tomada después del FAFA	76

Tabla N° 22 Caracterización Química del agua tratada de la Planta N°2 Sector “Cacahuango”, Cantón Mocha	76
Tabla N° 23 Análisis Microbiológico del agua tratada de la planta N°2 Sector “Cacahuango”, Cantón Mocha	77
Tabla N° 24 Condiciones de la planta	78
Tabla N° 25 Condiciones de Remoción	79
Tabla N° 26 Limites Normativos	79
Tabla N° 27 Costo de Equipos	91
Tabla N° 28 Costo de Personal.....	91
Tabla N° 29 Costo de Materiales Indirectos.....	92
Tabla N° 30 Remoción con Alternativa 1	92
Tabla N° 32 Costo de construcción – Tanque Séptico	100
Tabla N° 33 Dimensiones para Diseño de Tanque Séptico.....	101
Tabla N° 34 Detalles del Interior del Tanque Séptico.....	102
Tabla N° 35 Volúmenes de las Muestras Compuestas.....	103
Tabla N° 36 Variación de conductividad de agua cruda	103
Tabla N° 37 Variaciones de salinidad de agua cruda	104
Tabla N° 38 Variaciones de solidos disueltos del agua cruda.....	105
Tabla N° 39 Variaciones de temperatura del agua cruda	105
Tabla N° 40 Variaciones de pH del agua cruda	106
Tabla N° 41 Variaciones de caudal de entrada del agua cruda	107

INDICE DE FIGURAS

Figuras

1 Tanque Imhoff	32
2. Inspección de tanque séptico	37
3. Sedimentación de partículas	43

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO N°

1. Variación de conductividad de agua cruda.....	104
2. Variación de salinidad de agua cruda.....	104
3. Variaciones de solidos disueltos del agua cruda	105
4. Variación de temperatura del agua cruda	106
5. Variación de pH del agua cruda	106
6. Variaciones de caudal de entrada del agua cruda	107
7. Análisis de DBO de agua cruda vs tratada	108
8. Análisis de solidos sedimentables de agua cruda vs tratada.....	108
9. Análisis de solidos totales de agua cruda vs tratada.....	108
10.Remoción de la DBO después del tanque séptico	109
11.Remoción de la DBO después de FAFA.....	109

INDICE DE ANEXOS

Anexos

A.Estado de la planta.....	123
B. Diagrama de Propuesta de Optimizacion	127
C. Vista Planta del Sistema Actual.....	128
D. Plano – Caja de Distribucion	139
E. Plano – Tanque septico	130
F. Plano – FAFA.....	131
G. Plano – Filtro de arena.....	132
H. Plano de Propuesta: Tanque Septico	133
I. Diagrama de Propuesta de Optimizacion	134
J. Limites de descarga a un cuerpo de agua dulce	135

SUMMARY

Optimization System wastewater Treatment No. 2 " Cacahuango Sector" Canton Mocha, Tungurahua Province, in cooperation with Municipal Government aims to implement processes for the rehabilitation of it.

We applied the method of experimental research and evaluation, for analysis on-site wastewater were used laptop computers: conductivity, turbidity pH meter, the physical and chemical analyze using techniques and laboratory equipment based on standard methods APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Such analysis: coliform removal of water by 60%, in the removal of turbidity was obtained at the output value of 50.4 NTU; the chloride 127.6 mg/L, total removal of BDO, about 16%. The amount of solid plant with values of 3600 mg/L in settle able and 4300 mg/L total solids, is expected as a result of optimizing overall reduction in BDO of the water of 238 to 70,39mg/L, conditions that are within environmental regulations.

We conclude that the quality of water discharged does not meet the requirement of the regulations established in the UTSEL. The two processes involve optimization of improvement: the first corresponds to the execution of a maintenance program emerging from the plant, consisting of material changes filtration, drainage, wastewater and sludge disposal units collapsed. In the second process, considering de population increase in 10-year projection is applied to design a two-chamber septic tank, of dimensions (6.3 x3x2) m to treat sew age of 1160 inhabitants of the center of the canton

We recommend the implementation of the study and other programming for the application of new technologies to improve the treatment system and plan the development of a basic laboratory for analysis of wastewater and drinking Mocha canton.

RESUMEN

La optimización del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Planta N°2 “Sector Cacahuango” del cantón Mocha, provincia de Tungurahua, en cooperación con el Gobierno Municipal, pretende implementar procesos para la rehabilitación de la misma.

Se aplicó el método de investigación experimental y evaluativo, para realizar el análisis del agua residual in situ se utilizaron equipos portátiles: conductímetro, turbidímetro, pHmetro, los análisis físico-químicos utilizando técnicas y material de laboratorio basados en métodos Normalizados APHA,AWWA,WPCF 17 ed.

Se obtuvo como resultados : la remoción de coliformes del agua en un 60 %, en la remoción de turbidez se obtuvo un valor en la salida de 50,4 UNT; en cloruros 127,6 mg /L; la remoción total en la DBO, cerca del 16%, la cantidad de sólidos planta con valores de 3 600 mg/l en sedimentables y 4 300 mg /l en sólidos totales; se espera como resultado total de la optimización la reducción de la DBO del agua de 238 a 70,39 mg/l, condiciones que están dentro de la normativa ambiental.

Se concluye, que la calidad del agua que se descarga no cumple con los requerimientos de la normativa establecida en el TULAS. La optimización implicara dos procesos de mejora: el primero corresponde a la ejecución de un programa de mantenimiento emergente de la planta, que consta del cambio de materiales filtrantes, drenado, disposición de aguas y lodos de las unidades colapsadas. En el segundo proceso, se considera el aumento poblacional en una proyección de 10 años, se aplica el diseño de un tanque séptico de dos cámaras, de dimensiones (6,3x3x2) m para tratar el agua residual de 1160 habitantes del centro del cantón.

Se recomienda la ejecución del estudio y la programación de otros, para la aplicación de nuevas tecnologías para mejorar el sistema de tratamiento y planificar la creación de un laboratorio básico para el análisis del agua residual y potable del cantón Mocha

INTRODUCCION

El Cantón Mocha se encuentra ubicado, al Sur de la Provincia de Tungurahua, tiene la forma de un trapecio y una Orografía muy accidentada con pequeñas pampas, no tiene un sistema hidrográfico de importancia son pocos ríos los que cruzan el cantón, estos son de escaso caudal, el principal Río es el Mocha que nace en las estribaciones del Carihuairazo y el Chimborazo.

Mocha es un cantón en constante crecimiento, donde la mayoría de la gente se dedica a la agricultura y a la ganadería, se encuentra a 26 Km., de la ciudad de Ambato, capital de la provincia de Tungurahua y de acuerdo a la información del último censo proporcionada el Cantón tiene una población de 6.777 habitantes en el área Urbana hay 1.683 habitantes y en la Rural 4.692 habitantes con una densidad de población de 77.4 hab. /Km², su extensión territorial es de 86.2 Km².

El sector de Cacahuango se encuentra al Noreste del Cantón en la zona rural a 4 Km de la Parroquia “El Rosal”, en el mencionado sector, está ubicada la planta de aguas residuales N°2 que recibe el agua proveniente del centro del Cantón y de sectores aledaños a la planta. El agua residual llega mediante una sola línea de alcantarillado sanitario, vale indicar que el Cantón no cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial. Ya en el interior la Planta de tratamiento es un cajón de recepción, un tanque séptico, un filtro biológico, un filtro rápido y lecho de secado de lodos. El caudal máximo que se trata en la planta es 3,52 l/s, el cual llega al cajón receptor que distribuye el agua a la planta.

La optimización del sistema de tratamiento pretende implementar medidas de mejora para realizar un mejor proceso en conjunto del tratamiento del agua que llega a la planta, de este modo garantizar una mejor calidad del agua y precautelar una menor contaminación del cuerpo receptor.

ANTECEDENTES

El consejo provincial de Tungurahua a través del Municipio de Mocha construye en 1996 la Planta de tratamiento de agua residual en el sector denominado “Cacahuango”, con el fin de tratar el agua servida proveniente de las actividades domésticas de la zona central del cantón, y sectores aledaños a la planta.

El actual estado de la planta la convierte en protagonista del deterioro de la calidad del agua del río Mocha, así como los malos olores y presencia de mosquitos por los rebosamientos del agua que sufre la planta al largo de todo el proceso y que afectan a familias aledañas a la planta. La falta de un adecuado mantenimiento y control de la planta, ha llevado a que la misma se encuentre colapsada en su conjunto, y que ninguna de sus unidades operen con normalidad o cumplan con los fines para los que fueron diseñadas.

El municipio no cuenta con ningún tipo de registros de operación, ni registros de mantenimiento de la planta, lo que hace suponer que el control del sistema ha sido muy pobre.

Esta planta es de un diseño básico, cuenta con un cajón de recepción, que sirve como un tanque de distribución, un tanque séptico, un filtro biológico, un filtro lento y lecho de secado de lodos. El paso del tiempo, así como el desarrollo de nuevas y mejores técnicas y tecnologías ha permitido concebir la idea de que se puede optimizar el sistema de tratamiento por una parte optando por la ejecución de un programa de mantenimiento emergente de la planta en su conjunto, que busca rehabilitar lo más pronto posible las unidades colapsadas y de funcionamiento deficiente, por otra parte se considera el diseño de un tanque séptico de dos cámaras, en función de futuras necesidades de la población creciente.

El estudio de procesos de mejora del sistema podría tener sus ventajas ya que permitiría mejorar la calidad del agua tratada e incluso incrementar el caudal de tratamiento y tener agua tratada de mejor calidad que cumpla las normas descarga.

JUSTIFICACION

Las actuales condiciones de operación de la planta de tratamiento, han llevado que esta sea en parte protagonista del deterioro de la calidad del agua del Rio Mocha y de la contaminación de cultivos aledaños. La población de la localidad por tanto es muy susceptible y evidencia en casi todos los niveles los problemas que conlleva el deficiente tratamiento que recibe el agua que llega a la planta.

En épocas de sequía los pobladores y comunidades se ven en serios problemas por la falta de agua para sus cultivos y pastos, circunstancias que hoy en día son más severas que antes, por la disminución y contaminación del agua así como por los largos periodos de tiempo sin lluvia que han afectado al cantón en los últimos años.

Es importante indicar la riqueza y fertilidad de los suelos del cantón mocha que como ya se ha indicado tiene gran importancia en la producción agrícola y ganadera, por todo esto es muy importante priorizar el cuidado de los recursos hídricos de los que dispone el cantón.

Por las razones antes expuestas es una necesidad que la planta de tratamiento sea sometida a un estudio a fondo para establecer cuáles son las causas del deficiente proceso de tratamiento y sobre todo encontrar soluciones para mejorar la actuales condiciones.

Finalmente vale considerar que las acciones relacionadas con la preservación del ambiente no son un gasto, son medidas que debemos tomar con gran responsabilidad y perseverancia con el objetivo siempre de procurar un medio sano para el desarrollo de todos los sistemas que nos rodean, para de esta manera alcanzar y mantener una buena calidad de vida.

Por tanto el gobierno municipal del Cantón Mocha, con el fin de mejorar el nivel de vida de sus pobladores y minimizar los impactos ambientales en su cantón ha priorizado el cuidado del medio ambiente, por ello se encuentra empeñado en desarrollar proyectos que contribuyan a este fin, tal es el caso de la **OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA N° 2 SECTOR CACAHUANGO.**

OBJETIVOS

GENERAL

- Optimizar el sistema de tratamiento de Agua Residual de la planta N° 2 Sector Cacahuango del Cantón Mocha.

ESPECIFICOS

- Efectuar un diagnostico técnico del funcionamiento actual de la Planta.
- Realizar pruebas de caracterización de las aguas de alimentación y tratada que se obtiene de la planta de tratamiento.
- Identificar en el agua tratada parámetros de contaminación con referencia a las normas del TULAS y verificar su cumplimiento.
- Plantear alternativas de mejora para el funcionamiento de la planta, sustentado en el estudio técnico y económico.

CAPITULO I

Marco Teórico

CAPITULO I

1.1 ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS

Se denomina aguas residuales urbanas a los líquidos que resultan de la actividad humana doméstica, en una gran parte compuesta de agua, y que generalmente son vertidos en cuerpos de agua dulce o marina.

A nivel doméstico el agua que se utiliza en diversas actividades se puede convertir en agua residual debido a: residuos domésticos, excretas, vertidos líquidos, arrastres de lluvia, infiltraciones, residuos industriales.

Residuos domésticos

Estos residuos proceden de la evacuación de los residuos y manipulaciones de cocinas (desperdicios, arenas de lavado, residuos animales y vegetales, detergentes y partículas), de los lavados domésticos (jabones, detergentes sintéticos con espumantes MES, sales, etc.), y de la actividad general de las viviendas (celulosa, almidón, glucógeno, insecticidas, partículas orgánicas, etc.) y que se recogen en la limpieza de la habitaciones.

Excretas

Contienen los residuos sólidos y líquidos que constituyen fundamentalmente las heces humanas se componen normalmente de agua, celulosa, lípidos, prótidos y materia orgánica en general que en forma de elementos compuestos de interés agrario corresponden a porcentajes de hasta 30% de N, 3% de $P_0_4H_3$ y 6% de K_2O , entre otros.

Cuando son expulsadas las heces, aparece un principio de putrefacción, que tiene lugar sobre las proteínas, tanto alimenticias como aquellas provenientes de secreciones y restos de la mucosa intestinal. Asimismo se presentan descarboxilaciones de aminoácidos que producen lesina, tirosina, aminas, etc., y desaminaciones con desprendimiento de NH_3 .

Vertidos líquidos

Un hombre en 24 horas elimina 1,3 litros de orina. Anualmente, cada individuo produce unos 28 Kg de materia orgánica, este tipo de vertidos es el más importante por sus características de composición y concentración, lo que implica que sean los vertidos líquidos uno de los puntos principales a tener en cuenta en la construcción de sistemas de depuración de aguas residuales urbanas.

Arrastres de lluvia

Al caer la lluvia sobre una ciudad, arrastrará las partículas y fluidos presentes en las superficies expuestas, es decir: hollín, polvo de ladrillo y cemento, esporas, polvo orgánico e inorgánico de los tejados, partículas sólidas, polvo, hidrocarburos de las vías públicas, restos de vegetales y animales y partículas sólidas (tierras) de los parques y zonas verdes.

Si la precipitación es suficiente, los arrastres se efectuarán hasta la red de evacuación y aparte de los componentes extraños, el volumen de agua es tal que produce diluciones a tener en cuenta en los procesos de depuración.

Infiltraciones

A veces las zonas verdes urbanas, por la composición de su suelo, permiten el paso de las aguas de arrastre hacia los acuíferos, con el consiguiente peligro de contaminación.

Normalmente, las redes de evacuación de las aguas residuales en subterráneas, y en aquellos casos en que los acuíferos están próximos a la superficie por lluvias u otras causas existen peligros de infiltraciones y fugas a través de tuberías en mal estado o con conexiones defectuosas, o simplemente por paso gravitatorio normal.¹

¹SEONEZ, Mariano “Aguas Residuales Urbanas” Editorial: Mundi-prensa, España

1.2 OBJETIVO DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS

En la planificación y diseño de un sistema de tratamiento se pueden considerar varios objetivos, dependiendo de los recursos económicos y técnicos de los que se dispone, así como los requerimientos de las normativas a cumplir, necesidades de la población, etc.

En el desarrollo de un sistema de tratamiento se pueden considerar, como objetivos importantes e iniciales, los siguientes:

- Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- Remoción de sólidos suspendidos
- Remoción de patógenos

En el desarrollo es común adicionar:

- Remoción de nitrógeno y fósforo

Finalmente:

- Remoción de sustancias orgánicas refractarias como los detergentes, fenoles y pesticidas
- Remoción de trazas de metales pesados
- Remoción de sustancias inorgánicas disueltas.²

1.3 CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS REDIDUALES

Generalmente el agua en la naturaleza no presenta las características adecuadas para que pueda ser usada directamente para el consumo humano o indistintamente o cualquier actividad doméstica o industrial debido a que no se encuentra lo suficientemente pura. A su paso por el suelo, el subsuelo o el aire, el agua recoge materia en suspensión o solución como arcillas, organismos vivos como plantas, bacterias, virus y huevos de parásitos, sales disueltas, materias orgánicas y gases.

² HERNÁNDEZ, A. Calidad y Tratamiento del Agua. 5ta ed. México: McGraw Hill, 2002.

La presencia de todas estas sustancias obliga a efectuar el tratamiento de las aguas antes de su empleo por los seres humanos.

Las plantas de tratamiento de agua residual y en general todo centro de producción de agua debe cumplir con el objetivo primordial de suministrar agua segura para la salud de los seres humanos, y la conservación de un medio adecuado para su sano desarrollo.

Con el fin de garantizar lo anterior, es necesario efectuar una serie de labores de supervisión de las diferentes fases del producto final de la planta de tratamiento. Estas labores son conocidas por el nombre de Control de la Calidad las Aguas Residuales.

Para tener éxito en este Control de Calidad, es necesario conocer las propiedades del agua susceptibles al cambio, en las diversas formas en que esta existe y como la usa el hombre. Por lo tanto, se examina el agua para identificar sus principales propiedades y, en caso necesario, modificar sus características.

1.4 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

1.4.1 CARACTERISTICA FISICAS

Color

El del agua residual urbana es por lo general de un tono grisáceo, sin embargo al transcurrir del tiempo por el traslado a través del alcantarillado y aproximarse más a condiciones anaerobias el agua se podría tornarse de un gris oscuro a color negro. Estas coloraciones del agua residual se deben a la presencia de sulfuros metálicos, formados por la reacción de sulfuro liberado en condiciones anaerobias con metales presentes en el agua residual.

Olor

La descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual es la razón para la aparición de olores; así cuando el agua residual es reciente tiene un olor desagradable aunque no tanto como el agua séptica de coloración negra, la misma que debido a la acción

de microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos produciéndose sulfuro de hidrogeno dando el olor característico a huevo podrido.

Temperatura

La temperatura de las aguas residuales indistintamente del lugar es por lo general un tanto más elevada que el agua de suministro, debido a la incorporación del agua residual caliente de las casas e industrias.

La determinación de este parámetro es muy importante debido a su papel en el desarrollo de la vida acuática, procesos biológicos, en las reacciones químicas que puedan o no tener lugar por variaciones de temperatura y en la velocidad de estas reacciones.

Turbiedad

La turbiedad es también uno de los principales parámetros que nos dan una idea de la calidad del agua residual en relación a la materia coloidal y residual en suspensión. Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

Sólidos

Los sólidos presentes en el agua residual son compuestos que están en la misma flotando, suspendidos o disueltos y quedan en el recipiente al evaporar el agua a una temperatura entre 100 y 105 °C. La base para seleccionar correctamente el proceso de clarificación del agua residual está en conocer la cantidad y tamaño de los sólidos en el agua.

1.4.2 CARACTERISTICAS QUIMICAS

Alcalinidad

El agua residual urbana de hecho es alcalina de concentración de 50 a 200 mg/L de CaCO₃ son comunes, la medida de la alcalinidad determina la capacidad del agua en este

caso, para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad los iones bicarbonato, CO_3H^- , carbonato, CO_3^{2-} y oxhidrilo, OH^- , pero también los fosfatos resultantes de los detergentes. Cuando la alcalinidad del agua tratada en planta es menor a 10 ppm es recomendada para el uso doméstico.

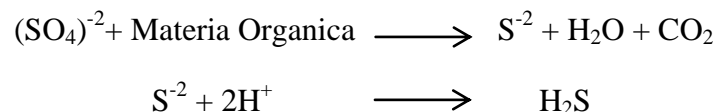
Acidez

La acidez de una muestra de agua es su capacidad para reaccionar con una base fuerte hasta un determinado valor de pH, la acidez del agua residual se origina en la disolución de CO_2 atmosférico en la oxidación de la materia biológica de la materia orgánica o en la descarga de aguas residuales industriales; así como también puede deberse a la presencia de ácidos minerales y/u orgánicos, o a la hidrólisis sufrida por la existencia de sales de ácidos fuertes y bases débiles, lo que puede ocasionar corrosión en las instalaciones por la acción del catión hidrogeno. El objetivo de la medición de la acidez es cuantificar la cantidad de sustancias acidas en un determinado cuerpo de agua, dato importante ya que la presencia de sustancias acidas en el agua, incrementan sus corrosividad e interfieren en la capacidad de reacción de muchas sustancias y procesos al interior de cualquier sistema.

Ácido sulfhídrico

El ión de sulfato se presenta naturalmente en la mayoría de los suministros de agua y también en agua servida. El azufre es requerido en la síntesis de las proteínas y es liberado en su degradación.

Los sulfatos son reducidos químicamente a sulfuros y a sulfuro de hidrógeno (H_2S) por las bacterias en condiciones anaerobias:



El H_2S puede oxidarse biológicamente a ácido sulfúrico el cual es corrosivo para las tuberías del alcantarillado.

Grasas y Aceites

Aquí se consideran todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas las cuales van a entorpecer cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

Su efecto en los sistemas de tratamiento de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles del oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar.

Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética.³

Las grasas y aceites forman aproximadamente el 10% del total de los compuestos orgánicos que pueden estar presentes en el agua residual, influyendo en las características de la misma. Los aceites y grasas de origen mineral pueden ser no biodegradables y requieren pre-tratamiento para ser removidos antes del tratamiento biológico. Sin embargo, no existe un método que permita distinguir las grasas y aceites vegetales o animales de las de origen mineral; aunque existe el procedimiento para diferenciar entre grasas y aceites polares y no polares

Detergentes

Los detergentes son productos químicos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial y que actúan como contaminantes del agua al ser arrojados en las aguas residuales. El poder contaminante de los detergentes se manifiesta en los vegetales acuáticos inhibiendo el proceso de la fotosíntesis originando la muerte de la flora y la fauna acuáticas. Además pueden presentarse problemas en las plantas de tratamiento, sobre todo en la etapa biológica puesto que los detergentes inhiben la actividad biológica y disminuyen la solubilidad del oxígeno en el agua.

