



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLIGÍA AMBIENTAL**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
RESIDUAL PARA LA PARROQUIA BILBAO”**

**TESIS DE GRADO**

Previa la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología Ambiental

**AUTOR: TANIA ISABEL ALVARADO UVIDIA**

**TUTOR: DOC. ROBERT CAZAR**

**RIOBAMBA – 2014**

## **AGRADECIMIENTO**

*El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una ayuda para la sociedad.*

*Al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Penipe, por brindarme toda la ayuda necesaria para desarrollar mi proyecto y de manera directa al Ing. Fausto Chunata, Alcalde del Cantón.*

*Al Doc. Robert Cazar Director de Tesis y a la Ing. Fernanda Rivera Asesor, por compartir con gran interés sus conocimientos y en especial por su calidad humana y pedagógica.*

*De la misma manera a todas las personas que de una u otra forma han colaborado con el desarrollo de esta tesis.*

**Tania Isabel Alvarado Uvidia**

## **DEDICATORIA**

*El tiempo pasó y fui creciendo al ritmo de mis experiencias, en las cuales hubo alegrías, tristezas, éxitos y también fracasos, a pesar de todo lo vivido, nunca deje de lado la lucha por cumplir una de mis metas, la culminación de mi carrera, es por ello que el presente trabajo está dedicado a las personas que caminaron a mi lado en este tiempo:*

*A Dios, mi Señor por darme sabiduría y guiar mis pasos siempre.*

*A mis padres: Luis y Virginia las personas más importantes en mi vida, los cuales son mi fortaleza y mi suerte, quienes me han levantado cuando he desmayado, por todo su infinito amor y apoyo incondicional.*

*A mis hermanos, Angel, Patricio, Lucy, Alex y Fernando quienes me han brindado palabras de aliento en los momentos que más lo necesitaba.*

*A todos mis amigos quienes estuvieron en las buenas y malas conmigo en esos momentos difíciles, gracias por cada una de esas risas que me sacaron y el tiempo que compartimos juntos.*

*A todos los profesores que formaron parte de mi vida estudiantil, ya que aportaron con un granito de arena para poder cumplir una etapa de mi vida.*

**Tania Isabel Alvarado Uvidia**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA PARROQUIA BILBAO**”, de responsabilidad de la señorita egresada Tania Isabel Alvarado Uvidia, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

<b>CARGO</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
<b>Ing. César Ávalos I. DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS</b>	-----	-----
<b>Dra. Nancy Veloz DIRECTORA DE ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</b>	-----	-----
<b>Dr. Robert Cazar DIRECTOR DE TESIS</b>	-----	-----
<b>Ing. Fernanda Rivera ASESORA DE TESIS</b>	-----	-----
<b>Dra. Yolanda Díaz MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	-----	-----
<b>Ing. Eduardo Tenelanda DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	-----	-----
<b>NOTA DE TESIS ESCRITA</b>	-----	

# ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

HOJAS DE FIRMA

HOJA DE RESPONSABILIDADES

ÍNDICE GENERAL .....	1
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	7
ÍNDICE DE ANEXOS .....	8
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS Y DIAGRAMAS.....	9
ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	10
INTRODUCCIÓN .....	13
ANTECEDENTES .....	15
JUSTIFICACIÓN .....	16
OBJETIVOS .....	17
HIPÓTESIS .....	18
CAPITULO I	
PARTE TEORICA	
1. MARCO TEÓRICO .....	19
1.1. GENERALIDADES DEL AGUA.....	19
1.2 AGUA RESIDUAL .....	20
1.2.1 CONCEPTO DE AGUA RESIDUAL .....	20
1.2.2 CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	20
A. AGUAS BLANCAS: .....	20
B. AGUAS GRISES:.....	20
C. AGUAS NEGRAS:.....	21
1.3 PRINCIPALES PARÁMETROS ANALÍTICOS UTILIZADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS .....	21
A. PH.....	21
B. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO 5 DÍAS .....	21

C. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.....	21
D. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.....	22
E. SÓLIDOS SEDIMENTABLES.....	22
F. MATERIAS EN SUSPENSIÓN .....	22
1.4 MUESTREO.....	22
1.4.1 TIPOS DE MUESTREO .....	22
A. MUESTRA SIMPLE O INSTANTÁNEA .....	22
B. MUESTRA COMPUESTA .....	23
1.4.2 RECOLECCIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS .....	23
1.4.3 HOJA DE REVISIÓN DE MUESTRAS .....	24
1.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	24
1.5.1 TIPOS DE TRATAMIENTO .....	25
A. TRATAMIENTO PRELIMINAR .....	25
B. TRATAMIENTO PRIMARIO .....	26
C. TRATAMIENTO SECUNDARIO .....	28
D. TRATAMIENTO TERCIARIO .....	29
1.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	30
1.6.1 CAUDAL.....	30
A. MEDICIÓN DE CAUDAL PRÁCTICO.....	30
B. CAUDAL TEÓRICO DE DISEÑO.....	31
1.6.2 CANAL RECTANGULAR .....	32
1.6.3 REJILLAS.....	33
1.6.4 TANQUE SÉPTICO DE 2 CAMARAS.....	38
1.6.5 LECHOS DE SECADO DE LODOS.....	44
1.6.6 FAFA.....	48
1.7 NORMATIVA AMBIENTAL.....	51
1.8 ÁREA DE ESTUDIO PARROQUIA BILBAO .....	52
CAPITULO II	
PARTE EXPERIMENTAL	
2. PARTE EXPERIMENTAL .....	57
2.1 ANÁLISIS DE AGUA.....	57
2.2 MUESTREO .....	57
2.2.1 SISTEMA DE TOMA DE MUESTRAS.....	58
2.3 METODOLOGÍA.....	58

2.3.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	58
2.3.2 MÉTODOS.....	59
A. MÉTODO 5210 – B: DETERMINACIÓN DE DBO.....	59
B. MÉTODO 5220 - C: DETERMINACIÓN DE DQO.....	60
C. MÉTODO 2540 – B: DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES.....	61
D. MÉTODOS 5530 – C: DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS.....	62
E. DETERMINACIÓN DE LA TURBIDEZ.....	63
F. MÉTODO 4500 B: DETERMINACIÓN DE PH.....	63
2.4 DATOS EXPERIMENTALES.....	64
2.4.1 DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL PRÁCTICO.....	64
2.4.2 DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL TEÓRICO.....	69
2.4.3 DATOS ADICIONALES.....	69
CAPITULO III	
CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTO	
3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.1 CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA PARROQUIA BILBAO.....	73
3.1.1 CÁLCULO DEL CAUDAL PRÁCTICO.....	73
3.1.2 CÁLCULO DEL CAUDAL TEÓRICO.....	74
3.1.3 CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL.....	76
3.1.4 CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE SÉPTICO DE 2 CAMARAS.....	83
3.1.5 CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LECHOS DE SECADO.....	88
3.1.6 CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE.....	91
3.2 RESULTADOS.....	93
3.2.1 REJILLAS.....	93
3.2.2 TANQUE SÉPTICO.....	93
3.2.3 LECHO DE SECADO.....	94
3.2.4 FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE.....	94
3.2.5 PROPUESTA.....	95
3.2.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	96
3.3. DISCUSIÓN.....	97
CAPITULO IV	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	98
4.1 CONCLUSIONES .....	98
4.2 RECOMENDACIONES.....	99
RESUMEN .....	100
BIBLIOGRAFÍA .....	102
ANEXOS .....	105
FOTOGRAFÍAS Y DIAGRAMAS.....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: PARÁMETROS DE DISEÑO DE REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL .	34
TABLA 2: PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UN TANQUE SÉPTICO .....	39
TABLA 3: TIEMPO REQUERIDO PARA LA DIGESTIÓN DE LODOS .....	45
TABLA 4: TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA.....	48
TABLA 5: LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE .....	52
TABLA 6: DETERMINACIÓN DE DBO <sub>5</sub> .....	59
TABLA 7: DETERMINACIÓN DE DQO .....	60
TABLA 8: DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES .....	61
TABLA 9: DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS .....	62
TABLA 10: DETERMINACIÓN DE TURBIDEZ .....	63
TABLA 11: DETERMINACIÓN DE PH .....	63
TABLA 12: MEDICIÓN DE CAUDAL PRÁCTICO DÍA 11 DE JUNIO DEL 2013..	64
TABLA 13: MEDICIÓN DE CAUDAL PRÁCTICO DÍA 12 DE JUNIO DEL 2013..	65
TABLA 14: MEDICIÓN DE CAUDAL PRÁCTICO DÍA 13 DE JUNIO DEL 2013..	65
TABLA 15: MEDICIÓN DE CAUDAL PRÁCTICO DÍA 14 DE JUNIO DEL 2013..	66
TABLA 16: MEDICIÓN DE CAUDAL PRÁCTICO DÍA 15 DE JUNIO DEL 2013..	66
TABLA 17: MEDICIÓN DE CAUDAL PRÁCTICO DÍA 16 DE JUNIO DEL 2013..	67
TABLA 18: MEDICIÓN DE CAUDAL PRÁCTICO DÍA 17 DE JUNIO DEL 2013..	68
TABLA 19: DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL PRÁCTICO .....	68
TABLA 20: DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL TEÓRICO .....	69
TABLA 21: DIMENSIONES PARA LAS REJAS DE BARRAS DE LIMPIEZA MANUAL .....	69
TABLA 22: INFORMACIÓN TÍPICA PARA EL DISEÑO DE TANQUE SÉPTICO	69
TABLA 23: INFORMACIÓN USUAL PARA DISEÑO DE LECHOS DE SECADO	70