³CASTRO, L. "Parámetros Físicoquímicos que influyen en la Calidad del Agua" CEPIS, Lima, 1983

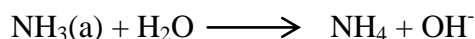
Cloruros

Los cloruros son componentes importantes en el agua residual, la cual contiene millares de ppm de cloruros y su control es importante ya que el agua con cloruros puede ser muy corrosiva debido al tamaño del ión que puede penetrar la capa protectora en la inter-fase óxido-metal y reaccionar con el hierro estructural. El organismo humano necesita del ion cloruro solo en pequeñas cantidades, de manera que la mayoría cloruros elimina en las heces las cuales contienen 6 gr de cloruro por persona y por día.

El ión cloruro se separa con filtros de carbono activado e intercambio Iónico, aunque es menos retenido que los iones polivalentes, por lo cual las aguas de alta pureza requieren un tratamiento final.

Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de plantas y protistas, y junto con el fosforo constituyen los llamados nutrientes. Su presencia junto con fosfatos en aguas superficiales provoca la aparición de un excesivo crecimiento de algas, se conoce como eutrofización. Su determinación se realiza por espectrofotometría. Se elimina por intercambio iónico, siendo un método no económico en procesos de grandes volúmenes. El nitrógeno puede estar en el agua en varios estados de oxidación y dependiendo del medio, del tiempo y de la cantidad de oxígeno, prevalecerán unas formas de otras. Sin embargo habitualmente en el agua el nitrógeno amoniacal existe como gas amonio y como ion amonio:



Fosforo

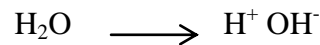
Debido a los crecimientos de que tienen lugar en las aguas superficiales, existe mucho interés en la actualidad en controlar la cantidad de los compuestos de fósforo que entran en las aguas superficiales a través de los vertidos industriales, domésticos y de las escorrentías naturales. “Por ejemplo, el agua residual de origen doméstico puede contener de 6 a 20 mg/l de fósforo. Las formas más frecuentes del fósforo en soluciones acuosas son: ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. En el agua residual, aproximadamente un

50% del fósforo está presente como ortofosfato; alrededor de un 40% como fosfatos condensados (detergentes), y hasta un 10% como enlaces orgánicos.

En las plantas de tratamiento donde existen piscinas sin mantenimiento, el fosforo presente en el agua se asocia a problemas de eutrofización o proliferación de algas.

pH

La concentración del ion Hidrogeno (pH) es un parámetro de calidad importante en las aguas residuales, puesto que concentraciones del ion hidrogeno inadecuadas presentaría dificultades en el proceso biológico del tratamiento de las aguas donde el intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y cíclico. La concentración del ion hidrógeno en el agua se halla íntimamente relacionado con la cantidad en la que se disocian las moléculas de agua. El agua se disocia en iones hidrógeno e hidróxilo del siguiente modo:



Carbono Orgánico Total

La concentración del carbono orgánico total es una medida de la materia orgánica presente en el agua, valores que pueden correlacionarse con la DQO y ocasionalmente con la DBO. Se utiliza especialmente en pequeñas concentraciones. En presencia de un catalizador el carbón orgánico se oxida a CO₂; últimamente se está popularizando por la rapidez en la realización del análisis. Se mide en un analizador infrarrojo. Además la medición del COT es importante en al agua residual debido a que incluye el carbono orgánico de compuestos resistentes a la oxidación bioquímica y química que no se incluye en los ensayos de la DBO ni de la DQO.

Demanda Bioquímica de oxígeno

Es uno de los parámetros más utilizados para medir la cantidad de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica del agua mediante procesos biológicos aerobios, se suele referir al consumo en 5 días (DBO₅), también suele emplearse (DBO₂₁) días. Se mide en ppm de O₂ que se consume. Las aguas residuales domésticas aproximadamente se sitúan entre 100 y 350 ppm. La DBO es importante también en el proceso de dimensionamiento de las

instalaciones de un planta de tratamiento ya que nos dará una idea de la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente en el agua residual; los resultados de la DBO pueden emplearse también en medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las normativas a las que están sujetos los vertidos.⁴

Demanda Química de Oxígeno

Se utiliza para medir el contenido de materia orgánica, tanto de las aguas naturales como de las residuales. Es el equivalente del oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse y se lo mide utilizando un fuerte agente químico oxidante en medio ácido; El ensayo debe realizarse a temperatura elevada. Es un parámetro más rápido que el anterior ya que es una medición casi inmediata, y aunque este ensayo se utiliza desde hace treinta años, aún existen problemas de interpretación de los resultados debido a la multitud de variables que pueden afectar estos valores en una muestra de aguas residual, la unidad de medida son ppm de O₂.

Las aguas residuales domésticas están entre 260 y 600 ppm. Hay un índice que indica que tipo de aguas se están analizando y se obtiene con la relación (DBO/DQO) si es menor de 0.2 el vertido será de tipo inorgánico y si es mayor de 0.6 se interpretará como un vertido orgánico.

1.4.3 CARACTERISTICAS BIOLOGICAS

Los organismos biológicos principales que se encuentran en las aguas residuales son organismos protistas:

Algas

La presencia de las algas puede afectar la calidad del agua de abastecimiento, ya que pueden ocasionar problemas de olor, taponamiento de tuberías, etc. Uno de los problemas más importantes es determinar el proceso de tratamiento que se debe aplicar al agua residual que proviene de diversos orígenes de modo que los efluentes no favorezcan el crecimiento de las algas y otras plantas acuáticas provocando condiciones eutróficas.

⁴ALVAREZ EVEL, M. L. "Control de Calidad de Aguas Servidas Industriales", México, 1989.

Protozoarios

Los Protozoarios que de manera principal se deben tomar en cuenta para el tratamiento de las aguas residuales son las amebas, flagelados y los ciliados libres y fijos. Tienen gran importancia tanto para el funcionamiento de los tratamientos biológicos, como en la purificación del agua, debido a que estos son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos. Se debe controlar también el agua de suministro ya que ciertos protozoarios son patógenos como el *Cryptosporidium parvum* y la *Giardia Lamblia*.

Bacterias

Tanto en la naturaleza como en las plantas de tratamiento de aguas residuales, las bacterias cumplen un papel fundamental y de gran importancia en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, por lo que es necesario conocer sus características, funciones, metabolismos y procesos de síntesis. Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por consiguiente su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas.

Organismos Coliformes

El tracto intestinal del ser humano contiene innumerables bacterias de diferentes especies, una de ellas tiene forma de bastoncillo, y es conocida como bacteria coliforme. Cada persona evacua de 1×10^5 a 4×10^5 de coliformes al día. En aguas tratadas, los coliformes totales funcionan como un alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias. Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, intensifica la vigilancia en la red de distribución.⁵

⁵CAMPOS, C. "Contaminación Fecal en Aguas Residuales" Ingeniería Sanitaria y Salud Pública. Costa Rica, 2001

1.5 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las plantas de tratamiento de Aguas Residuales son un conjunto de integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o reutilización. La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante de dicho tratamiento. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, como: preliminar o pre-tratamiento, tratamiento primario, secundario y tratamiento terciario o avanzado.

Pre-tratamiento o tratamiento preliminar

Tiene como objetivo la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con el fin de facilitar el tratamiento posterior. Son usuales el empleo de canales con rejas gruesas y finas, desarenadores, y en casos especiales se emplean tamices. Estas unidades, en ocasiones obviadas en el diseño de plantas de tratamiento, son necesarias para evitar problemas por el paso de arena, basura, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos.

Tratamiento primario

Se considera como unidad de tratamiento primario a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO orgánica sedimentable presente en el agua residual. Es común en zonas rurales el empleo del tanque séptico como unidad de tratamiento primario con disposición final por infiltración. El tanque Imhoff ha sido empleado en localidades de mediano tamaño como un buen sistema de tratamiento primario. También se emplea tanques de sedimentación primaria, tanques de flotación y lagunas primarias en sistemas de lagunas de estabilización.

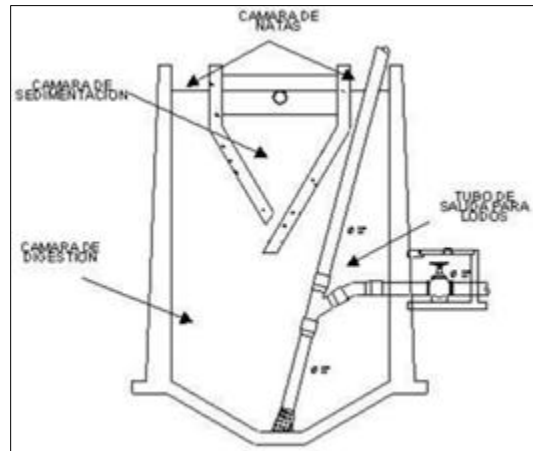


Figura N° 1 Tanque Imhoff

Fuente: OPS/CEPIS

Tratamiento secundario

El fundamento del tratamiento secundario es la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en la remoción de entre el 50% y el 95% de la DBO. Los sistemas más empleados son: biofiltros o filtración biológica, filtros-percoladores, filtros rotatorios o biodiscos. Lodos activados, entre los que se encuentran los convencionales y los de aireación extendida. Lagunas de estabilización de los tipos facultativas y aireadas.

Tratamiento terciario

La necesidad de implementar un tratamiento terciario depende de la disposición final que se pretenda dar a las aguas residuales tratadas.

El tratamiento de nivel terciario tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente, ocasione la eutroficación o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor. El uso del efluente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede aplicarse al

riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades productivas. El efluente del tratamiento terciario también puede tener algunos usos especiales, como la recarga de acuíferos, agua para uso industrial, etc. Los procesos más usados son la precipitación química de nutrientes, procesos de filtración, destilación, flotación, ósmosis inversa, entre otros.⁶

1.6 DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO

La determinación de la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales tiene una relativa complejidad, debido a las oscilaciones que se producen en los flujos de las aguas residuales de ingreso y salida, así como también el tiempo de permanencia del líquido en las instalaciones de la planta.

Es importante entonces definir claramente el grado de eficiencia de una planta de tratamiento de agua residual:

El grado de eficiencia de una planta de tratamiento de agua residual, se define como la reducción porcentual de los indicadores de contaminación apropiados para tal proceso.

Para la determinación de tal reducción, se establece a la vez un indicador específico, para el cual se determina una relación entre la carga que ingresa a la planta y la correspondiente carga en el flujo de salida de la planta. En caso de existir varios puntos de ingreso y de salida, la carga total se determina en base a las cargas parciales que existan.

Por tanto la ecuación para la determinación del grado de eficiencia de la planta queda como sigue:

$$\eta = \frac{F1 - F2}{F1} \text{ec. N}^\circ 1$$

Dónde:

⁶PEREZ JOSE, "Características de Proyectos de Tratamiento de Aguas Servidas. España 2006

η = Grado de eficiencia en %

F1 = Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta.

F2 = Sumatoria de las cargas en el flujo de salida de la planta.

En general el grado de eficiencia de una planta permite evaluar la capacidad de rendimiento de los procesos o parte de estos, a través del grado de eficiencia del proceso se puede lograr lo siguiente:

- Comparar el resultado de la capacidad real del tratamiento, ya sea con la capacidad teórica estimada, o con la capacidad exigida.
- Documentar y eventualmente, optimizar diferentes aspectos de una planta de tratamiento dada, la confiabilidad de sus resultados, su rentabilidad y la eficiencia de sus operaciones específicas o partes del proceso.
- Establecer un perfil de indicadores, mediante el cual sea posible seleccionar un proceso unitario de tratamiento y establecer los criterios para el diseño de nuevos procesos o una nueva planta.

El grado de eficiencia debe estar en relación con la labor a realizar, para lo cual debe establecerse los siguientes aspectos:

- Los puntos de muestreo y la extensión del lapso que comprenderá el estudio.
- El tipo de muestreo y la duración entre tomas de muestra.
- El procedimiento para el tratamiento de la muestra y sus análisis.
- La metodología de la evaluación de los resultados de las mediciones de acuerdo con un procedimiento normalizado.

En este contexto, debe considerarse también la importancia de las particularidades de la planta y las diferencias en las condiciones específicas del agua, desde el punto de vista técnico. En el caso de las aguas residuales municipales, los aspectos más relevantes son las curvas de comportamiento diario y semanal, la influencia de las condiciones climáticas y una uniformidad relativamente alta en su composición.⁷

La evaluación de una planta de tratamiento puede efectuarse en base a los objetivos por los cuales fue diseñada en principio:

⁷Eficiencia de plantas de tratamiento - Asociación alemana de saneamiento. Honduras, 1998

- Eliminación de residuos, aceites, grasas, flotantes, arenas, etc. y evacuación a punto de destino final adecuado.
- Eliminación de materias decantables orgánicos o inorgánicos
- Eliminación de la materia orgánica
- Eliminación de compuestos amoniacales y que contengan fósforo (en aquellas que viertan a zonas sensibles)
- Transformar los residuos retenidos en fangos estables y que éstos sean correctamente dispuestos.

1.7 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Los procesos de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento de agua residual, de manera particular en zonas rurales, presentan procedimientos esenciales para operar y mantener unidades de tratamiento como: tanques sépticos, lagunas de estabilización, tanques Imhoff, filtros biológicos y unidades de tratamiento complementarias.

1.7.1 OPERACIÓN DE UNA PLANTA

Operar es hacer funcionar en forma correcta el sistema de tratamiento de aguas residuales a través de un trabajo permanente y responsable en las instalaciones y equipos, para tener un servicio constante, evitar la contaminación del ambiente y, sobre todo, asegurar la satisfacción de los usuarios. Si el sistema no funciona bien, los usuarios no estarán contentos y rehusarán pagar sus tarifas. Si no pagan las tarifas, no habrá recursos para operar y mantener el sistema. De esta manera se generará un círculo vicioso que terminará con la destrucción del sistema de alcantarillado y la frustración de la comunidad.

Responsabilidad de la población

Los usuarios de un sistema de alcantarillado tienen una gran parte de la responsabilidad en su operación y mantenimiento. Los responsables mantener el sistema deben comunicar permanentemente a los usuarios que:

- No debe utilizarse el sistema de alcantarillado sanitario para evacuar aguas de lluvia. Las aguas de lluvia arrastran partículas de arena que sedimentan en las tuberías y con el tiempo pueden bloqueadas (la fuerza de arrastre mínima de diseño de las tuberías permite la autolimpieza de partículas de 2,0 mm).
- El sistema de desagües de la cocina o los lugares donde se cocina y se lava enseres de cocina y comedor, debe contar con cámaras desgrasadoras que deben ser limpiadas cada cuatro meses. La grasa es otra de las sustancias cuya acumulación bloquea las tuberías de alcantarillado.
- Las tapas de las cámaras de inspección o cámaras desgrasadoras deben ser herméticas para evitar que ingresen aguas de lluvia o aguas de lavado de patios, que luego se acumulen y bloqueen las tuberías
- No deben arrojarse bolsas plásticas, pañales desechables, toallas higiénicas, papel periódico y objetos similares en los inodoros.
- Los usuarios deben verter, cada cuatro meses, agua hervida en su inodoro para disolver y eliminar residuos de grasa.

1.7.2 INSPECCIÓN DE UNA PLANTA

Debe realizarse mantenimiento preventivo mediante la inspección periódica de la planta. Esta actividad debe ejecutarse por lo menos una vez al año. Un ejemplo es la revisión de tanques sépticos, aquí la verificación del nivel de los lodos en el fondo se hará a través de los registros a la entrada y salida del tanque. Es posible medir la cantidad de lodos acumulados en el fondo del tanque introduciendo una vara con un pedazo de tela o mechas amarradas en toda la parte por sumergir. De esta manera, por impregnación es posible registrar y medir la cantidad de lodos acumulados en el fondo del tanque.

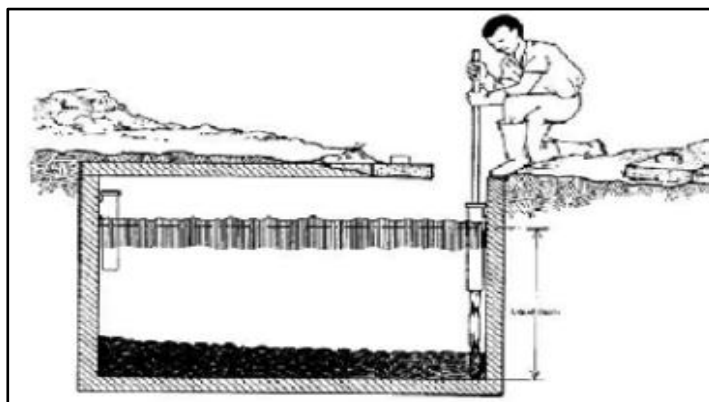


Figura N° 2. Inspección de tanque séptico

Fuente: OPS/CEPIS

1.7.3 MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA

Para evitar que un determinado sistema de tratamiento de aguas residuales que está diseñado para funcionar de manera continua, se detenga por falta de control ocasionando problemas ambientales y riesgos para la población aledaña a la planta, es necesario tener adicional al diseño un manual de mantenimiento, el cual detalla los por menores de las actividades y medidas, a tener en cuenta para una adecuado funcionamiento del sistema de tratamiento y definir los procedimientos para el mantenimiento de todas las operaciones del sistema. El mantenimiento de un sistema de tratamiento requiere de la capacitación de un operario calificado que conozca el funcionamiento del sistema y las posibles eventualidades que es necesario controlar.

Los aspectos operacionales y de mantenimiento deben ser considerados desde la fase de planeación del proyecto. Usualmente en la localidad se conforma un ente para administrar el sistema de abastecimiento de agua, sin embargo es el operador quien juega un papel importante en la operación y mantenimiento del sistema.

Las funciones principales del operador de una planta de tratamiento consideran entre otras, el control del flujo, el monitoreo de la calidad del agua, la limpieza de los filtros y la ejecución de actividades generales de mantenimiento.

La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes, botas y mascarilla. Una vez concluida esta tarea, debe lavarse y desinfectarse todas las herramientas empleadas y el operador debe realizar un buen aseo personal.

Una herramienta importante para el operador y que contribuye a alcanzar un mejor control sobre el funcionamiento del sistema, es la ficha de control, la cual debe ser llevada diariamente según el programa de seguimiento acordado con el ente de soporte en control y vigilancia de la calidad del agua. Los registros obtenidos para los parámetros de interés deben ser comparados con los valores deseables, a fin de establecer la eficiencia en el funcionamiento de la planta de tratamiento y tomar las acciones en caso de ser necesarias.⁸

1.8 CRITERIOS PARA DISEÑO DE UN TANQUE SEPTICO

Uno de los principales objetivos del diseño del tanque séptico es crear dentro de este una situación de estabilidad hidráulica, que permita la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. El material sedimentado forma en la parte inferior del tanque séptico una capa de lodo, que debe extraerse periódicamente. La eficiencia de la eliminación de los sólidos por sedimentación puede ser grande, sin embargo los resultados dependen en gran medida del tiempo de retención, los dispositivos de entrada y salida y la frecuencia de extracción de lodos (período de limpieza del tanque séptico). Si llegan repentinamente al tanque grandes cantidades de líquido, la concentración de sólidos en suspensión en el efluente puede aumentar temporalmente, debido a la agitación de los sólidos ya sedimentados. El líquido contenido en el tanque séptico experimenta transformaciones bioquímicas, pero se tiene pocos datos sobre la destrucción de los agentes patógenos. Como el efluente de los tanques sépticos es anaerobio y contiene probablemente un elevado número de agentes patógenos, que son una fuente potencial de infección, no debe usarse para regar cultivos ni descargarse en canales o aguas superficiales sin permiso de la autoridad correspondiente.

La persona responsable del diseño, debe tener en cuenta las ventajas y desventajas que tiene el emplear el tanque séptico para un determinado sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

⁸Dirección de Ingeniería Sanitaria, “Manual de Operación y Mantenimiento de Plantas”. Editorial Limusa, 1990

a. Ventajas

- Su limpieza no es frecuente
- Apropiado para comunidades rurales, edificios, condominios, hospitales, etc.
- Tiene un bajo costo de operación y construcción
- Mínimo grado de dificultad en operación y mantenimiento si se cuenta con infraestructura de remoción de lodos.

b. Desventajas

- Requiere de bombas u otro dispositivo de succión para la evacuación de lodos
- De uso limitado en cuanto al número de habitantes
- Su aplicación también está limitada en base a la capacidad de infiltración del terreno que permita disponer adecuadamente de los efluentes.

Principios de diseño de tanque séptico

Los principios que han de orientar el diseño de un tanque séptico son los siguientes:

- Prever un tiempo de retención de las aguas servidas, en el tanque séptico, suficiente para la separación de los sólidos y la estabilización de los líquidos.
- Prever condiciones de estabilidad hidráulica para una eficiente sedimentación y flotación de sólidos.
- Asegurar que el tanque sea lo bastante grande para la acumulación de los lodos y espuma.
- Prevenir las obstrucciones y asegurar la adecuada ventilación de los gases.