TABLA 24: VALORES USUALES PARA EL DISEÑO DE FAFA.....	70
TABLA 25: COEFICIENTE DE RUGOSIDAD $n$ DE MANNING .....	71
TABLA 26: RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE REJILLAS.....	93
TABLA 27: RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL DISEÑO DEL TANQUE SÉPTICO.....	93
TABLA 28: RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL DISEÑO DE LECHO DE SECADO .....	94
TABLA 29: RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL DISEÑO DE FAFA.....	94
TABLA 30: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	96

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: TIPOS DE TRATAMIENTO.....	25
GRÁFICO 2: TRATAMIENTO PRELIMINAR.....	26
GRÁFICO 3: TRATAMIENTOS PRIMARIOS.....	27
GRÁFICO 4: TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	28
GRÁFICO 5: TRATAMIENTO TERCARIO.....	29
GRÁFICO 6: DESCARGA AGUA RESIDUAL PARROQUIA BILBAO.....	54
GRÁFICO 7: DESCARGA AGUA RESIDUAL DE LA PARROQUIA BILBAO AL RÍO CHAMBO .....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ÁBACO DE LA FÓRMULA DE MANNING.....	105
ANEXO 2: TABLA 10 DEL ANEXO VI TULSMA .....	106
ANEXO 3: ANÁLISIS DE LABORATORIO FISICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 1 .....	107
ANEXO 4: ANÁLISIS DE LABORATORIO FISICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 2.....	108
ANEXO 5: ANÁLISIS DE LABORATORIO FISICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 3.....	109
ANEXO 6: ANÁLISIS DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 1 .....	110
ANEXO 7: ANÁLISIS DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 2 .....	111
ANEXO 8: ANÁLISIS DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 3.....	112