1.8.1 DISEÑO

El diseño del tanque séptico presenta algunas alternativas, dependiendo de la complejidad del sistema, de la calidad de agua que se desea alcanzar, de la cantidad de población que se espera atender, entre otros factores, así por ejemplo a continuación se describen los parámetros de diseño que considera el método del código británico y del USPHS, para poblaciones pequeñas:

Tabla N° 1 Parámetros de Diseño del Tanque Séptico

longitud	2 - 3 anchura
h _{útil}	1,2 m - 1,7 m
Resguardo	> 0,3 m
2 compartimentos	60/40
3 compartimentos	50/25/25
Sifón	7,5 cm < Ø < 15,0 cm
Tiempo de retención	1 – 3 días
Tasa acumulación del lodo	0.04 m ³ /hab. año

Fuente: Dimensionado de fosa séptica, método USPHS

En el diseño del tanque séptico es necesario determinar aspectos importantes como: tiempo de retención, volumen de sedimentación, volumen de acumulación de lodos, volumen de natas, espacio de seguridad, profundidad de natas y de acumulación de lodos.⁹

a. Periodo de retención: se refiere al tiempo de retención del volumen de sedimentación, que se calcula con la siguiente fórmula:

$$Pr = 1,5 - 0,3 \log (P \times q) \text{ec. N}^\circ 2$$

Dónde:

Pr: periodo de retención promedio en días

P: población servida

q: caudal de aporte unitario de aguas residuales (litros/habitante-día)

⁹OPS/CEPIS/06.176 UNATSABAR “Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas”, Lima 2005.

El tiempo de retención no deberá ser menor a 6 horas en ningún caso de diseño.

b. Volumen de Sedimentación: el volumen requerido para la sedimentación, se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_s = \frac{Pr \times q \times P}{1000} \text{ec. N}^\circ 3$$

Dónde:

Vs: volumen requerido para la sedimentación (m³)

c. Volumen de acumulación de lodos: se calcula con la siguiente fórmula.

$$V_d = \frac{G \times N \times P}{1000} \text{ec. N}^\circ 4$$

Dónde:

Vd: volumen de almacenamiento de lodos (m³)

G: volumen producido de lodo (L/habitante-año)

N: intervalo de evacuación de lodos del tanque (años)

d. Volumen de lodos producidos: el volumen de lodo producido depende de la temperatura ambiental y de la descarga de residuos de cocina. Se puede considerar valores de:

Clima cálido: 40 Litros/habitante-año

Clima frío: 45- 50 Litros/habitante-año

En caso de descargas de lavaderos, lavaplatos y otros aparatos sanitarios instalados en restaurantes, hospitales, hoteles; donde existe el riesgo de introducir cantidad suficiente de grasa que afecte el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas residuales, a los valores anteriores se les adicionara un valor de 20 Litros/habitante-año.

e. Volumen de natas: como valor normal se considera un volumen mínimo de $0,7 \text{ m}^3$

f. Espacio de seguridad: la distancia entre la parte inferior del ramal de la T de salida y la superficie inferior de la T de la capa de nata no deberá ser menor a $0,1 \text{ m}$.

g. Profundidad de sedimentación: Se puede considerar la formula siguiente:

$$P_s = \frac{V_s}{A} \text{ec. N}^\circ 5$$

Dónde:

P_s : profundidad de sedimentación (m)

A : Área superficial del tanque séptico (m^2)

La profundidad de sedimentación no deberá ser menor a $0,3 \text{ m}$ en ningún caso de diseño.

h. profundidad de natas: La determinación de la profundidad de la nata se efectúa dividiendo el volumen de la nata entre el área superficial del tanque.

$$P_n = \frac{V_n}{A} \text{ec. N}^\circ 6$$

Dónde:

P_n : profundidad de la nata (m)

A : Área superficial del tanque séptico (m^2)

V_n : como valor normal se considera un volumen mínimo de $0,7 \text{ m}^3$

i. profundidad de almacenamiento de lodos: la profundidad de almacenamiento de lodos se determina dividiendo el volumen de almacenamiento de lodos entre el área superficial del tanque séptico.

$$P_l = \frac{V_d}{A} \text{ec. N}^\circ 7$$

Dónde:

Pl: profundidad de almacenamiento de lodos (m)

A: Área superficial del tanque séptico (m^2)

Vd: volumen de almacenamiento de lodos (m^3)

j. Profundidad neta del tanque séptico: La profundidad neta del tanque séptico se obtendrá a partir de la suma de las profundidades de natas, sedimentación, almacenamiento de lodos y del espacio de seguridad.

$$H_t = (P_n + P_l + P_s + 0,3) \text{ mec.N}^\circ 8$$

Dónde:

Ht: profundidad de neta del tanque séptico (m)

Una mejor sedimentación de las partículas se obtiene al proporcionar el tanque en una relación ancho: largo igual a 1:3, así como al establecer una profundidad mínima de un metro para los líquidos, serán posibles de mejor manera las acciones de biodigestión¹⁰

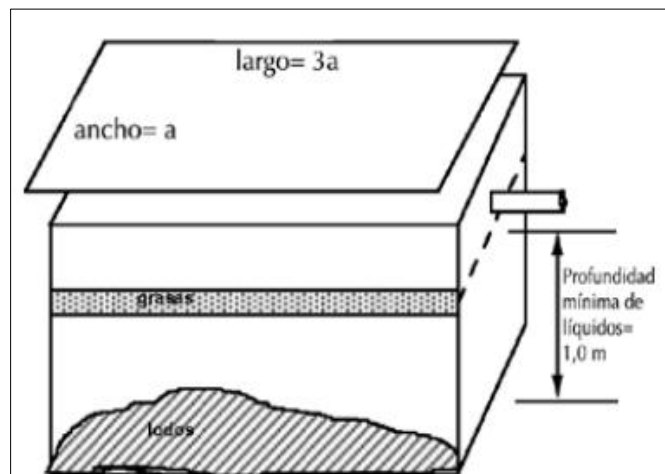


Figura N° 3. Sedimentación de partículas

Fuente: Rosales E, Tanques Sépticos

¹⁰ROSALES ESCALANTE, Elías. “Tanques sépticos: Conceptos teóricos base y aplicaciones”

1.9 PLANTA DE TRATAMIENTO “CACAHUANGO”

1.9.1 UBICACIÓN

El cantón Mocha cuenta con 3 plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, la planta N° 2, objeto de estudio, está ubicada a 5 minutos del centro del cantón en un sector denominado Cacahuango, de ahí su nombre, fue creada en 1996 y está en funcionamiento desde el mismo año desde entonces cuenta con los mismos procesos de tratamiento y con la misma infraestructura, por lo que en parte esta planta, ha sido protagonista del deterioro de la calidad del agua del río Mocha donde el control del vertido en estas aguas se ha visto disminuido, y se hace evidente la problemática que se presenta y todos los impactos ambientales que se ven implícitos en ella.

La planta tiene la misma modalidad operativa que las demás, el agua llega a la infraestructura por gravedad, y se acumula en un colector para su distribución, pasa luego a una cámara donde inicia la sedimentación, llega después a un filtro biológico para su oxidación, se eliminan los lodos y el agua continua a hasta el río Mocha. Está protegida con un deteriorado cerramiento y rodeada de terrenos con forraje y cultivos propios de la zona. Aproximadamente receipta la mitad del caudal del agua residual proveniente del centro del cantón y barrios aledaños.

1.9.2. PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LA PLANTA “CACAHUANGO”

Los procesos de tratamiento con los que cuenta la planta en estudio, componen de hecho un sistema básico, es decir una tecnología simple de tratamiento, sin embargo a pesar de esto, la planta no tiene ningún sistema de pre-tratamiento para la eliminación de sólidos gruesos, en el tratamiento primario actúa la fosa séptica de 2 cámaras, un filtro biológico anaerobio en el tratamiento secundario, un filtro lento de ripio que si bien no representa un tratamiento terciario o de avanzada, es un proceso que ayuda a mejorar la composición y estética del agua, la planta cuenta por ultimo con un lecho de secado de lodos, sin ningún material de filtración ni cubierta.

Captación

A la planta llega en promedio 4,77 litros de agua residual proveniente de barrios aledaños a la misma y de la zona urbana central del cantón; el agua llega a través de una sola línea de alcantarillado sanitario por una tubería hormigón simple de 240 mm de diámetro, ingresa a la planta pasando primero por una caja de revisión y luego después de 12 m a una segunda caja de revisión.

La captación del agua se lleva a cabo después de la segunda caja de revisión en un cajón distribuidor de forma rectangular 134cm x 365cm; a la misma altura de la tubería de ingreso al cajón salen 2 líneas hacia el tanque séptico, en esta primera etapa no hay ninguna regulación del caudal que ingresa o sale del cajón.

Tanque séptico o fosa séptica

El tanque es la unidad de tratamiento primario de la planta; aquí se realiza la separación y transformación físico-química de la materia sólida contenida en el agua. Se trata de una forma sencilla de tratar el agua residual. Se ha empleado el tanque séptico como unidad de tratamiento primario debido al pequeño caudal que receipta. Esta cámara séptica tiene forma rectangular de 7,7 x 5,9(m) y está dividida en dos cámaras conectadas entre sí, para permitir la retención de espumas y objetos flotantes, la sedimentación de sólidos y la digestión progresiva de la materia orgánica sedimentada. De la sección inferior del tanque salen los lodos mediante 2 líneas hacia el lecho de secado de lodos, y de la parte superior de la cámara sale una línea de cada cámara hacia la parte inferior del filtro para el tratamiento biológico del líquido que ha pasado entre las capas que se forman de lodo y espuma. El tanque cuenta con cuatro respiraderos e igual número de tapas de revisión que permiten verificar la reacción anaerobia que se produce evidente por la formación de burbujas.

Filtro biológico

Debido a que usualmente, con operaciones anteriores no se logra la remoción significativa de la materia orgánica como DBO, es necesario realizar un tratamiento adicional para remover los contaminantes disueltos presentes en el efluente, así el proceso

siguiente es un filtro biológico anaeróbico de flujo ascendente, el cual funciona como unidad de tratamiento secundario del tipo biológico con medio adherido o asistido, es quiere decir que el agua residual pasa a través de un medio filtrante donde un grupo de bacterias y otros microorganismos, se desarrollan progresivamente adhiriéndose medio filtrante formando una película biológica que precisamente permite la degradación biológica de la materia orgánica. En este caso el empaque o medio filtrante utilizado es grava como medio.

En el filtro se dan procesos de consumo de la materia orgánica; es decir, los microorganismos se nutren de las sustancias orgánicas contenidas en el agua residual entrante y las asimilan, por lo que el efluente sale con menor carga contaminante.

La forma del filtro es circular, de un diámetro de 5,3m, del cual sale de su parte superior una línea que lleva el agua a un filtro lento de ripio.

Filtro rápido

El agua llega del filtro biológico por gravedad a través de una tubería de PVC de 8 pulgadas, la tubería tiene 6 puntos de salida a lo largo de todo el filtro. La filtración es la operación unitaria que se efectúa después de la separación de la mayoría de los sólidos suspendidos por sedimentación y de los sólidos disueltos eliminados en su mayoría en el FAFA.

El filtro es de forma rectangular, cuenta con arena y ripio; el agua fluye a través del material por el solo efecto o acción de la gravedad. La velocidad de filtración en este tipo de filtros es muy lenta, por lo que se requiere de una gran área o superficie de 5,05 x 4,01m de filtración para un flujo determinado.

Este filtro es uno de las más usados en el tratamiento de aguas, aunque comúnmente es usado en el tratamiento de agua potable, el objetivo de esta unidad es ayudar a la remoción de partículas en suspensión aunque el mecanismo de remoción de estos sólidos es de diferente naturaleza. En el proceso intervienen fuerzas de cohesión entre el material formado y las partículas en suspensión.

Lecho de secado de lodos

Corresponde al proceso en el que el agua contenida intersticialmente entre las partículas de lodo es removida por filtración y evaporación a través de un medio de drenaje, en este sistema por tanto no se adicionan reactivos ni elementos mecánicos ya que está previsto un secado lento.

La operación comienza con la descarga del lodo proveniente del tanque séptico por dos líneas de PVC a través de dos válvulas de 8 pulgadas y 20 cm de diámetro, el lecho de secado es de un diseño sencillo, de forma rectangular de 7,14 x 4,87(m), la ligera inclinación del lecho de secado tiene por objeto eliminar el agua y ayudar a la concentración de los lodos mediante su deshidratación, no hay presencia de arena ni otro tipo de filtros, debido a que se maneja caudales relativamente pequeños. Los lodos que llegan al lecho de secado solo provienen del desarenador. El lecho no tiene ninguna cubierta para proteger el lodo de la lluvia, el lodo según se indica en el municipio es retirado cada tres meses para usarlo como fertilizante.

1.10 LEGISLACION AMBIENTAL RELEVANTE

1.10.1 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

1.10.1.1 Criterios Generales De Descarga De Efluentes

1.10.1.1.1 Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.

1.10.1.1.1.1 El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis

de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.

1.10.1.1.1.2 Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. En sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación.

1.10.1.1.1.3 Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir.

1.10.1.1.1.4 El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes y proporcionarán todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible.

1.10.1.1.2 Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público

1.10.1.1.2.1 Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a. Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b. Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c. Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d. Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.

1.10.1.1.2 Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación:

Tabla N° 2 Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales	SSU	mg/l	220
Sólidos totales	SST	mg/l	1 600
Temperatura	T	°C	< 40

Fuente: TULAS. Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

1.10.1.1.2.3 Los responsables (propietario y operador) de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de descarga contenidas en esta Norma. Si el propietario (parcial o total) o el operador del sistema de alcantarillado es un municipio, éste no podrá ser sin excepción, la Entidad Ambiental de Control para sus instalaciones. Se evitará el conflicto de interés.

1.10.1.1.3 Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce

1.10.1.1.3.1 Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- a. Las cabeceras de las fuentes de agua.
- b. Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,

c. Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

1.10.1.1.3.2 Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación:

Tabla N° 3 Límites de descarga a un Cuerpo de Agua Dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Coliformes totales	Nmp/ 100 ml		Remoción > al 99;9%
Temperatura	°C		< 35

Fuente: TULAS. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

1.11 PARAMETROS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL

a. Sólidos Totales (ST)

Los sólidos totales consisten en la cantidad de materia que queda como residuo después de una evaporación entre los 103°C a 105°C. Sólidos disueltos y sólidos suspendidos.

b. Sólidos Suspendidos

Porción de sólidos totales retenidos en un litro.

c. Sólidos Sedimentables

Porción de sólidos suspendidos que puede sedimentar en un periodo determinado.

d. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).

El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

La DBO5 suele emplearse para comprobar la carga orgánica de aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

e. Demanda química de oxígeno (DQO)

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

f. pH:

Las medidas de pH se realizan con un electrodo de vidrio, el cual genera un potencial que varía linealmente con el pH de la solución en la que está inmerso. El electrodo consiste en una célula con un potencial controlado por la actividad del protón a cada lado de una membrana de vidrio muy fina.

g. Coliformes Totales

El grupo coliforme está formado por las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram negativas, no esporuladas y de forma largada, que desarrollan una colonia roja con un brillo metálico en un medio tipo endo que contenga lactosa tras la incubación de 24 horas a 35°C.

- **Coliformes Fecales**

El grupo coliforme está formado por las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram negativas, no formadoras de espora y con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas a 35°C. Los Coliformes fecales forman

parte del grupo coliforme total y enterobacter, el predominante del grupo Coliformes fecales es la *Escherichia Coli*.

Tabla N° 4 Parámetros de Control a la entrada y salida en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA
Sólidos Totales (ST)	1 600 mg/l	1 600 mg/l
Sólidos Suspendidos	220 mg/l	100 mg/l
Sólidos Disueltos	-	-
Sólidos Sedimentables	20 mg/l	1,0 mg/l
DBO5	250 mg/l	100 mg/l
DBO	500 mg/l	250 mg/l
pH	5-9	5-9
Coliformes Fecales	-	Remoción > al 99,9%

CAPITULO II

Parte Experimental

CAPITULO II

2.1. MUESTREO

2.1.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACION

El presente estudio se desarrolló en el Sistema de Tratamiento de Agua Residual de la Planta N° 2 Sector “Cacahuango” del Cantón Mocha, provincia de Tungurahua; la cual recibe el agua residual proveniente del barrio la estación, la zona central del Cantón y barrios aledaños a la planta.

2.1.2. METODO DE RECOLECCION DE INFORMACION

Todos los datos obtenidos durante la ejecución del estudio, se los registrara en cuadros diferentes para cada zona de muestreo, a fin de que se facilite el análisis comparativo de los mismos, y la determinación de la condición actual de la planta así como el dimensionamiento y la optimización del Sistema de Tratamiento.

2.1.3. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION

Tabla N° 5 Procedimiento Para la Recolección de Información

LUGAR DE MUESTREO	NUMERO DE MUESTRAS DIARIAS	DIAS DE MUESTREO	PUNTOS DE MUESTREO	TOTAL MUESTRAS SEMANALES
Agua Captada	1	3	1	3
Agua en proceso	1	3	1	3
Agua tratada	1	3	1	3

Fuente: Autor

Como información complementaria en esta investigación, dentro de los procesos para la recolección de información se utilizarán herramientas como entrevistas con personas claves y encuestas, para estudiar información secundaria sobre el tema.

2.1.4. PLAN DE TABULACION Y ANALISIS

A fin de que se facilite el análisis comparativo de los datos, y la determinación de la condición actual de la planta así como el dimensionamiento y la optimización del Sistema de Tratamiento, todos los datos recolectados se los registrara en cuadros diferentes para cada punto de muestreo.

2.2 METODOLOGÍA

2.2.1. METODOLOGIA DE TRABAJO

El proceso de diagnóstico inicial del sistema de tratamiento implico la determinación *in situ* de valores de conductividad, salinidad, sólidos disueltos, temperatura y pH, valores que fueron determinados mediante un conductímetro, cada 30 minutos desde las 6:00 hasta las 18:00; así con los datos recolectados se pudo tener la capacidad de establecer las horas adecuadas para la toma de muestras representativas, es decir para poder elaborar un plan de muestreo. En la elaboración del plan de muestreo, el parámetro más importante de los citados anteriormente en tomar en cuenta fue la conductividad por ser un buen indicador de contaminación, para lo cual se elaboró una gráfica de conductividad – tiempo.

La determinación de los caudales en la planta se realizaron conjuntamente con las mediciones dadas por el conductímetro, tales valores también se tomaron en cuenta para la elaboración del plan de muestreo, gracias a la elaboración de la gráfica caudal – tiempo.

En base a los resultados del estudio previo se concluyó que no existe mayor dispersión entre los datos obtenidos, así como las horas donde se presentan picos en la gráfica, son casi similares a los datos que resultan de la gráfica de los caudales aportando tal información una idea clara para la toma de muestras, de esta forma se estableció que la muestra a tomar seria de tipo compuesta; tomando en un periodo de tiempo de dos horas desde las 12:00 hasta las 14:00, los volúmenes de muestra a recoger en cada toma se detallan en la Tabla 30.

Se trabajó con tres muestras diarias de agua residual. Las muestras fueron trasladadas rápidamente al laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias – ESPOCH, donde se realizó el análisis físico-químico de las aguas.

Las muestras son tomadas en vista a los intereses del estudio en 3 puntos importantes para el diagnóstico:

Agua cruda tomada a la entrada de la planta marcada con código 316

Agua en proceso tomada después del FAFa marcada con código 317

Agua tratada tomada a la salida de la planta marcada con código 318

2.2.2 TRATAMIENTOS DE LAS MUESTRAS

En el diagnóstico inicial se hizo la medición de dos parámetros para la elaboración del plan de muestreo: la conductividad y la variación de caudales, sin embargo, los datos de la conductividad no coinciden con los caudales máximos que se registran entre las 12:00 y 14:00, esto debido a un proceso de dilución al aumentar el volumen de agua; por lo que se realizó la toma de muestras compuestas, considerando la siguiente ecuación:

$$Vm = \frac{Qt * Vt}{Qm * Nm} \text{ ec. N}^\circ 9$$

Dónde:

Vm: volumen de muestra que se toma

Qt: caudal en el momento que se toma la muestra

Vt: volumen final de la muestra compuesta

Qm: caudal promedio

Nm: número de muestras que se tomaran para constituir la muestra compuesta.

Se tomó una muestra compuesta de 2 litros de cada punto, con un total de 6 litros para 3 muestras compuestas, a las cuales se realizó la caracterización físico-química que consta de los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, pH, conductividad, cloruros, nitrógeno de nitratos, fosfatos, aceites y grasas, sólidos sedimentables, sólidos totales, así como también el análisis microbiológico para la determinación de coliformes fecales.

2.2.3 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

2.2.3.1 Equipos

- pH- metro
- Balanza Analítica
- Espectrofotómetro HACH
- Conductímetro
- Baño María
- Turbidímetro Hatch
- Agitador Magnético
- Reverbero

2.2.3.2 Materiales

- Pipetas volumétricas 1, 5, 10 ml
- Peras
- Papel filtro
- Vasos de precipitación
- Balones aforados 100 ml
- Buretas 50 ml
- Embudos
- Estufa
- Cono Imhoff
- Desecador
- Pinzas
- Capsula de porcelana
- Erlenmeyer
- Botellas de vidrio con tapón
- Probetas 10, 25 ml

2.2.3.3 Reactivos

- Solución de cromato de potasio 0,01N
- Ácido Rosálico
- Ácido sulfúrico 0,05 N
- Fenolftaleína
- Naranja de metilo
- Nitrato de plata
- Reactivo preparado de Piro sulfato de potasio (R-F)

- Reactivo preparado de calcio y sulfato ácido(R-N)
- Solución Buffer
- Agua destilada

2.2.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.2.4.1. Métodos

Los métodos que se utilizaron están adaptados al manual “Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales”, Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla N° 6 Descripción de los Métodos de Análisis

DETERMINACION	METODO	DESCRIPCION
RECOLECCION DE MUESTRAS		Recoger 3 tipos de muestras compuestas: agua captada, tratada, del filtro biológico en un volumen total de 6 L
COLOR	Comparativo	Observación a través de comparador de color.
TURBIEDAD	Nefelométrico	Utilizar el Turbidímetro para el análisis
pH	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal
NITROGENO DE NITRATOS	Comparativo Espectrofotométrico	Dilución de la muestra 1/100, colocar el reactivo R-N con la dilución en la celda, y otra celda de blanco, dejar reposar y medir en el espectrofotómetro
CLORUROS	Volumétrico	25 ml de muestra + 3 gotas de cromato de K 0,01 N, titulación con nitrato de plata
CONDUCTIVIDAD	electrométrico	Se registra el dato después de su medición con el conductímetro
FOSFATOS	Espectrofotométrico	Dilución de la muestra 1/100, colocar el reactivo R-F con la dilución en la celda, y

		otra celda de blanco, dejar reposar y medir en el espectrofotómetro
ACEITES GRASAS	Gravimétrico	En un embudo de separación se coloca 200 ml de muestra y 50 ml de hexano, la grasa se somete a baño María hasta sequedad, se coloca en estufa por unos minutos y se pesa.
SOLIDOS TOTALES	Gravimétrico	Se coloca 25 ml de muestra en una caja Petri, se somete a baño María hasta sequedad, se coloca en estufa por 15 minutos y se pesa.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	Volumétrico	Agitar la muestra y llenar un cono Imhoff hasta la marca de 1 litro con la muestra. Dejar sedimentar durante 50 minutos, luego rotar el cono por su eje vertical para que sedimenten también partículas adheridas a la pared, esperar 10 minutos más y realizar la lectura (ml/1)
COLIFORMES FECALES	Sembrado	Luego de esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membranas, se siembra y se toma la lectura a las 24 horas, se realiza el conteo de las colonias
CAUDAL	Practico	Relación entre cantidad de agua recolectada y tiempo empleado para dicha captación o recolección.