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS Y DIAGRAMAS

FOTOGRAFÍA 1: MATERIALES PARA MEDICIÓN DE CAUDAL Y TOMA DE MUESTRAS .....	¡Error! Marcador no definido.
FOTOGRAFÍA 2: MEDICIÓN DE CAUDAL.....	¡Error! Marcador no definido.
FOTOGRAFÍA 3: TOMA DE MUESTRA PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO .....	¡Error! Marcador no definido.
FOTOGRAFÍA 4: TOMA DE MUESTRA PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO .....	¡Error! Marcador no definido.
DIAGRAMA 1: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA PARROQUIA BILBAO .....	¡Error! Marcador no definido.
DIAGRAMA 2: REJILLAS.....	¡Error! Marcador no definido.
DIAGRAMA 3: TANQUE SÉPTICO.....	¡Error! Marcador no definido.
DIAGRAMA 4: LECHO DE SECADO .....	¡Error! Marcador no definido.
DIAGRAMA 5: FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE .....	¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

H <sub>2</sub> O	Agua.
mgO <sub>2</sub> /L	Miligramos de oxígeno diatómico por litro.
ppm	Partes por millón.
STD	Sólidos totales disueltos.
SS	Sólidos Sedimentables.
SST	Sólidos Suspendidos Totales.
DBO <sub>5</sub>	Demanda bioquímica de oxígeno 5 días.
DQO	Demanda química de oxígeno.
V	Velocidad.
máx	Máximo.
mg/L	Miligramos por litro.
mL/L	Mililitros por litro.
C	Grados Centígrados.
pH	Potencial hidrogeno.
L	Litros.
$h_L$	Pérdida de carga.
mL	Militros.
cm <sup>3</sup>	Centímetros cúbicos.
Q	Caudal.
s	Segundos.
m	Metros.
A	Área .
g	Gramos.
t	Tiempo.

Pf	Población futura.
P <sub>o</sub>	Población actual.
T	Tasa de crecimiento.
n	Proyección del diseño en años.
Q <sub>prom</sub>	Caudal promedio.
D	Dotación.
hab	Habitantes.
f	Coefficiente de Babbitt.
b	Ancho.
h	Profundidad.
mm	Milímetros.
pulg	Pulgadas.
R	Radio hidráulico.
J	Gradiente hidráulico.
A <sub>f</sub>	Área de flujo.
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado.
a	Separación entre barras.
d <sub>max</sub>	Nivel máximo de agua.
L <sub>s</sub>	Longitud sumergida.
θ	Grado de inclinación.
g	Aceleración de la gravedad.
C	Capacidad total.

PR Periodo de retención hidráulica.

Msd Masa de sólidos.

Plodo Densidad de los lodos.

Td Tiempo de digestión.

TULSMA Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

## INTRODUCCIÓN

El agua es el pilar de la vida, siendo un requisito fundamental para la existencia de nuestro planeta, debido a que el ser humano, animales y plantas están compuestos en un 60% aproximado de este elemento. Además se puede mencionar que es de gran importancia porque es un disolvente universal.

En la parte social el agua es un recurso esencial para muchas actividades, se puede citar algunas como es la agricultura, la industria, el transporte, etc. Y de esta manera sostener nuestra sociedad actual.

Se debe tomar en cuenta que solo el 3% del total del agua en todo el planeta, incluyendo los glaciares es agua dulce. Desde la industrialización ha existido un desperdicio y contaminación del agua, en lugares que existe abundancia no se siente la necesidad y es un servicio básico más, en cambio en lugares en donde el agua es escaza la forma de vida gira entorno a ella para la supervivencia diaria. Estas diferencias tan radicales marcan la importancia y función del agua en la sociedad de un lugar a otro.

En algún momento el agua dulce será un recurso costoso, debido a la gran contaminación que está sufriendo hoy en día, desde hace unos atrás se viene implementando plantas de tratamiento de agua residual en ciertos países del mundo, debido a que se puede notar una preocupación por este recurso.

El diseño se basa en el tratamiento adecuado para un determinado lugar y así de alguna manera mitigar en lo posible la contaminación que ha sufrido el recurso después de ser utilizado e las diferentes actividades.