Fuente: Autor

2.2.4.2 Técnicas

Tabla N° 7 POTENCIAL DE HIDROGENO PH

***Método 4500-B**

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El pH es un parámetro que nos indica la acidez o alcalinidad del agua, varía de 1 a 14. Si el agua posee un pH menor a 7 se considera acida, caso contrario básica, igual a 7 neutra.	<ul style="list-style-type: none"> • pH-metro • vaso de precipitación 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Agua Problema 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibre en pH-metro • Coloque en un vaso de vidrio limpio un volumen de muestra suficiente como para cubrir al electrodo de vidrio. • Sumerja los electrodos en la muestra y suavemente revuelva a una velocidad constante para proporcionar la homogeneidad y suspensión de los sólidos, y esperar hasta que la lectura se estabilice. • Anote el valor de la lectura en el protocolo de trabajo. 	Lectura directa

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla N° 8 CONDUCTIVIDAD

***Método 2510-B**

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Es la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica, dicha capacidad depende de la presencia de iones y su concentración total, de su movilidad valencia y sus concentraciones relativas, así como de la temperatura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conductimetro • vaso de precipitación 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Agua problema 	<ul style="list-style-type: none"> • Coloque en un vaso de vidrio limpio un volumen de muestra suficiente como para cubrir al electrodo del conductimetro. • Sumerja el conductimetro en la muestra y suavemente revuelva • Anote el valor de la lectura, del conductimetro, por facilidad de trabajo es mejor programar al conductimetro para tener medidas en micro siemens 	<p>Lectura directa</p>

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla N° 9TURBIDEZ

***Método 2130-B**

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Mide la intensidad de color en el agua, debido a impurezas ,las cuales pueden ser de naturaleza orgánica como grasas, aceites o de naturaleza inorgánica como arcillas, calcio, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2100P Turbidímetro HACH Chemical Company • Celda • Pizeta 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Agua problema 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar el volumen adecuado de muestra en la celda. • Coloque en un vaso de vidrio limpio un volumen de muestra suficiente como para cubrir al electrodo de vidrio. • Colocar la celda en el Turbidímetro • Anote el valor de la lectura en el protocolo de trabajo. 	<p>Lectura directa</p>

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla N° 10 CLORUROS

*Método 4500-Cl-B

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>El ion cloruro en el forma Cl^-, es uno de los principales aniones presentes en el agua residual y lodos. Aniones que pueden encontrarse en al altas concentraciones dependiendo de su procedencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bureta • Pipeta 1, 5ml • Vaso 250 ml • Bureta de 50 ml • Erlenmeyer 100 ml • Varilla agitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Agua problema • Dicromato de potasio • Nitrato de plata 0,01N. 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 25 ml de muestra en Erlenmeyer de 100ml. • Agregar unas gotas de dicromato de potasio • Titular con nitrato de plata hasta cambio de color 	<p>Dígitos * 0,5* factor de dilución; cada ml de Nitrato de plata equivale a 0,5 mg de Cl^-</p>

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla N° 11NITRATOS

***Método 4500-NO₃-C**

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales e incluso subterráneas, no superan unos cuantos miligramos por litro. En lugares donde no existen industrias, el aumento de niveles de nitratos se debe a las prácticas agrícolas y ganaderas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • HACH 2004 • Celda • Pizeta • Pipeta 1 ml • Vaso de precipitación 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Agua problema • Reactivo R-NNitriVer • Reactivo • NitraVer 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de muestra con reactivo NitriVer en la celda del HACH 2004 • Colocar la celda en el equipo • Anote el valor de la lectura en el protocolo de trabajo. 	<p>Lectura directa</p>

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla N° 12 FOSFATOS

***Método 4500-P-D**

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Los niveles de fosforo no son muy altos en las aguas superficiales, y su control no es tan estricto sobre todo en efluentes usados para regadío de cultivos, dichos niveles, pueden aumentar debido a presencia de fertilizantes en al terreno</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2100P Turbidímetro HACH Chemical Company • Celda • Pizeta • Pipeta 10 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Agua problema • Reactivo R-P (piro sulfato de potasio) 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de muestra con Reactivo R-P piro sulfato de potasio en la celda del HACH 2004 • Colocar la celda en el equipo • Anote el valor de la lectura en el protocolo de trabajo. 	<p>Lectura directa</p>

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla N° 13 ACEITES Y GRASAS

***Método 5530-C**

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas las cuales van a entorpecer cualquier tipo de tratamiento físico o químico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo Baño María • Estufa • Embudo de separación • Caja Petri 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Agua problema • Hexano 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 2000 ml de muestra junto con 50 ml de hexano en el embudo. • Dejar reposar por algunos minutos hasta formación de nata de grasa. • Separar la grasa del resto de líquido • Someter a Baño María y luego colocar en estufa • Llevar a pesar 	<p>Lectura directa de miligramos de grasa por mililitro de agua.</p>

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla N° 14 SOLIDOS SEDIMENTABLES

***Método 2540-F**

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Porción de sólidos suspendidos que puede sedimentar en un periodo determinado, que generalmente son eliminados en los primeros procesos de un tratamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • cono Imhoff • vaso 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Agua problema • Hexano 	<ul style="list-style-type: none"> • Agitar la muestra y llenar un cono Imhoff hasta la marca de 1 litro con la muestra. • Dejar sedimentar durante 50 minutos, luego rotar el cono por su eje vertical para que sedimenten también partículas adheridas a la pared, esperar 10 minutos más y realizar la lectura (ml/1) 	<p>Lectura directa de mililitros de solido por litro de agua.</p>

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Tabla N° 15SOLIDOS TOTALES

***Método 2540-B**

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Es una cantidad determinada de materia disuelta en un volumen de agua. Puede ser medida evaporando la muestra de agua para luego pesar el residuo	<ul style="list-style-type: none">• Caja Petri• vaso 250 ml• estufa• equipo baño María	<ul style="list-style-type: none">• Agua problema	<ul style="list-style-type: none">• Se coloca 25 ml de muestra en una caja Petri, se somete a baño María hasta sequedad, se coloca en estufa por 15 minutos y se pesa.	Lectura directa de mililitros de solido por litro de agua.

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

2.3 DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1 DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA

El Sistema de Tratamiento de Agua Residual de la planta N°2, sector “Cacahuango”, recibe actualmente el agua residual proveniente del centro del cantón y barrios aledaños a la planta, vale indicar que el cantón Mocha solo cuenta con sistema de alcantarillo sanitario, el cual lleva el agua a la planta a través de una sola línea.

La determinación del estado actual de la planta implicó el análisis físico, químico y microbiológico del agua residual que ingresa a la planta, del agua en proceso de tratamiento, después del FAFA, y el análisis del agua a la salida de la planta para de esta manera tener los suficientes datos para establecer la eficiencia de la planta de tratamiento.

Las mediciones de caudal, conductividad, temperatura, salinidad y pH se realizaron in Situ, en tanto que los demás parámetros, se analizaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos-Facultad Ciencias- ESPOCH.

2.3.1.1 Captación

El agua llega a través de una sola línea de alcantarillado sanitario por una tubería hormigón simple de 240 mm de diámetro, la captación consta de una caja de concreto de forma rectangular de 1,90 m x 1,90m; después de 25 m llega a una segunda caja de similares dimensiones para pasar a un cajón distribuidor de 134cm x 365cm x 124 cm a la misma altura de la tubería de ingreso al cajón distribuidor salen 2 líneas hacia el tanque séptico, en esta primera etapa no hay ninguna regulación del caudal que ingresa o sale del cajón o algún sistema de rejillas. Las cajas de revisión ya no poseen sus tapas, y en la primera caja existe una perforación para usar el agua no tratada para el riego a un terreno aledaño.

2.3.1.2 Tanque séptico

La dimensión de este tanque de hormigón es rectangular de 7,7 x 5,9 x 3(m) y está dividido en dos cámaras conectadas entre sí, para permitir la retención de espumas, la sedimentación de sólidos y la digestión progresiva de la materia orgánica sedimentada. De la sección inferior del tanque salen los lodos mediante 2 líneas hacia el lecho de secado de lodos, y de la parte superior de la cámara sale una línea de cada cámara hacia la parte inferior del filtro para el tratamiento biológico del líquido que ha pasado entre las capas que se forman de lodo y espuma. El tanque

cuenta con cuatro respiraderos e igual número de tapas de revisión que permiten verificar la reacción anaerobia que se produce evidente por la formación de burbujas; sin embargo el actual estado de la planta no permite la libre circulación del agua en el interior del tanque, ni el correcto funcionamiento del mismo por lo que el agua presente, o mejor dicho atrapada en esta unidad tiene el aspecto de agua cloacal.

En la inspección de la cámara séptica se pudo determinar los datos necesarios para facilitar las acciones de mantenimiento y rehabilitación de la unidad:

Tabla N° 16 Datos de Inspección - Cámara Séptica

Unidad	Parámetro	Medición (cm)
Cámara Séptica	Distancia entre fondo de la nata y tubo de salida	10
Cámara Séptica	Espesor de la capa de la nata	3
Cámara Séptica	Lodo acumulado	80

Fuente: Autor

2.3.1.3 Filtro biológico

La forma del filtro es circular, de un diámetro de 5,3m x 2 m de altura, del cual sale en la parte superior una línea que lleva por gravedad el agua a un filtro lento de ripio y arena.

El filtro biológico anaeróbico de flujo ascendente FAFA, funciona como unidad de tratamiento secundario del tipo biológico con medio adherido o asistido, es quiere decir que el agua residual pasa a través de un medio filtrante donde un grupo de bacterias y otros microorganismos permiten la degradación biológica de la materia orgánica. En este caso el empaque o medio filtrante utilizado es grava que va desde una granulometría de 10 cm en la parte inferior hasta 2cm en la parte superior.

Debido a la falta de control, no se ha realizado el cambio del material filtrante en los últimos años por lo que el flujo del agua a través del filtro se ha detenido por el espesamiento del agua, seguramente debido al engrosamiento de la biopelícula en el material filtrante.

2.3.1.4 Filtro de arena

Es un filtro lento de arena y ripio de dimensiones 5,05x 4,01(m), el agua llega del filtro biológico por gravedad a través de una tubería de PVC de 8 pulgadas con ligera inclinación, la tubería tiene 6 puntos de salida a lo largo de todo el filtro. El filtro está constituido por aproximadamente 1m de arena y por 0,40m de ripio; el agua fluye a través del material por el solo efecto o acción de la gravedad, completando una carrera de filtro de 72 horas. No existe un mecanismo de lavado para el filtro e incluso evidencia, por la presencia de pequeñas plantas que tampoco hay un mecanismo manual de lavado del filtro.

2.3.1.5 Lecho de secado de lodos

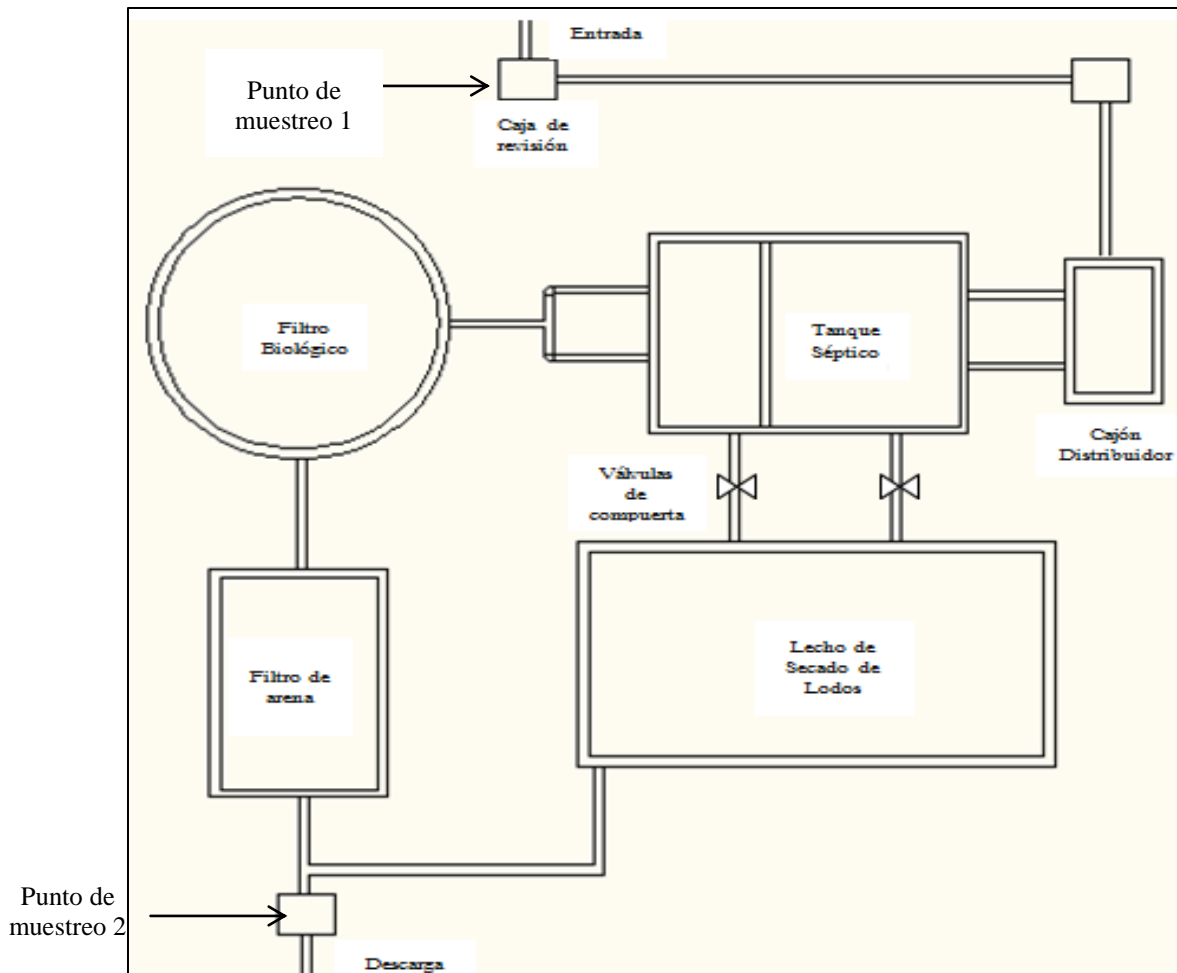
La operación comienza con la descarga del lodo proveniente del tanque séptico por dos líneas de PVC, una de ellas obstruida, a través de dos válvulas de 8 pulgadas y 20 cm de diámetro, el lecho de secado es de un diseño sencillo, de forma rectangular de 7,14 x 4,87 x 2, 8(m) en cuyo fondo no existe ningún material para la filtración del agua, pero el lecho tiene una ligera inclinación para ayudar a la concentración de los lodos mediante su deshidratación. Los lodos que llegan al lecho de secado solo provienen del desarenador. El lecho no tiene ninguna cubierta para proteger el lodo de la lluvia, y como se indicó tampoco cuenta con material filtrante. Según se indica en el municipio el lodo es retirado cada tres meses para usarlo como fertilizante, pero por las condiciones actuales de la planta, ni siquiera existe lodos en el lecho.

2.3.2 DATOS

2.3.2.1 Datos de mediciones In Situ

Las mediciones de caudal, conductividad, temperatura, salinidad y pH se realizaron in Situ, en tanto que los demás parámetros, se analizaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos-Facultad Ciencias- ESPOCH.

2.3.2.1 Esquema de puntos de muestreo



Las mediciones in situ y la toma de muestras para su análisis en el laboratorio, se realizan en la entrada del agua residual a la planta en la primera caja de revisión (punto 1); el segundo punto de muestreo corresponde a la caja de revisión ubicada en la descarga del agua hacia el río (punto 2); no se toma en cuenta ningún otro punto de muestreo puesto que el tanque séptico está colapsado y al igual que las otras cajas de revisión están colapsado, por otra parte el filtro biológico está fuera de servicio y su análisis no reflejaría datos útiles.

Tabla N° 17 Medición de Parámetros In Situ del Agua de Captación 23-11-2011

Hora	Conductividad(μS)	Solidos Disueltos (mg/l)	Temperatura (°C)	Caudal (l/s)	pH
6:30	1351	465	13,3	5,209	6,60
7:00	1436	518	13,4	4,789	6,43
7:30	1211	582	13,4	4,286	6,78
8:00	1161	583	13,5	5,039	7,02
8:30	1412	556	13,3	5,2	7,10
9:00	1333	491	13,7	4,434	7,12
9:30	1121	495	13,9	4,73	7,02
10:00	1377	485	15,5	5,103	6,80
10:30	1365	435	16,4	4,998	6,27
11:00	1204	517	16,6	5,552	6,43
11:30	1451	554	16,4	4,865	6,78
12:00	1504	586	14,1	5,312	6,83
12:30	1435	512	14,3	5,07	7,11
13:00	1279	489	14,5	5,9	7,18
13:30	1345	496	14,3	5,42	7,22
14:00	1491	551	13,9	5,95	7,27
14:30	1230	480	13,4	4,765	7,16
15:00	1305	550	13,5	5,49	6,92
15:30	1251	514	13,8	5,39	6,59
16:00	1268	510	13,5	4,75	6,41
16:30	1426	547	13,3	4,432	6,33
17:30	1073	489	13,2	4,234	6,21
18:30	1378	496	13,1	4,231	6,22

Fuente: Autor

2.3.2.2 Caracterización del agua captada y tratada

Las muestras fueron tomadas del primer cajón de revisión de la planta N°2 sector “Cacahuango”, el agua en proceso de tratamiento fue tomada a la salida del FAFA y el agua tratada fue tomada del vertedero que recoge el agua que sale del drenaje del lecho y del filtro lento. Se realizó análisis de temperatura, pH, y conductividad; los demás parámetros se analizaron en el laboratorio. Como se indicó previamente se analizaron muestras compuestas tomadas en las horas de caudales máximos en tres puntos de interés analítico.

TABLA N° 18 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL CAPTADA AL INGRESO DE LA PLANTA N°2 SECTOR “CACAHUANGO”, CANTÓN MOCHA

Determinaciones	Unidades	Método*	Resultados
pH		4500-B	6,43
Conductividad	µS/cm	2510-B	632
Turbidez	UNT	2130-B	50,8
Cloruros	mg/L	4500Cl-B	241,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	238,0
Nitrógeno de Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	34,0
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	17,0
Aceites y grasas	mg/L	5530-C	33,0
Solidos sedimentables	mg/L	2540-F	4500,0
Solidos Totales	mg/L	2540-B	5200,0

*Métodos Normalizados. APHA,AWWA,WPCF 17 ed.

Fuente: Autor

EXAMEN FISICO

Olor: Característica a residual, desagradable

Color: gris amarillenta

Aspecto: turbio, presencia de sólidos en suspensión

TABLA N° 19 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL CAPTADA AL INGRESO DE LA PLANTA

Determinaciones		Método	Valores de referencia	Resultado
Colonias fecales	coliformes	Método estándar 9222B Filtración por membrana. Milipore. 44,5°C±0,2°C/24h	Remoción al 99,9%	1x10 ⁷
UFC/100 ml				
Colonias fecales	coliformes	Método estándar 9222D Filtración por membrana. Milipore. 44,5°C±0,2°C/24h		
UFC/100 ml				

Fuente: Autor

TABLA N° 20 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL TOMADA DESPUÉS DEL FAFA DE LA PLANTA N°2 SECTOR “CACAHUANGO”, CANTÓN MOCHA

Determinaciones	Unidades	Método*	Resultados
pH	und	4500-B	7,18
Conductividad	µS/cm	2510-B	786,0
Turbidez	UNT	2130-B	81,2
Cloruros	mg/L	4500Cl-B	113,4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250,0
Nitrógeno de Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	20,0
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	31,6
Aceites y grasas	mg/L	5530-C	36,0
Solidos sedimentables	mg/L	2540-F	2800,0
Solidos Totales	mg/L	2540-B	4100,0

*Métodos Normalizados. APHA,AWWA,WPCF 17 ed.

Fuente: Autor

EXAMEN FISICO

Olor: Característica a residual, desagradable

Color: ligeramente verdosa

Aspecto: turbio, presencia de sólidos en suspensión

TABLA N° 21 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL TOMADA DESPUÉS DEL FAFA

Determinaciones	Método	Valores de referencia	Resultado	Remoción
Colonias coliformes fecales UFC/100 ml	Método estándar 9222B Filtración por membrana. Milipore. 44,5°C±0,2°C/24h	Remoción al 99,9%	9x10 ⁶	10%
Colonias coliformes fecales UFC/100 ml	Método estándar 9222D Filtración por membrana. Milipore. 44,5°C±0,2°C/24h			

Fuente: Autor

TABLA N° 22 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA TRATADA DE LA PLANTA N°2 SECTOR “CACAHUANGO”, CANTÓN MOCHA

Determinaciones	Unidades	Método*	Resultados
pH	Und	4500-B	6,60
Conductividad	µS/cm	2510-B	629,0
Turbidez	UNT	2130-B	50,4
Cloruros	mg/L	4500Cl-B	127,6

Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	198,0
Nitrógeno de Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	12,0
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	9,0
Aceites y grasas	mg/L	5530-C	54,0
Sólidos sedimentables	mg/L	2540-F	3600,0
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	4300,0

*Métodos Normalizados. APHA,AWWA,WPCF 17 ed.

Fuente: Autor

EXAMEN FISICO

Olor: Característica a residual, desagradable

Color: gris amarillenta

Aspecto: turbio, presencia de sólidos en suspensión

**TABLA N° 23 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA TRATADA DE LA PLANTA N°2
SECTOR “CACAHUANGO”, CANTÓN MOCHA**

Determinaciones	Método	Valores de referencia	Resultado	Remoción
Colonias coliformes fecales UFC/100 ml	Método estándar 9222B Filtración por membrana. Milipore. 44,5°C±0,2°C/24h	Remoción al 99,9%	6x10 ⁶	40%
Colonias coliformes fecales UFC/100 ml	Método estándar 9222D Filtración por membrana. Milipore. 44,5°C±0,2°C/24h			

Fuente: Autor

TABLA N° 24 CONDICIONES DE LA PLANTA

COMPONENTE	ESTADO - CONDICIÓN
Sistema de alcantarillado	Sanitario - no combinado
Funcionamiento	50%
Interior	Malos Olores, presencia de insectos, excesiva vegetación
Infraestructura	Deteriorada
Alrededores	Cultivos y animales de granja
Remoción de contaminantes	16,81%
Remoción de coliformes	40 %
Caudal máximo	0,7 L/s
Caudal mínimo	0,46 L/s
Mantenimiento	No existen registros
Rediseño - mejoras	No existen registros
Agua captada	Dentro de límites
Agua tratada	Fuera de límites
Captación	Caja de revisión sin tapas
Tanque séptico	Funcionamiento deficiente
Filtro biológico	Fuera de servicio
Filtro de arena	Fuera de servicio
Lecho de secado de lodos	Fuera de servicio
Sistema de drenado de lodos	Deteriorado

Fuente: Autor

TABLA N° 25 CONDICIONES DE REMOCIÓN

Determinaciones	Remoción teórica* (%)	Remoción real (%)	Resultados	Condición
Tanque séptico				
DBO	30 - 35	16,8	198,0 mg/L	Deficiente
Sólidos sedimentables	40 - 90	20	3600,0 mg/L	Deficiente
Sólidos Totales	40 - 70	17,3	4300,0 mg/L	Deficiente
Colonias coliformes fecales	99,9	40,0	6x10 ⁶ UFC/100 ml	Deficiente
FAFA	Unidad colapsada - Fuera de servicio			
Filtro de arena	Unidad colapsada - Fuera de servicio			

*Feachem et-al., 1983; Mara et al., 1992; Yáñez, 1992; norma técnica os.090.

Fuente: Autor

Tabla N° 26 LIMITES NORMATIVOS

Determinaciones	Limites*	Resultados	Condición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	100 mg/L	198,0 mg/L	No cumple
Aceites y grasas	0,3 mg/L	54,0 mg/L	No cumple
Sólidos sedimentables	1000 mg/L	3600,0 mg/L	No cumple
Sólidos Totales	1600 mg/L	4300,0 mg/L	No cumple
Colonias coliformes fecales	Remoción 99,9%	6x10 ⁶ UFC/100 ml	No cumple

*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

CAPITULO III

Cálculos y

Resultados

CAPITULO III

3.1 CALCULOS

3.1.1 OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El proceso de Optimización del Sistema de Tratamiento de Agua Residual de la Planta N° 2 sector “Cacahuango” del cantón Mocha, de acuerdo al diagnóstico actual del estado de la planta a través de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua captada y tratada, así como de la revisión del estado de la infraestructura y procesos de la planta; la optimización implicará el desarrollo de dos procesos de mejora encaminadas a lograr el funcionamiento óptimo del Sistema de Tratamiento, la primera alternativa corresponde a la ejecución de un programa de mantenimiento emergente de la planta en su conjunto, relacionado con cambio de materiales filtrantes, drenado y disposición de aguas y lodos de las unidades colapsadas. En la segunda opción de mejora, se considera el dimensionamiento de un segundo tanque séptico, esto en función de la proyección del incremento del caudal de agua residual a tratar en relación a la tasa de crecimiento poblacional, la ejecución de los procesos de mejora deben llevarse a cabo junto con el conocimiento de la complejidad de cada unidad involucrada en el sistema para lograr acciones efectivas con el objetivo de lograr su rehabilitación y normal funcionamiento.

3.1.1.1 ALTERNATIVA 1: MANTENIMIENTO EMERGENTE DE LA PLANTA N°2 SECTOR “CACAHUANGO”, CANTÓN MOCHA

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Como se describió anteriormente, el Sistema de Tratamiento de Agua Residual de la planta N°2, sector “Cacahuango”, debido a la falta de un adecuado mantenimiento y control de la misma, ha provocado que se encuentre colapsada en su conjunto, y que ninguna de sus unidades operen con normalidad o cumplan con los fines para los que fueron diseñadas.

Actual remoción de contaminantes

En función de los datos establecidos en el TULAS libro VI tabla 12 donde se describen los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, 100 mg/l en DBO, a continuación se detallan los valores

que respaldan el mantenimiento y rehabilitación de las unidades para mantener la descarga del agua tratada de la planta N°2 sector “Cacahuango” hacia el río Mocha dentro de los límites permisibles especificados en el libro mencionado.

- **Fosa séptica:** se toma en cuenta la remoción teórica generalmente especificada para esta unidad, del 35% en DBO.

Remoción actual (Ra)

$$R_a = DBO_i - DBO_f$$

$$R_a = 238 - 198$$

$$R_a = 40 \text{ mg/l}$$

$$\% R_a = \frac{40 * 100}{238}$$

$$\% R_a = 16,81$$

Remoción teórica 35 % (Rt)

$$R_t = \frac{238 * 35}{100}$$

$$R_t = 83,3 \text{ mg/l}$$

$$DBO = 238 - 83,3 \text{ (mg/l)} \quad DBO = \mathbf{154,7 \text{ mg/l}}$$

- **FAFA:** se toma en cuenta la remoción teórica especificada para esta unidad en 35% en la DBO

Remoción teórica 35 % (Rt)

$$R_t = \frac{154,7 * 35}{100}$$

$$R_t = 54,14 \text{ mg/l}$$

$$\text{DBO} = 154,7 - 54,14 \text{ (mg/l)}$$

$$\text{DBO final} = \mathbf{100,56 \text{ mg/l}}$$

3.1.1.2 Mantenimiento emergente

Los objetivos del mantenimiento emergente de la planta en su conjunto son: la identificación de los procesos básicos de operación y mantenimiento de cada uno de los componentes y la determinación de los requisitos de seguridad e higiene que debe reunir la planta de tratamiento contribuyendo así a mejorar la calidad del río Mocha, la protección del personal encargado y la protección de la población aledaña.

Antes de iniciar la operación de mantenimiento, el caudal que ingresa a la planta deberá ser desviado con el fin de poder efectivizar un correcto mantenimiento de la misma. El desvío tendrá que ser controlado en toda su descarga hasta su receptor inicial, el río Mocha.

El mantenimiento de todas las unidades iniciará con la inspección y luego con la limpieza de la unidad. La inspección tiene por objeto determinar si las condiciones determinadas en el diagnóstico inicial de la planta aún están presentes al momento del mantenimiento, para de esta forma actuar rápidamente de la forma programada.

Por facilidad en el presente trabajo, las labores de mantenimiento están enfocadas según el tipo de tratamiento y componentes de la planta.

3.1.1.2.1 Mantenimiento Emergente del Tanque Séptico

Para iniciar la limpieza de la fosa séptica en primer lugar es necesario por seguridad abrir las tapas de registro y dejar ventilando al menos 30 minutos para la evacuación de los gases producidos en el interior de la unidad. Nunca deben encenderse fósforos ni cigarrillos.

a. Extracción de natas o espuma.

- Retirar las natas o espumas que estén flotando con un cernidor de malla fina de plástico y colocarlas en un recipiente adecuado hasta su disposición.

- La nata se debe enterrar en una zanja por lo menos a una profundidad de 60 centímetros y cubrirla posteriormente con tierra. Hay que cuidar que a dicha profundidad no se encuentre el nivel freático.
- La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes, botas y mascarilla. Una vez concluida esta tarea, deben lavarse y desinfectarse todos los materiales empleados y el operador debe realizar un buen aseo personal.

b. Extracción de Agua y Lodos.

- Comúnmente la extracción de lodo se realiza por medio de un balde provisto con un mango largo, esta procedimiento funciona en un mantenimiento de rutina, en este caso el proceso se lo debe llevar a cabo mediante una bomba manual de succión de lodos (de diafragma) o una bomba de succión. Para llevar a cabo esta tarea, se recomienda escoger un día sin lluvia.
- Generalmente no se debe extraer todos los lodos, se suele dejar una pequeña cantidad (20%) que servirá para que el proceso en la planta no sea interrumpido y se debe dejar de extraerse lodo cuando se vea que está muy diluido o el nivel del agua en la cámara ha bajado a la mitad, en estos aspectos no se consideran por la situación emergente y se procura la limpieza total. Asimismo, la cámara séptica se debe lavar y si es posible desinfectar después de haber extraído el lodo.
- En base a la inspección inicial de la cámara séptica, el material que puede ser bombeado es de aproximadamente $61,88 \text{ m}^3$ entre líquido y lodo suave; el resto de lodo acumulado que llega a 0,2m de altura ($8,25 \text{ m}^3$) deberá ser retirado manualmente.
- Debido a las malas condiciones de la planta es importante que después de la evacuación total se verifique si persiste el agua residual en el interior del tanque, en el caso de que si haya agua, se puede deber a fisuras en la estructura de hormigón que reciben el agua proveniente de los rebosamientos de las unidades preliminares y se debe también considerar la existencia de escurrimientos de otras fuentes como por ejemplo de agua lluvia. En tal caso las fisuras deben ser reparadas y las cámaras de revisión aseguradas con sus tapas de manera hermética.
- Los lodos deben ser dispuestos en el lecho de secado o ser enterrados. En caso de ser enterrados, debe hacerse en zanjas, tipo trinchera, con una profundidad de 60

cm. y 40 cm. de ancho. Posteriormente debe taparse la zanja con tierra. Debe evitarse el acceso de gente y animales a los sitios de enterramiento de los lodos y natas. Asimismo, debe asegurarse que el nivel freático diste al menos 2 metros de la profundidad de enterramiento de los lodos.

- Las tuberías deben ser revisadas en busca de fisuras o taponamiento y deberán ser reemplazadas en caso necesario.
- La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes, botas y mascarilla. Una vez concluida esta tarea, debe lavarse y desinfectarse todas las herramientas empleadas y el operador debe realizar un buen aseo personal.
- En el caso de la evacuación manual de los lodos el protocolo de seguridad deberá ser más riguroso; además de los implementos básicos, deberán utilizar overol impermeable, casco, gafas, y máscara para gases.
- Una vez concluidas estas tareas, debe dejarse la fosa séptica, con todos sus componentes limpios para evitar que se genere un foco de infección y malos olores. Las tapas de inspección deben encontrarse aseguradas.
- Las cámaras de inspección dañadas deben ser reparadas de inmediato, usando una buena dosificación de cemento. Se recomienda contar con tapas de cámaras de repuesto para reemplazar las dañadas por vehículos u otras causas.
- Las tapas de revisión no deben permitir filtraciones de aguas superficiales que arrastren sólidos.

3.1.1.2.2 Mantenimiento del Filtro Biológico

a. Extracción de natas y agua

- La formación de natas comúnmente no son problemas propios de los Filtros Biológicos, sin embargo en este caso la formación de natas se debe a la obstrucción de la unidad hacia el filtro lento causando el estancamiento de las aguas, presencia de olores y problemas de eutrofización.
- En esta unidad de tratamiento secundario la acumulación de natas no excede lo admisible, y dado que la estructura no presenta cubierta alguna, se puede proceder a retirar las natas que estén flotando con un cernidor de malla milimétrica fina de plástico.

- Como en el caso anterior la nata se debe enterrar en una zanja por lo menos a una profundidad de 60 centímetros y cubrirla posteriormente con tierra. Cuidando que a dicha profundidad no se encuentre el nivel freático.
- La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes, botas y mascarilla. Una vez concluida esta tarea, deben lavarse y desinfectarse todos los materiales empleados y el operador debe realizar un buen aseo personal.
- Es importante tomar las precauciones de que el agua pueda ser bombeada hacia el mismo curso de desvío del caudal entrante a la planta.
- La evacuación del agua del FAFA, se puede llevar a cabo con la misma bomba manual de lodos, o con cualquier bomba de succión disponible con un filtro por las partículas presentes debido al estancamiento del agua. El volumen aproximado de agua que se deberá retirar es de 23,56 m³

b. Cambio de material filtrante

- El mantenimiento de limpieza no puede implicar la inyección de agua al FAFA o una simple limpieza del medio de soporte, esto debido a las condiciones de la planta y dado que el funcionamiento apropiado del filtro biológico depende en gran medida la calidad del relleno, la acción a realizar posterior a la evacuación de natas y agua, será la evacuación de la toda la grava asilada en el filtro, para acelerar el proceso, se puede considerar la opción de realizar la evacuación de la grava con maquinaria pesada como una retroexcavadora aprovechando el espacio próximo a la unidad, de lo contrario, el proceso se realiza manualmente.
- Para lograr el funcionamiento apropiado de los filtros biológicos es importante tener en cuenta que dicho proceso depende en gran medida de que el fondo falso, a través del cual asciende el agua residual hasta el lecho de grava, esté en condiciones de poder funcionar, es decir libre de material y en condiciones de soportar el nuevo medio de soporte.
- En la colocación del nuevo material de soporte, se debe tomar en cuenta esencialmente su costo y disponibilidad, es así que el material de relleno más utilizado es la grava o piedra cuarzítica y no pizarrosa o de un material que se disgregue fácilmente; asimismo debe encontrarse limpio de material fino como arcilla o limo. Sin embargo, estudios han demostrado que el empleo de materiales plásticos tubulares permite el tratamiento de

aguas residuales con una mayor carga orgánica y con una más alta concentración de sólidos, ya que son materiales de una mayor porosidad y permiten una mejor distribución de flujo. De todas maneras el nuevo relleno por cuestiones económicas y de disponibilidad debe ser de grava, colocada desde el mayor diámetro de 5cm en la superficie del falso fondo hasta el material de menor diámetro de aproximadamente 2 cm de radio, con la finalidad de disminuir el riesgo de taponamientos y mejorar la relación entre el tiempo de retención hidráulica (TRH) y de retención celular (TRC). La colocación del medio de soporte llega hasta una altura de aproximada de 0,65 m de la altura total del filtro.

- La disposición final de los materiales evacuados requiere que la piedra sea lavada para evitar que se convierta en un foco de infección y posteriormente podría ser dispuesta como residuo de construcción, material para relleno, o ser reutilizada como medio filtrante.
- Los operadores deben contar como mínimo con el siguiente equipo de protección: un par de botas, guantes, máscara, un casco.

3.1.1.2.3 Mantenimiento del Lecho de Secado de Lodos

Como se describió antes, por el funcionamiento deficiente del tanque séptico, no se observa acumulación de lodo en el lecho, y debido a los rebosamientos de unidades preliminares a esta y por la falta de una cubierta, se verifica que ingresa agua de tales fuentes, entorpeciendo aún más el funcionamiento del lecho de secado.

a. Extracción De Lodos

- El mantenimiento debe iniciarse con la limpieza total del lecho, y puesto que el diseño de tal unidad no posee un sistema de drenaje de lodos, la primera acción será revisar que el material al interior de la unidad tenga la consistencia adecuada para su evacuación manual; ventajosamente, el diseño del lecho está provisto de una rampa por donde fácilmente el material podrá ser recogido con palas y evacuados en carretillas.
- En caso de ser necesario y deba emplearse una bomba de succión de lodos, debe extraerse los lodos totalmente puesto que no existe proceso alguno en la unidad que pueda ser interrumpido y no debe dejarse cantidad alguna de material.

- Los lodos deben ser dispuestos en otro lecho de secado o ser enterrados. En caso de ser enterrados, debe hacerse en zanjas, tipo trinchera, con una profundidad de 60 cm y 40 cm de ancho. Posteriormente debe taparse la zanja con tierra. Debe evitarse el acceso de gente y animales a los sitios de enterramiento de los lados y nata, de igual manera debe asegurarse que el nivel freático diste al menos 2 metros de la profundidad de enterramiento de los lodos.
- Una vez retirados los lodos se debe realizar la limpieza del lecho, sin embargo se debe considerar que este proceso no es un mantenimiento rutinario y de igual manera que la cámara séptica, la limpieza del lecho de secado, debe incluir el lavado y desinfección del interior de la unidad.
- Si en el proceso de extracción de los lodos, estos aún están frescos, se debe considerar que todavía contienen microorganismos que causan enfermedades, por ello esta tarea es peligrosa para los operadores, por el riesgo para su salud. Su manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes y botas. Una vez concluida esta tarea, debe lavarse y desinfectarse todos los materiales empleados.
- La línea que se encuentra obstruida en la salida de los lodos de la cámara séptica hacia el lecho, debe ser despejada, usando una pértiga de 4 m desde el lado de la cámara o del lecho. Las válvulas, deben abrirse y limpiarse cuidando de revisar que los accesorios estén en buen estado.

b. Colocación de Cubierta

- El proceso de secado de los lodos en esta planta no implica la utilización de material filtrante en el lecho como arena o grava, como se describió antes, el agua en un porcentaje no muy alto se elimina por deshidratación con ayuda de una inclinación de la superficie del lecho, en época de verano el proceso no presenta mayores problemas, pero en las épocas lluviosas, el lecho soporta el ingreso de agua lluvia entorpeciendo el secado y drenado del fango.
- Para que la cubierta pueda proteger los lodos de la lluvia y facilitar su secado, debe estar colocada a 4 metros de altura desde la base del lecho, construida de láminas metálicas, o

láminas de fibrocemento, junto con láminas de polipropileno que permitan el paso de la luz solar completando la dimensión total de la cubierta de 7,5 x 5 (m).

c. Mejora de lecho de secado

- Aunque el lecho no cuenta desde su funcionamiento con un material de filtro, si se quiere mejorar esta unidad, se puede colocar en base a las dimensiones del lecho, un medio filtrante con espesor de 0,3m compuesta de: una capa de arena de 0,5 -1,5 mm de tamaño efectivo y debajo de esta, una capa de grava con espesor de 0,2 m, graduada entre 1,5 - 50 mm; al colocar el medio filtrante la tubería de drenado de PVC tendría que cambiarse por una de hierro fundido.

3.1.1.2.4 Mantenimiento del Filtro rápido

a. Cambio de material filtrante

- El funcionamiento apropiado del filtro por gravedad depende en gran medida de la calidad del relleno, de manera que la primera acción a realizar será la evacuación de todo el material filtrante del filtro, para acelerar el proceso, se puede considerar la opción de realizar la evacuación del material con una retroexcavadora aprovechando el espacio próximo a la unidad, de lo contrario, el proceso se realiza manualmente.
- Es importante tener en cuenta que el sistema de tuberías del fondo que capta el agua que baja por el lecho, se encuentre en un estado admisible, es decir libre de material que lo pueda obstruir y en condiciones de soportar el nuevo material de relleno.
- El sistema de tuberías deben ser cambiadas si se lo requiere, deben ser de hierro fundido para soportar el nuevo relleno y facilitar en lo posterior su limpieza.
- La altura del filtro que se debe completar con el material de relleno es 1,7 m, donde el nuevo medio filtrante más utilizado por cuestiones económicas y de disponibilidad será grava y arena: En la parte superior se coloca la arena más fina de tamaño efectivo de 0,2-0,3 mm, dispuesta así con la intención de que los sólidos se retengan en esta parte superior del lecho. Después de la primera capa de arena le sigue otra capa de arena más gruesa (0,8 mm), posteriormente una capa de grava fina y por último una capa de grava gruesa (10-45mm).

- La disposición final de los materiales evacuados requiere que la piedra sea lavada para evitar que se convierta en un foco de infección y posteriormente podría ser dispuesta como residuo de construcción, material para relleno, o ser reutilizada como medio filtrante.
- La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes, botas y mascarilla. Una vez concluida esta tarea, debe lavarse y desinfectarse todos las herramientas empleadas y el operador debe realizar un buen aseo personal.

3.1.1.2.5 Mantenimiento de cámaras y líneas de conducción

- La primera caja de inspección debe ser provista de una tapa adecuada para evitar filtraciones. Las cámaras de inspección dañadas deben ser reparadas de inmediato, usando una buena dosificación de cemento. Se recomienda contar con tapas de cámaras de repuesto para reemplazar las dañadas. Las tapas no deben permitir filtraciones de aguas superficiales que arrastren sólidos.
- La limpieza de la cámara de distribución por no implicar cambio o succión de algún material es más sencilla y requiere menor tiempo, dicha cámara tiene que ser lavada y desinfectada. Posteriormente y usando una buena dosificación de cemento la cámara debe ser reparada, así como sus tapas tendrán que reemplazarse para evitar filtraciones.
- Aunque las tuberías de PVC no necesitan de gran mantenimiento por sus diversas ventajas, debe verificarse si el flujo es normal y eliminar cualquier obstrucción. Cambiar las tuberías de PVC de salida que se distribuyen sobre el filtro rápido, pues su resistencia al impacto es muy bajo por mantenerse a la intemperie por varios años.
- Contar con una pértiga o bastón de unos 4 metros para limpiar líneas obstruidas. De ser necesario reemplazar los accesorios dañados: uniones, codos, reducciones, etc.
- Abrir las válvulas del lecho de secado y confirmar si es necesario su reemplazo, si sus partes móviles están demasiado oxidadas o existen excesivas incrustaciones en su interior.
- Se recomienda no sellar las roturas que se puedan encontrar, en lo posible se debe sustituir el tramo o el accesorio dañado, sin embargo si se trata de pequeñas fisuras se puede optar por selladores a base de fibra de vidrio y resinas disponibles en el mercado.

3.1.1.3.Requerimiento presupuestario

Los costos de ejecución del mantenimiento emergente, se establecen en partes:

Tabla N° 27Costo de Equipos

Descripción	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo total
Pala	2	9,09	18,18
Cepillo metálico grande (6")	2	14,30	28,60
Azadón	2	7,67	15,34
Barra	2	5,00	10,00
Escoba grande	2	4,00	8,00
Balde (mango largo)	2	6,80	13,6
Cernidor de aluminio (1" liso)	2	42,00	84,00
Bomba(diafragma)	1	-	-
Carretilla	2	47,04	94,08
Tubería (PVC 8")	20	14/m	279,87
Construcción cubierta de lecho	48m ²	5/m ²	240,00
Grava cribada (\$6/m ³)	23,56 m ³	\$6/m ³	141,36
Arena (tamaño efectivo 0,5 mm \$7/m ³)	52,16 m ³	\$7/m ³	364,70
Total			1297,73

Fuente: Autor

Tabla N° 28Costo de Personal

Descripción	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo total
trabajadores	2	260	520
volqueta	1	-	-
retroexcavadora	1	-	-
Total			520

Fuente: Autor

En este punto vale aclarar que no se especifica los costos de los operarios de las maquinas, ya que estas son propias del gobierno municipal, al igual que la responsabilidad del manejo de la planta

Tabla N° 29 Costo de Materiales Indirectos

Descripción	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo total
overol	2	20	40,00
gafas	2	2	4,00
Mascarilla filtro C	2	4,50	9,00
Guantes de caucho	12	1	12,00
Botas de caucho	2	10	20,00
casco	2	4	8,00
Total			93

Fuente: Autor

En cuanto al equipo de seguridad de los trabajadores, se debe considerar que dichos materiales no tendrán la misma vida útil, pero siempre se deberá contar con ellos debido a la alta concentración de microorganismos presentes en la planta, y por supuesto para prevenir lesiones al trabajador.

3.1.1.4. Remoción esperada de contaminantes

Tabla N° 30 Remoción con Alternativa 1

Parámetro	Sistema Actual	Sistema rehabilitado	Resultado
DBO	238 mg/L	100,56 mg/L	cumple
Solidos sedimentables (SS)	4500 mg/L	540 mg/L	cumple
Solidos totales (ST)	5200 mg/L	624 mg/L	cumple

Fuente: Autor

3.1.1.5. ALTERNATIVA 2: AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

DESCRIPCION TECNICA

Cuando se quiere optar por un sistema de tratamiento de aguas residuales, se debe tener en cuenta las exigencias de calidad del agua a tratar para su disposición en un cuerpo receptor, en este caso el río Mocha, tales exigencias se deben identificar de manera coherente con la realidad actual y proyectada del cantón.

Como se demostró anteriormente, la planta después de la optimización podría mantenerse con un efluente dentro de los límites permisibles, sin embargo la realidad nos lleva a considerar futuras y nuevas necesidades que implican la planificación responsable para obtener el mayor beneficio social, ambiental y económico.

El diseño del nuevo tanque séptico, está en función a una proyección de las necesidades futuras de la población en un periodo de 10 años, con una tasa de crecimiento de 1,5 % en la localidad objeto de estudio, cantón Mocha según el último censo de población y vivienda 2010.

3.1.1.5.1 Diseño de Tanque Séptico

- Proyección de habitantes

$$P_a = 1009 \text{ hab.}$$

$$T = 1,5 \%$$

$$P_d = 10 \text{ años}$$

$$f_r = 0,8$$

$$q = 60 \text{ L/ hab. día}$$

$$P_f = P_a + \left[P_d * P_a \left(\frac{t}{100} \right) \right]$$

$$P_f = 1009 + \left[10 * 1009 \left(\frac{1,5}{100} \right) \right] = \mathbf{1160 \text{ hab.}}$$

- Caudal

$$Q = 0.8 * P_f (q/1000)$$

$$Q = 0.8 * 1160 (60/1000)$$

$$Q = 55,68 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Tiempo de retención

$$Tr = 1,5 - 0,3 * \log (P_f * q)$$

$$Tr = 1,5 - 0,3 * \log (1160 * 60)$$

$$Tr = 0,9762 = 1 \text{ Dia}$$

- Volumen de sedimentación (Vs)

$$V_s = Q * Tr$$

$$V_s = 55,68 * 1$$

$$V_s = 55,68 \text{ m}^3$$

- Volumen acumulación de lodos

La acumulación de lodos por habitante en un año en clima frío es aproximadamente 45 L, así como el periodo de limpieza se considera un año por tanto se tiene:

$$G = 45 \text{ L/hab. año}$$

$$P_f = 1160 \text{ hab.}$$

$$N = 1$$

$$V_L = \frac{G \cdot P_f \cdot N}{1000}$$

$$V_L = \frac{45 \cdot 1160 \cdot 1}{1000}$$

$$V_L = 52,2 \text{ m}^3 \text{ lodo /año}$$

El volumen de acumulación de lodo del tanque en funcionamiento es $42,08 \text{ m}^3$; por tanto:

$$V_2 = 52,2 - 42,08$$

$$V_2 = 10,12 \text{ m}^3 \text{ lodo /año}$$

- Volumen total

$$V_t = V_s + V_L$$

$$V_t = 55,68 + 46,4$$

$$V_t = 107,71 \text{ m}^3$$

El volumen total del tanque en funcionamiento es $70,13 \text{ m}^3$; por tanto:

$$V_t = 107,71 \text{ m}^3 - 70,13 \text{ m}^3$$

$$V_t = 31,96 \text{ m}^3$$

- Área del tanque

$$V_t = L \cdot b \cdot h$$

$$31,96 = L \cdot b \cdot 1,7$$

$$A = L * b$$

$$A = \frac{31,96}{1,7} = 18,79 \text{ m}^2$$

Se asume la dimensión del ancho de tal manera que figure como un rectángulo.

$$A = L * b$$

$$18,79 \text{ m}^2 = L * b$$

Se asume $b = 3 \text{ m}$

$$L = 6,27 \text{ m}$$

- La longitud de los 3 compartimentos, 60/40

$$L_1 = 0,6L = 3,76 \text{ m}$$

$$L_2 = 0,4L = 2,51 \text{ m}$$

- Calculo de la altura útil

$$V = L * b * h_L$$

$$h_L = \frac{V_2}{L * b}$$

$$h_L = \frac{V_2}{L * b}$$

$$h_L = \frac{10,12}{(6,30 * 0,6) * 3} = 0,90 \text{ m}$$

Para la determinación de la altura total, se toma en cuenta la distancia de resguardo

$$h_T = h_{\text{útil}} + h_{\text{seguridad}}$$

$$h_T = (1,7 + 0,3) = 2 \text{ m}$$

3.1.1.5.2 Remoción de contaminantes

Tabla N° 31 Remoción con alternativa 2

Parámetro	Sistema rehabilitado	Eficiencia total remoción-DBO	Sistema ampliado	Resultado
DBO	100,56 mg/L	70.42%	70,39 mg/L	cumple
Solidos sedimentables (SS)	540 mg/L	94%	270 mg/L	cumple
Solidos totales (ST)	624 mg/L	92.8%	374,4 mg/L	cumple

Fuente: Autor

Los parámetros que se toman en cuenta son aquellos que no cumplieron con la normativa en la caracterización inicial de agua, los cuales sirvieron de base en la determinación de la eficiencia de la planta

3.1.1.5.3 Mantenimiento Preventivo de la Planta

La elaboración de un programa de mantenimiento preventivo, es muy importante, para evitar un posible nuevo colapso de la planta con consecuencias ya conocidas, además significaría la pérdida de todo el estudio y trabajo realizado para lograr su rehabilitación.

Para lograr la correcta operación y funcionamiento de la planta de tratamiento, es necesario un trabajo permanente y responsable en las instalaciones y equipos, para tener un servicio constante, evitar la contaminación del ambiente y, sobre todo, asegurar la salud de los pobladores.

Los procedimientos descritos en el mantenimiento emergente, pueden ser tomados en cuenta para realizar el mantenimiento periódico de manera principal en los puntos que no se detallan en el preventivo.

1. Mantenimiento Preventivo del Tanque séptico

Para que las bacterias realicen una adecuada biodegradación de la materia se puede revisar que el pH del afluente sea óptimo (6,5 – 7,5). Si el pH es muy ácido (< 6), se puede neutralizar agregando cal o bicarbonato, la cantidad del neutralizante se puede estimar neutralizando una pequeña muestra de agua y cuantificando la cal usada, luego con una simple relación entre el volumen de agua residual y la cal usada, se tiene la cantidad de cal total. Si el pH es muy básico (< 8), se puede neutralizar agregando ácido clorhídrico, la cantidad adecuada se estima de manera similar al proceso antes descrito.

a. Inspección

- El tanque debe inspeccionarse por lo menos cada mes después del primer año, el objetivo es determinar el espesor de la capa nata y de lodo acumulado, se recomienda realizar tal determinación por la tapa del primer compartimento.
- Para medir la profundidad de los lodos, se utiliza una vara de 2,5 m de largo, a la cual se envuelve 1m de guaípe o una tela blanca, después de varios minutos, la vara se retira con cuidado y se puede distinguir la línea de lodos por las partículas que quedan adheridas a los tejidos, mostrando la profundidad de los lodos y la profundidad de líquido del tanque.

b. Limpieza

- La limpieza del tanque se realizara cuando la profundidad de los lodos llegue al 50% de la altura (1 m).
- Las natas y los lodos del tanque, poseen características nocivas para la salud, por tanto es necesario estabilizarlos con cal antes de manipularlos. Las natas se deben extraer con un recipiente agujereado que permita el escurrimiento o cernido y provisto de un mango largo, la evacuación de los lodos se realiza por medio de un balde con un mango largo, o mediante una bomba de succión de lodos, se recomienda realizar esto en verano o cuando la entrada de aguas residuales sea mínima.
- No se debe extraer todos los lodos, sino dejar una pequeña cantidad que servirá para que el proceso en la planta no sea interrumpido, alrededor de 20 % ; en general debe dejar de extraerse lodo cuando se vea que está muy diluido o el nivel del agua en la

cámara ha bajado a la mitad, el tanque no se debe lavar ni desinfectar después de haber extraído el lodo.

- Se debe excavar zanjas de 60 cm de ancho por 50 cm de profundidad para la disposición final y enterramiento de lodos y natas después de sufrir la mayor pérdida de agua posible.
- Las cámaras de inspección dañadas deben ser reparadas y es importante contar con tapas de cámaras de repuesto para reemplazar las dañadas.

2. Mantenimiento Preventivo del filtro Biológico

- El mayor control que se debe realizar en el FAFA, es evitar la colmatación del material filtrante por la acumulación de lodos, tal situación se puede controlar inspeccionando por lo menos una vez al mes, posibles rebosamientos del segundo compartimento del tanque séptico, si hay rebosamiento, se puede lavar el material de relleno para reducir la excesiva acumulación de biopelícula que entorpece el flujo y procurar colocarlas del mismo modo o si es necesario se realiza un lavado a contracorriente mediante una bomba.
- Las obstrucciones a la entrada y salida del FAFA deben ser inspeccionadas y la tubería de salida al filtro debe limpiarse quincenalmente, para evitar que se convierta en un foco de infección.
- Si se realiza un control adecuado de pH y de nutrientes en el tanque séptico, no es necesario tener mayor cuidado en el FAFA, pues se puede considerar que la actividad bacteriana en el filtro funciona bajo los mismos requerimientos.

3. Mantenimiento Preventivo del lecho de secado

- Los lechos de secado se llenan con lodos especialmente en verano o durante la temporada seca del año, pero la acción de los microorganismos se tarda varios meses, así que la evacuación de los lodos no se hará en menos de un año.
- Los lodos pueden ser retirados del lecho de secado con una pala una vez que su consistencia lo permita.
- El mantenimiento preventivo consistirá en reemplazar la arena perdida durante la remoción del lodo seco, por arena nueva de igual calidad a la señalada en el mantenimiento emergente.

- Es importante prevenir el crecimiento de vegetales de todo tipo en el interior y alrededor del lecho.
- En el caso que el lecho muestre una tendencia a colmarse, toda la capa de arena debe reemplazarse por una capa de arena de mayor granulometría
- La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes, botas y mascarilla.

4. Mantenimiento Preventivo del Filtro rápido

- El principal objetivo de la revisión de esta unidad es evitar la colmatación del medio filtrante por la acumulación de partículas en la arena y grava, la inspección se puede realizar cada mes, revisando si han rebosamientos, en el caso de haberlos, es preciso realizar la limpieza del relleno, para lo cual se puede seguir el siguiente procedimiento:
- Cerrar entrada de agua al filtro y esperar a que drene la unidad. Retirar las capas de arena y grava secuencialmente, procurando que éstas no se mezclen entre sí, evitando la pérdida de material. Y midiendo el espesor de las capas que se retiran.
- Lavar los tipos arena y grava en forma separada. Y posteriormente tamizar las fracciones de arena o grava que estén mezcladas.
- Lavar las tuberías, el fondo y paredes del filtro.
- Instalar capas del material filtrante en el mismo orden y con igual espesor al que tenían antes de ser retiradas para el lavado.

3.1.1.5.4 Requerimiento presupuestario

Tabla N° 32 Costo de construcción – Tanque Séptico

Descripción	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo total
Mano de obra	2	260	520
Materiales	-	-	650
Maquinaria	2	-	-
Total			1107

No se especifica los costos de los operarios de las maquinas, ya que estas son propias del gobierno municipal, al igual que la responsabilidad del manejo de la planta.

3.1 RESULTADOS

ALTERNATIVA 2: Ampliación del Sistema de Tratamiento

3.2.1 TANQUE SÉPTICO

Tabla N° 33 Dimensiones para Diseño de Tanque Séptico

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Población futura	P_f	hab	1160
Caudal	Q	$m^3/día$	55,68
Periodo de retención	P_r	días	1
Volumen de sedimentación	V_s	m^3	55,68
Volumen de almacenamiento de lodos	V_L	$m^3/año$	10,12
Volumen total	V_t	m^3	31,96
Área	A	m^2	18,79
Ancho	b	m	3
Largo	L	m	6,27
Altura de interconexión	h_L	m	0,9
Longitud compartimentos	L_1, L_2	m	3,8 – 2,5
Profundidad total	H	m	2

Tabla N° 34 Detalles del Interior del Tanque Séptico

Parámetro	Unidad	Valor
Diámetro mínimo de las tuberías de entrada y salida del tanque	mm	200
Desnivel de la tubería de salida, por debajo del nivel de la tubería de ingreso al tanque.	m	0,05
Distancia entre accesorios de entrada y salida del tanque, y las paredes del tanque entre.	m	0,2
Distancia entre la parte superior de los accesorios de entrada y salida del tanque y la losa del techo.	m	0,05
Altura de la interconexión 1 desde la base del tanque (altura útil)	m	0,9
Distancia entre la interconexión 2 y la losa del techo del tanque séptico	m	0,4 – 0,6
Altura de la tubería para el drenaje de los lodos, desde la base del tanque séptico	m	0,1 - 0,15
Diámetro de la tubería para el drenaje de los lodos	mm	200
Dimensión de las tapas de las cámaras de revisión	m ²	> 0,6 x 0,6
Diámetro de los respiradores que se colocaran al medio de cada cámara	mm	>150
Longitud compartimentos	m	3,15

3.2.2 VOLUMEN DE LAS TOMAS EN EL PROCESO DE MUESTREO

Tabla N° 35 Volúmenes de las Muestras Compuestas

Horario de toma	Volumen de toma(ml)
12:00	247,5
12:15	233,5
12:30	236
12:45	256
13:00	275
13:15	265,5
13:30	252,5
13:45	264,5
14:00	277
Volumen final	2 200

3.2.3 DETERMINACIÓN IN SITU DE LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL AGUA CRUDA

Tabla N° 36 Variación de conductividad de agua cruda

Conductividad (μS)	Tiempo (horas)
1238	7
1504	8
1435	11
1116	12
1143	14
1077	15

Grafico N° 1 variación de conductividad de agua cruda

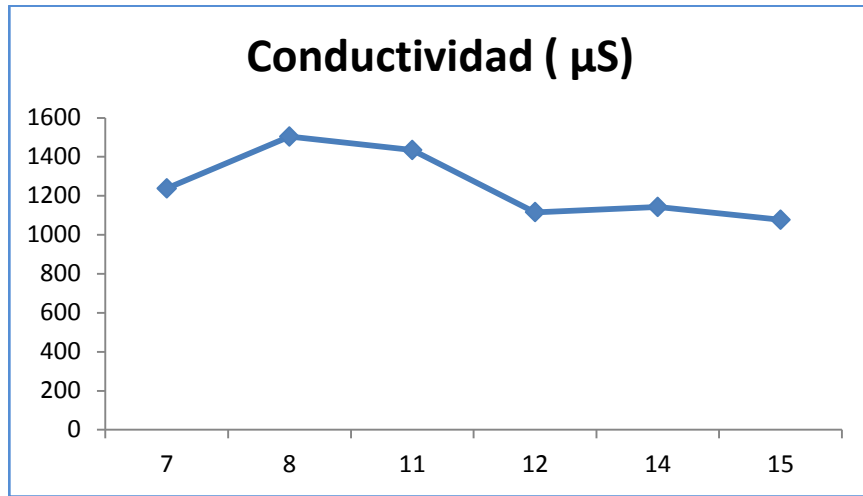


Tabla N° 37 variaciones de salinidad de agua cruda

Salinidad (ppm S)	Tiempo (horas)
620	7
736	8
706	11
558	12
578	14
540	15

Grafico N° 2 variación de salinidad de agua cruda

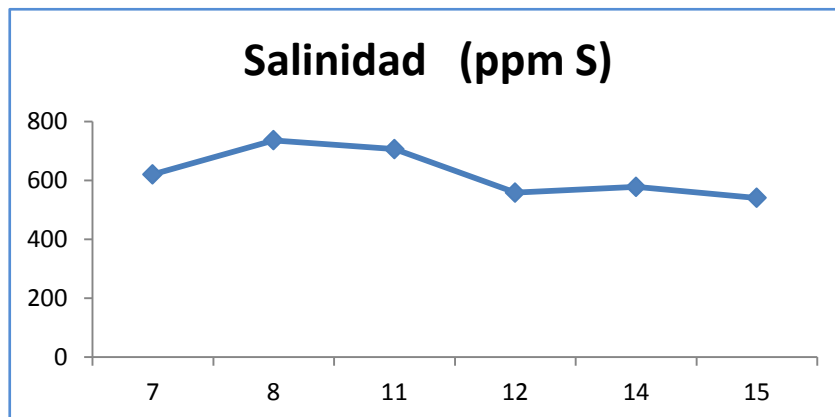


Tabla N° 38 Variaciones de solidos disueltos del agua cruda

Solidos disueltos (mg/l)	Tiempo (horas)
492	7
586	8
567	11
443	12
459	14
431	15

Grafico N° 3 Variaciones de solidos disueltos del agua cruda

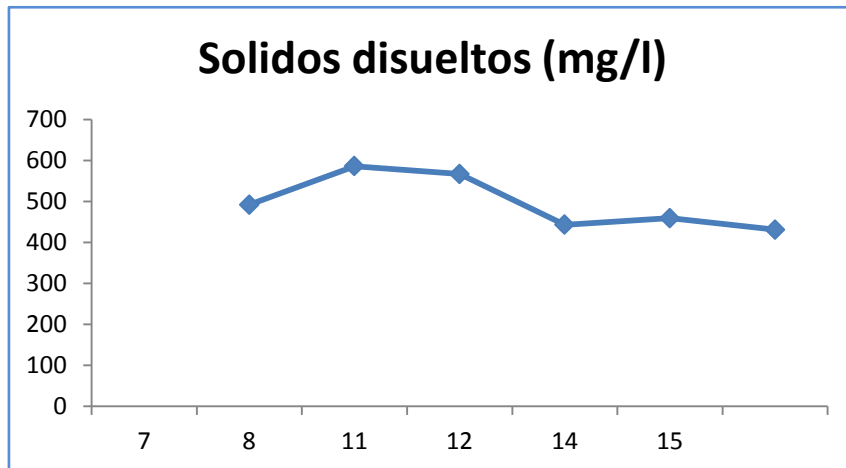


Tabla N° 39 Variaciones de temperatura del agua cruda

Temperatura (° C)	Tiempo (horas)
13,4	7
13,5	8
16,6	11
14,1	12
13,9	14
13,5	15

Grafico N° 4 variación de temperatura del agua cruda

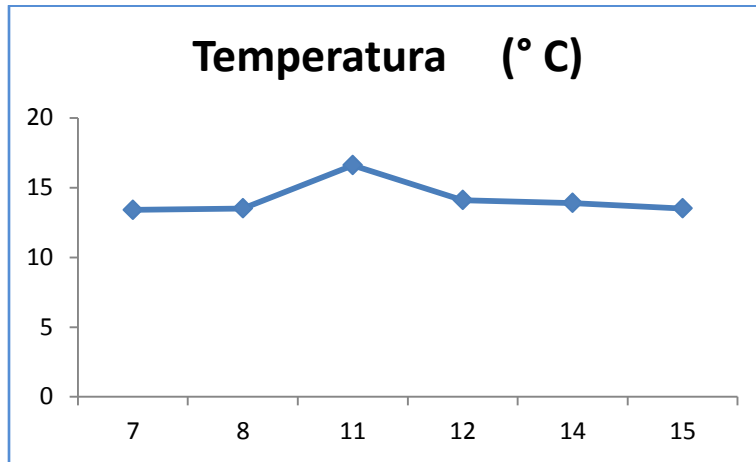


Tabla N° 40 Variaciones de pH del agua cruda

pH	Tiempo (horas)
6,10	7
5,90	8
6,05	11
6,30	12
6,33	14
6,43	15

Grafico N° 5 variación de pH del agua cruda

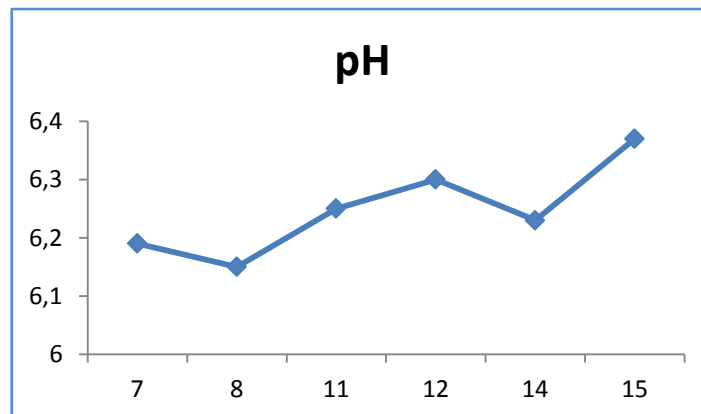


Tabla N° 41 Variaciones de caudal de entrada del agua cruda

Caudal (L/s)	Tiempo (horas)
4,12	7
4,29	7,5
5,04	8
5,2	8,5
4,43	9
4,73	9,5
5,1	10
5	10,5
5,55	11
4,87	11,5
5,31	12
5,07	12,5
5,9	13
5,42	13,5
5,95	14
4,77	14,5
5,49	15
5,38	15,5
4,75	16

Grafico N° 6 Variaciones de caudal de entrada del agua cruda

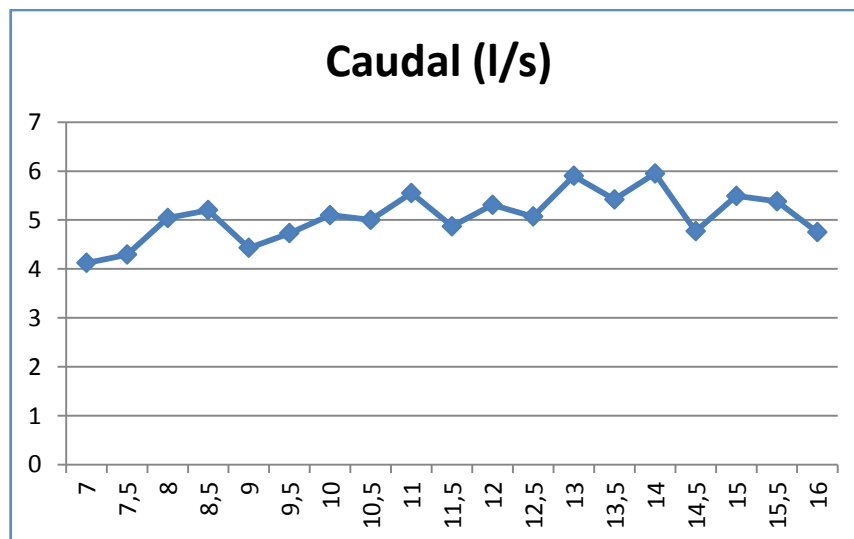


Grafico N° 7 Análisis de DBO de agua cruda vs tratada

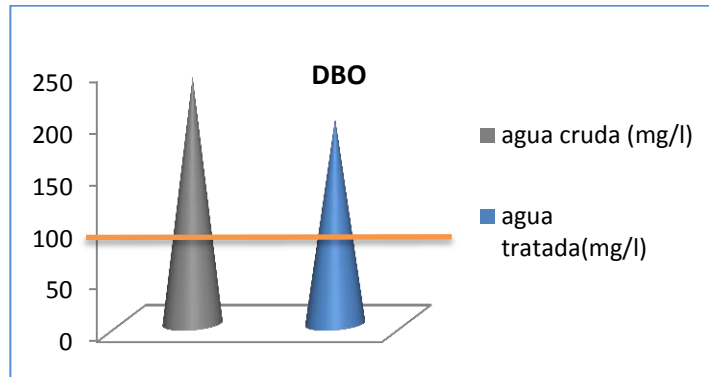


Grafico N° 8 análisis de sólidos sedimentables de agua cruda vs tratada

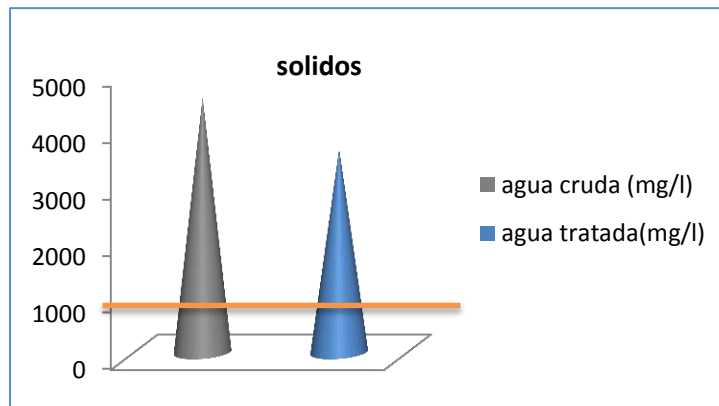
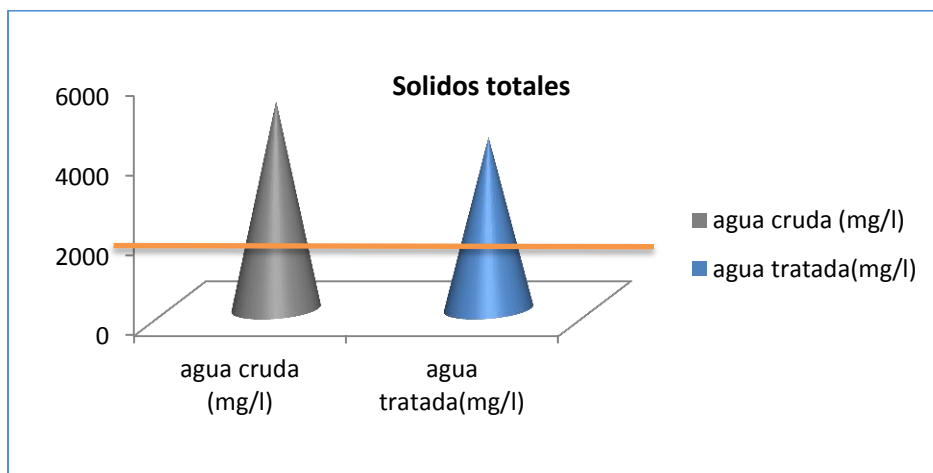


Grafico N° 9 Análisis de sólidos totales de agua cruda vs tratada



3.2.4 REMOCION DE DBO ESPERADA CON OPTIMIZACION

Grafico N° 10 Remoción de la DBO después del tanque séptico

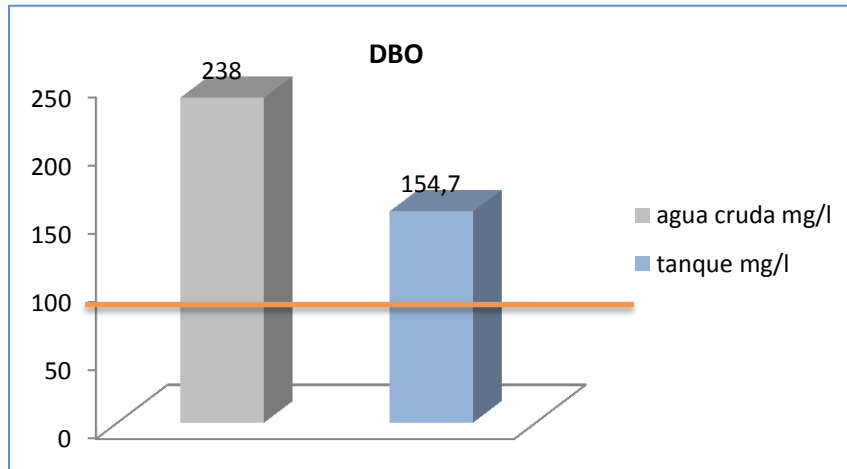
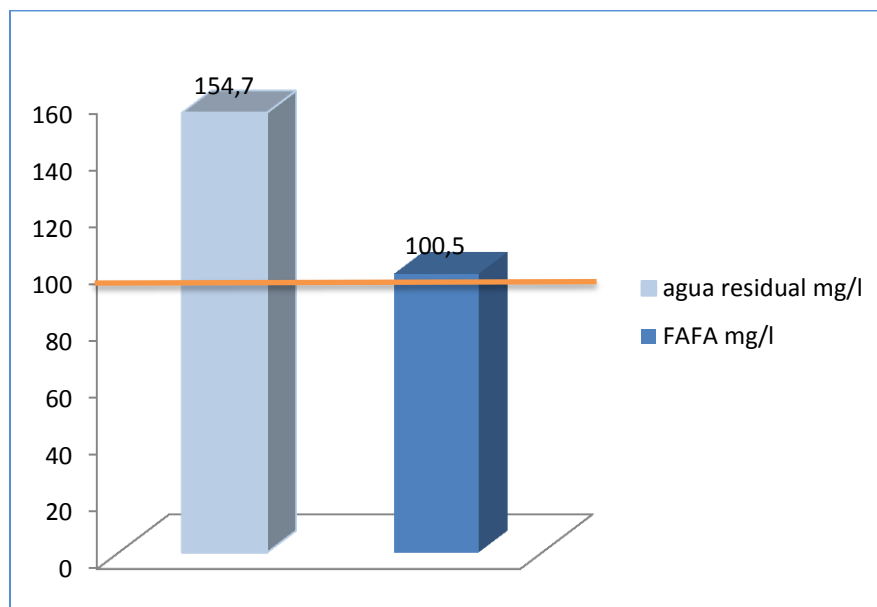


Grafico N° 11 Remoción de la DBO después de FAFA



CAPITULO IV

Análisis de Resultados

CAPITULO IV

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL DIAGNOSTICO

De manera general, el análisis de los parámetros controlados en esta investigación y cuyos resultados se exponen en las tablas y figuras anteriores, nos permite establecer que aunque no existe una variación atípica de datos, estos no cumplen con la norma, es decir que los parámetros analizados no están dentro de los límites que se dispone en el libro VI, tabla 12 del TULAS.

El análisis individual de cada figura o tabla de datos, permitiría comprender que fase posiblemente se convertiría en el centro de atención del estudio de mejora, pero por el colapso completo del sistema de tratamiento, resulta mejor analizarlos en conjunto para confirmar que los datos fuera de los rangos permisibles, corresponden a un evidente mal estado de funcionamiento a lo largo de toda la planta.

En los resultados de caracterización del agua tratada, se verifica que el sistema de tratamiento actual, no cumple con los objetivos de remoción, en base a parámetros que permiten evaluar la eficiencia de la planta, así se distingue la DBO en 198mg/L y sólidos totales con 4300 mg/L, valores muy por fuera de los límites de la norma.

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA LA OPTIMIZACION

El análisis de los resultados de las propuestas de mejora, permiten verificar que la remoción de los contaminantes del agua, en las principales unidades de tratamiento, podrá estar nuevamente en la capacidad de proporcionar agua de características aceptables, dentro de los límites permisibles para su descarga hacia el río Mocha. En la tabla 12 del libro VI del TULAS se limita la descarga a un cuerpo dulce a 100 mg/l en DBO, dicho valor es alcanzable con el primer proceso de mejora, en el mantenimiento emergente, la rehabilitación del tanque séptico alcanzaría a reducir la DBO hasta 154,7 mg/l, en la unidad siguiente, la remoción continuaría en el filtro biológico logrando disminuir la DBO hasta 100,5 mg/l, proceso que permitiría tener el resultado que validaría la rehabilitación de la planta.

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE SEPTICO

Los resultados de los cálculos de dimensionamiento del tanque séptico, establecen ventajas para su rápida ejecución, pues permiten considerar características comunes en el diseño de los detalles del tanque. Las dimensiones establecen la construcción de un tanque más pequeño que el actual, pero suficiente para mejorar la remoción de contaminantes en el sistema y obtener un total en el agua tratada de aproximadamente 70,39 mg/l en DBO. Los resultados podrán alcanzarse y mantenerse si se hace un esfuerzo por controlar las operaciones y no descuidar el mantenimiento de la planta para evitar un nuevo colapso y reguardar un mejor servicio para precautelar la salud de los pobladores y la calidad del agua del río Mocha.

Finalizada la rehabilitación de la planta, es importante mantener su funcionamiento normal y evitar que se presente circunstancias similares, para lo cual se puede poner personal a cargo para su cuidado en capacidad de conocer los procesos del sistema y lograr su operación y control, este conocimiento permitirá que el sistema construido cumpla con el objetivo de disminuir la carga contaminante.

El costo final para la implementación de las mejoras y puesta en marcha de la planta es 3017. 73 dólares, resaltando que este presupuesto no será necesario mensualmente, puesto que se incluyó la construcción de la cubierta, adquisición de refracciones y se debe considerar que la vida útil de los materiales dependerá lógicamente de su uso.

4.4 PROPUESTA

El estudio de la problemática de la planta N°2 “Cacahuango” del cantón Mocha, ha permitido establecer en base a datos obtenidos del diagnóstico y análisis del estado del sistema, que los procesos más adecuados para optimizar la Planta serían: la ejecución de un programa de mantenimiento emergente de la planta en su conjunto, para que las unidades puedan funcionar con normalidad y la calidad del agua tratada se encuentre dentro de los límites; los procedimientos como se describió están relacionados con drenado, disposición de aguas, lodos y cambio de materiales filtrantes de las unidades colapsadas ,etc. Dichos procesos pueden ser

realizados por personal del Municipio, se espera que el funcionamiento de la planta después de dicho mantenimiento pueda ofrecer agua tratada con 100,56 mg/l de DBO.

En función a una proyección de las necesidades futuras del cantón debido al crecimiento poblacional, se recomienda considerar la construcción de un segundo tanque séptico que permitiría, no solo ampliar la capacidad de la planta para receptor y tratar el agua, sino también mejorar la calidad del efluente, del cuerpo receptor, alrededores de la planta y sobre todo la salud de la población aledaña. La remoción en DBO que se tendría con la activación de este nuevo tanque sería del 30- 35%, es decir aproximadamente el valor se reduciría a 70,39 mg/l. Para completar la optimización, también se puede aplicar un procedimiento de cambio y reparación de tuberías, de esta manera se podrán prevenir futuras fugas o rupturas, así como infiltraciones de cualquier tipo

La ejecución de cualquiera de estos procesos de optimización o de ambos, requiere que el personal encargado realice el control de funcionamiento de la planta y el mantenimiento preventivo de cada una de las unidades para evitar un nuevo colapso del sistema.*

*Diagrama de la propuesta en Anexo C

CAPITULO V

Conclusiones y Recomendaciones

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

1. El diagnóstico del estado actual de la planta, permitió evidenciar que una sección de la planta tiene un funcionamiento deficiente y que otra se encuentra fuera de servicio o no cumple con los objetivos del tratamiento, convirtiéndose el sistema de tratamiento en protagonista del deterioro de la calidad del agua del río Mocha, así como los malos olores y presencia de mosquitos por los rebosamientos del agua que sufren las unidades a lo largo de todo el proceso de tratamiento, afectan al desarrollo de los diversos sistemas aledaños a la planta de tratamiento.
2. En la caracterización del afluente, se registró una DBO de 238 mg/L, 4500 mg/L en sólidos sedimentables, 5200 mg/L en sólidos totales, valores muy por encima de la normativa, verificándose los problemas de turbiedad y contaminación del agua, condición que evidencia el deterioro de la planta.
3. En los resultados de caracterización del agua de entrada y de salida de la planta, se establece que el actual proceso logra disminuir la DBO del agua en un 16,81% siendo su valor de salida 198 mg/l, en la eliminación de sólidos totales alcanza una remoción del 17,31% puesto que el valor de sólidos totales en el efluente es de 4300 mg/l; de igual manera en el contenido de organismos coliformes, se logra tan solo una remoción del 40% de los organismos, además se evidencia que no existe remoción de aceites y grasas, por el contrario los resultados determinan que hay un aumento de estas sustancias en el efluente. Estos resultados establecen que la calidad del agua de salida no cumple con los requerimientos de la normativa establecida, con lo que se verifica que las unidades a lo largo de todo el proceso de tratamiento logran una mínima remoción de contaminantes en el agua, surgiendo la necesidad de implementar procesos de mejora del sistema actual de tratamiento.
4. El análisis del estado de la planta estableció el desarrollo de dos procesos de mejora, el primero corresponde a la ejecución de un programa de mantenimiento emergente de la

planta en su conjunto para lograr su rehabilitación, de este proceso se espera como resultado la reducción de la DBO del efluente de 238 a 100,5 mg/l. El segundo proceso de mejorarse estableció con el objetivo de atender las necesidades futuras de la población, ampliando la capacidad del sistema y mejorando la composición del agua mediante el diseño de un segundo tanque séptico.

5. Las características de diseño del tanque establecen ventajas para su rápida ejecución, pues permiten considerar características comunes en el diseño de los detalles del tanque. Con el dimensionamiento e implementación del nuevo tanque séptico se espera alcanzar el adecuado tratamiento de un volumen total de 102,08 m³ por día, y conseguir en el efluente 70,39 mg/l en DBO; estos resultados brindan condiciones que están dentro de la normativa del TULAS concluyendo que se alcanzó el objetivo de mejorar la calidad del agua de la planta N°2 Sector "Cacahuango" mediante la optimización de la misma.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Es importante considerar que las acciones relacionadas con la preservación del ambiente no son un gasto, son medidas que debemos tomar con responsabilidad por tanto se recomienda con el fin de mejorar el nivel de vida de la población, minimizar los impactos ambientales y cuidar los recursos hídricos del cantón, la aplicación del estudio realizado para lograr la rehabilitación de cada una de las unidades de la planta, para así mejorar el sistema de tratamiento y asegurar que el agua cumpla con la norma de calidad establecida.
2. Crear un laboratorio de análisis para el control de calidad del agua, con los equipos básicos para monitorear constantemente el agua que ingresa y sale de la planta. Laboratorio que lógicamente también sería una herramienta importante en el control del agua potable que se suministra.
3. Alcanzar mejores niveles de tratamiento, depende mayormente de las acciones preventivas, por lo que es importante establecer un sistema de control en la operación de la planta y

proporcionar a todo el sistema un mantenimiento periódico para disminuir el riesgo de un nuevo colapso y procurar un adecuado funcionamiento del sistema

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

1. - ALVAREZ., E., Control de calidad de aguas servidas.,
La Paz-Bolivia.,Limusa., 2004., Pp. 135-137.
2. - CASTRO., M., Parámetros Físico-Químicos en la Calidad del Agua.,
Lima-Perú., Limusa.,1983., Pp., 44-48.
3. - HEINKE., G., Ingeniería Ambiental, 2ª. ed.,
México D.F- México., Prentice Hall., 1999., Pp. 245,246.
4. - HANDBERBERGH., G., Ingeniería Sanitaria, 3ª. ed.,
Madrid - España., Continental S.A., 1998., Pp. 317-320.
5. - HERNÁNDEZ., A., Calidad y Tratamiento del Agua, 5ª. ed.,
México D.F - MéxicoMcGraw Hill., 2002., Pp. 120.
6. - PEREZ., J., Estudio Sanitario del agua, 2ª. ed.,
Madrid - España., Continental S.A., 1995., Pp. 117-122.
7. - RAMÍREZ., A., Teoría de los Procesos de los Tanques Sépticos.,
Bogotá-Colombia., Limusa., 1998., Pp. 114-119.
8. - SEONEZ., C., Teoría Aguas Residuales Urbanas., 2da ed.
Madrid - España., Ediciones MundiPrensa., 1999., Pp. 23-27.

NORMAS TECNICAS

9.- APHA, AWWA, WPCF. STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17^a ed. España: Madrid, 1992.

10.- TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria), Libro VI- Tabla 11-12., Límites de descarga a un cuerpo de Agua dulce y Alcantarillado.

INTERNET

11.- MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTAS

<http://www.lanntech.com/español/operacion-mantenimiento-de-plantas.html>

2011-10-07

12.- CONTROL DE CALIDAD- AGUA RESIDUAL

<http://html.monografias.com/control-de-agua-residual.html>

201-11-13

13.- CRITERIOS DE DISEÑO – TANQUE SÉPTICO

<http://www.bvste.paho.org/tecapro/documentos/sanea/163esp-diseno-T1.pdf>

2012-01-15

Anexos

ANEXO A

ESTADO DE LA PLANTA



Ingreso del agua residual a la planta



Rebosamiento en caja de revisión 2



Tanque séptico



Tubería de drenaje del lecho de secado



Lecho de secado de Lodos



Filtro de arena



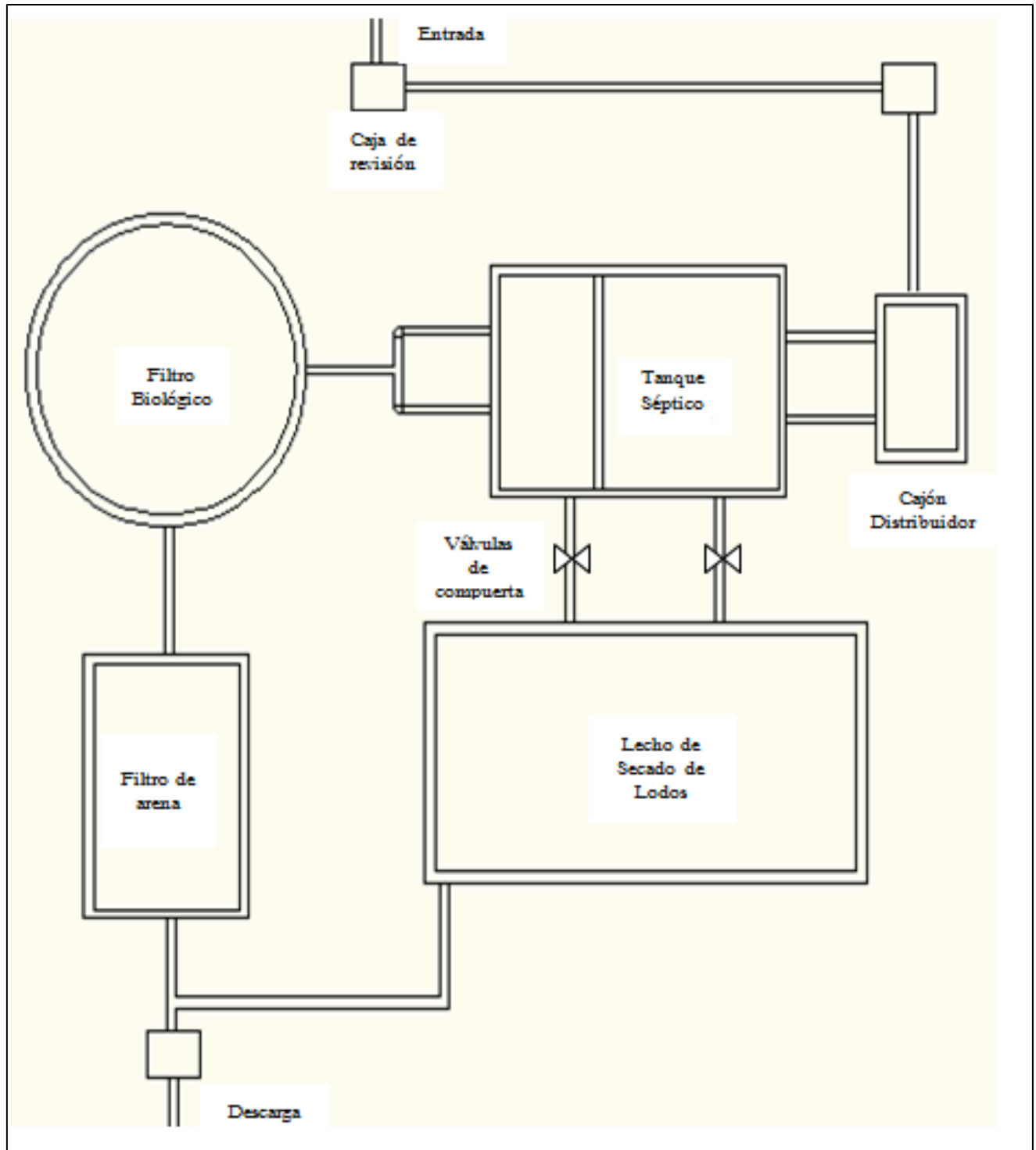
FAFA



Sistema de tratamiento

ANEXO B

VISTA PLANO DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL “CACAHUANGO”

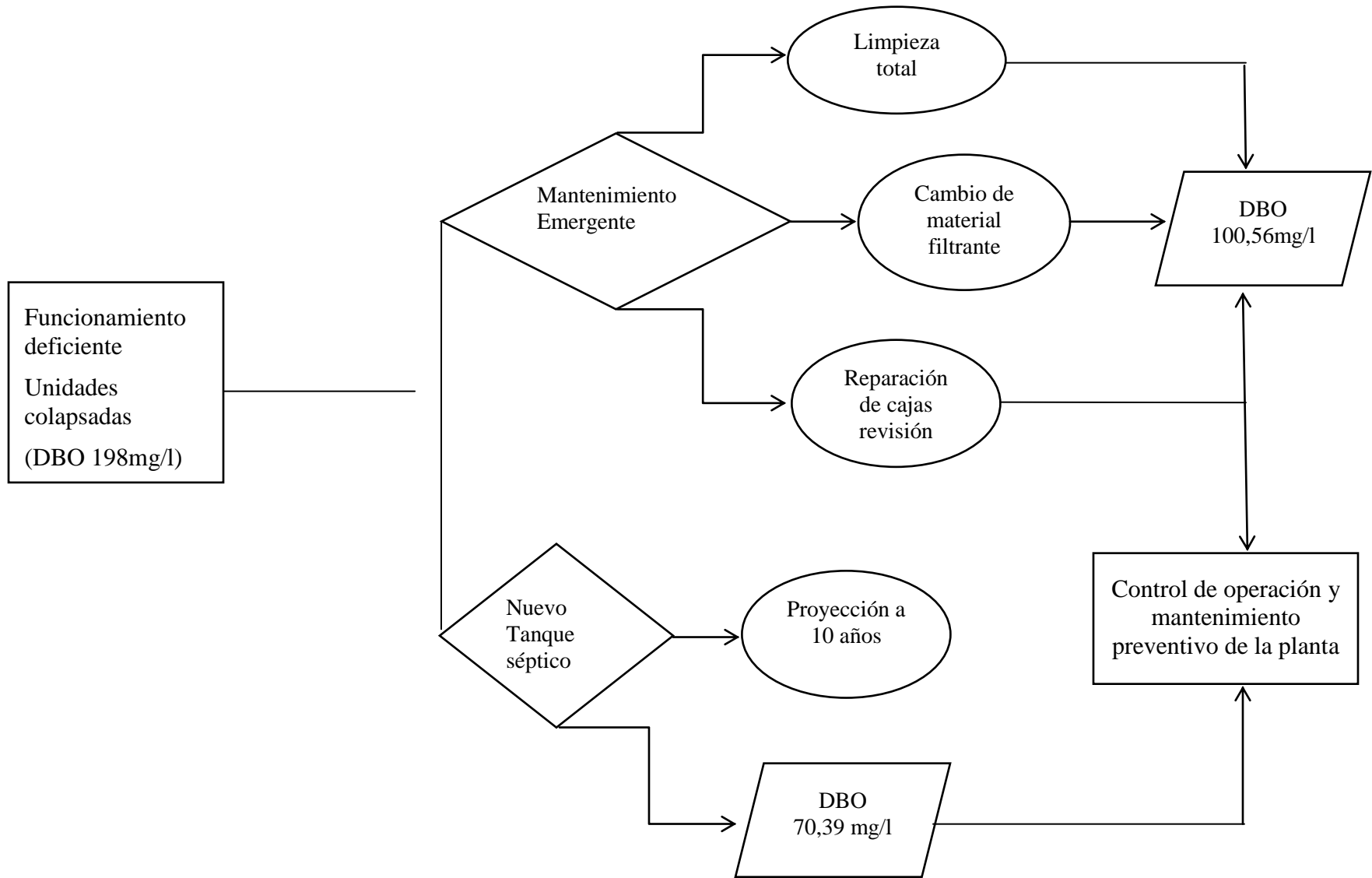


ANEXO C

DIAGRAMA DE LA PROPUESTA

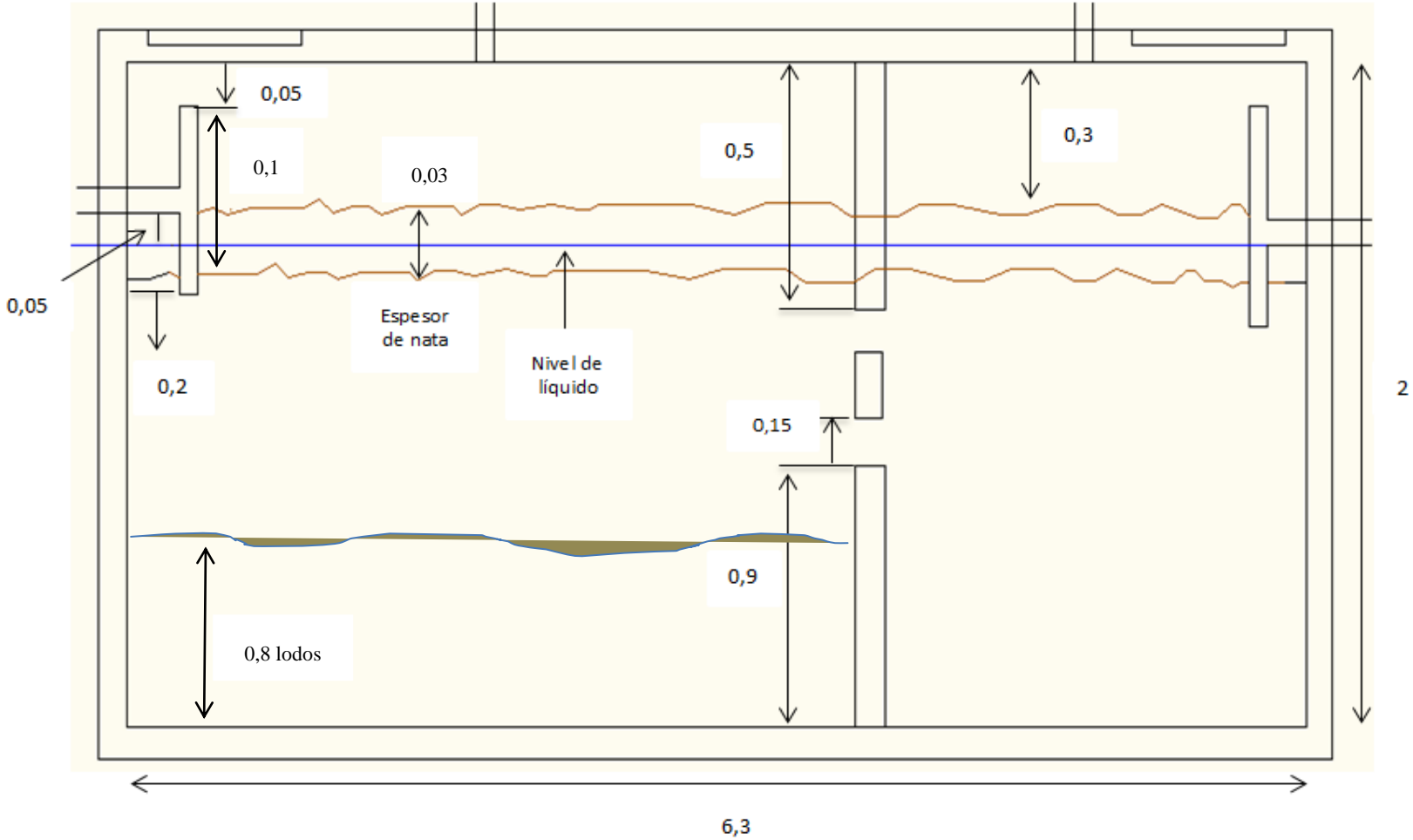
Estado actual

Propuesta

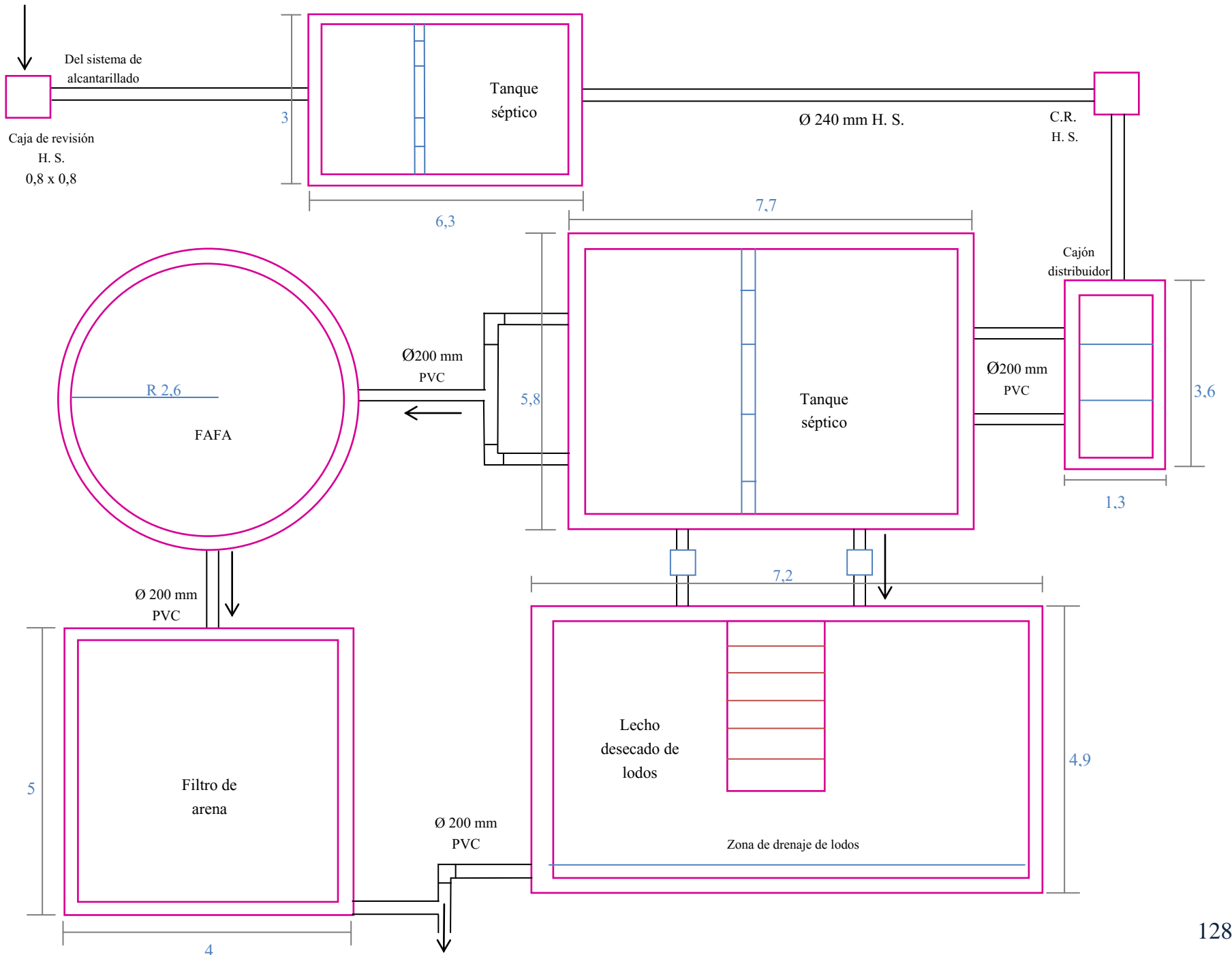


ANEXO D

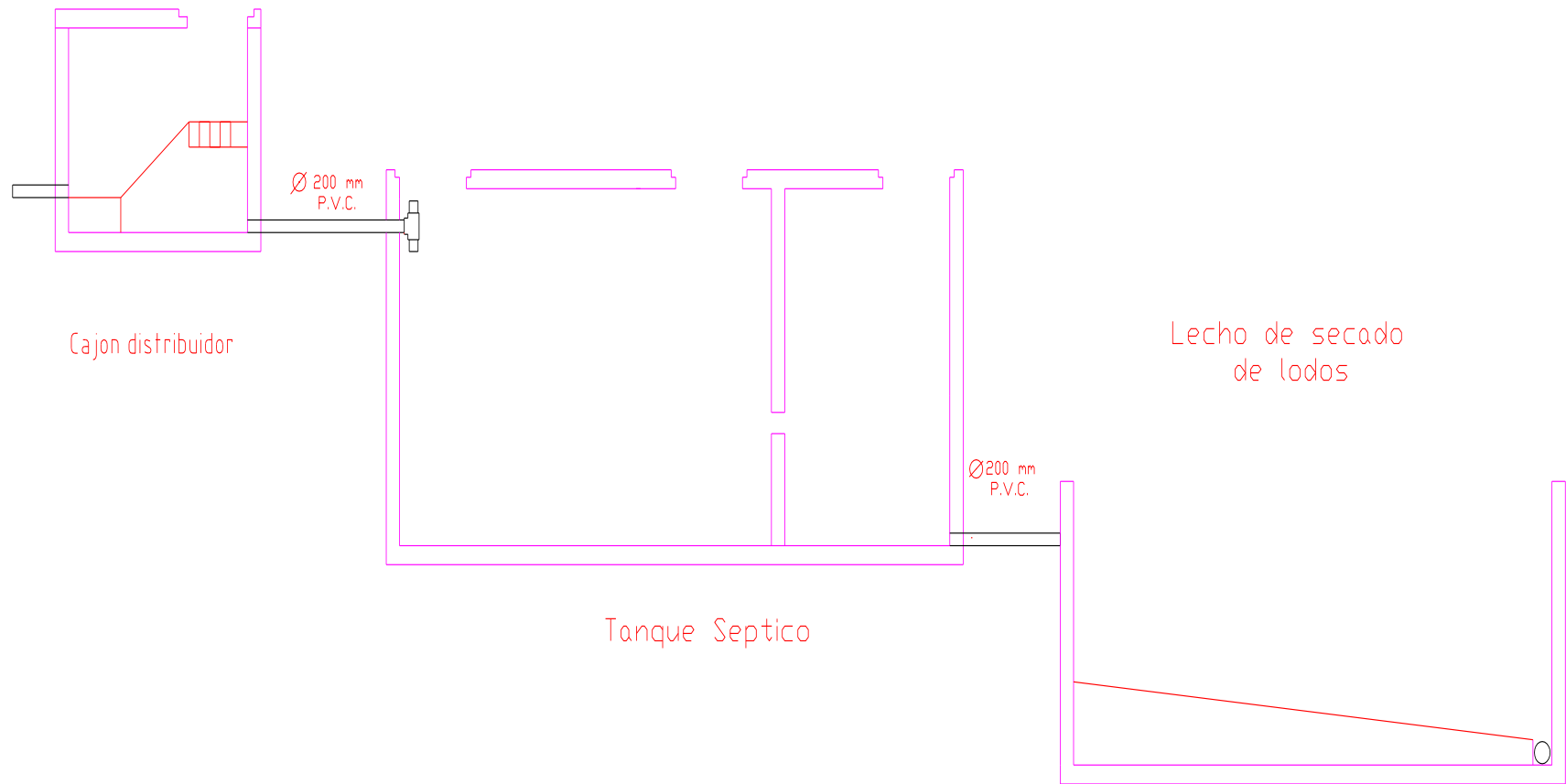
DETALLE DE DISEÑO DEL TANQUE SEPTICO



ANEXO E VISTA PLANO DE SISTEMA PROPUESTO



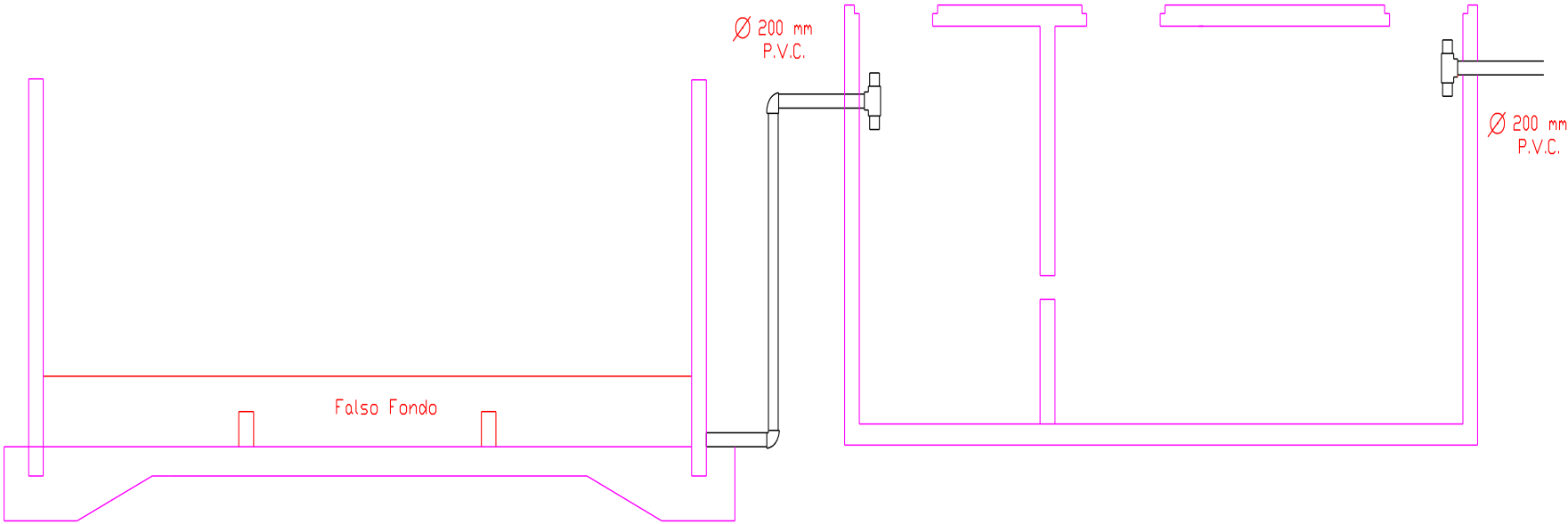
ANEXO F
CORTE A - A



ANEXO G
CORTE B - B

FAFA

Tanque Septico



ANEXO J
LIMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al99,9 %
pH		und	5 - 9
Solidos Totales	S.T.	mg/l	1600
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

Fuente: Autor