El ministerio del ambiente es el encargado de verificar que se cumplan con las normas de límites permisibles de descargas a un cuerpo de agua dulce, mediante los parámetros a ser analizados en un laboratorio.

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Penipe es una de las instituciones interesadas en mejorar las condiciones ambientales y reducir los

impactos causados por la falta de saneamiento en la descarga que causa el desalojo de las aguas residuales sin tratamiento, en especial del sector rural.

Para cumplir con este objetivo dentro de su plan de Obras de Saneamiento Ambiental en su jurisdicción se vio en la necesidad de pedir que se realice el **“EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA PARROQUIA BILBAO”**. El diseño del sistema deberá tener una proyección de vida útil de 20 años.

## ANTECEDENTES

El Cantón Penipe se encuentra ubicado en las faldas del volcán Tungurahua a una altura de 2300 – 2500 m.s.n.m, el cantón cuenta con cinco parroquias: Altar, Matus, Bayushig, Puela y Bilbao.

La parroquia Bilbao cuenta con una población de 325 habitantes, que han venido sufriendo una continua actividad volcánica del Tungurahua, empezando desde finales de 199, el tercer trimestre del 2006 y en estos tiempos igual o menor frecuencia que antes, esta situación acarreado graves impactos ambientales en todo el cantón, por la caída de ceniza el suelo y los cultivos se encuentran en una sequía devastadora, una de las alternativas más adecuadas para combatir este problema es utilizar el agua tratada de la planta para el riego de cultivos.

El desarrollo de la parroquia ha producido un serio problema de contaminación ambiental, principalmente en este recurso, puesto que el agua residual generada en toda la parroquia es vertida directamente al Río Chambo, lo que promueve su contaminación y cabe mencionar que es un río con carga contaminante antes de la descarga de la parroquia.

Se ha evidenciado mayor preocupación en cuanto al tratamiento y disposición final de las aguas residuales en provincias, cantones y parroquias donde la mayoría son dedicadas a brindar un tratamiento a sus descargas previo a ser eliminadas en algún efluente natural.

## JUSTIFICACIÓN

El gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Penipe dentro de su Plan de Obras de Saneamiento Ambiental se ha visto en la necesidad de realizar el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual, lo que se quiere conseguir con este estudio es garantizar agua de calidad que sea utilizado para el riego de cultivos.

En el presente estudio se analizarán ciertos parámetros del efluente que son los más importantes y que son necesarios para la caracterización de agua residual doméstica y así evidenciar el grado de contaminación del agua.

Los resultados de los análisis obtenidos del laboratorio son comparados con los estándares establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental. Libro VI. Anexo I. De este modo se podrá asegurar los parámetros que no se encuentren dentro de los límites permisibles de descargas a un cuerpo de agua dulce.

Se diseñará la planta con los tratamientos más rentables acorde a sus necesidades, para obtener así un efluente cuyos parámetros estén dentro de la normativa ambiental vigente, sintiendo la necesidad de que el agua tratada sea reutilizada para el riego, debido a que los cultivos existentes sufren la sequía debido a los estragos causados por las permanentes erupciones del volcán Tungurahua.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- ❖ Diseñar un sistema de tratamiento de agua residual para la parroquia Bilbao, ubicada en el Cantón Penipe.

### **ESPECÍFICOS**

- ❖ Determinar el caudal de las aguas residuales de la descarga.
- ❖ Caracterizar el agua residual mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos.
- ❖ Seleccionar los sistemas de tratamiento más adecuados en base a los criterios anteriores.
- ❖ Dimensionar la planta de tratamiento de agua residual junto con los correspondientes planos.

## **HIPÓTESIS**

Con el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual para la parroquia Bilbao, es posible demostrar por medio de la caracterización inicial del efluente que los estándares establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental. Libro VI. Anexo I, los parámetros se encuentran fuera de rango y que con el tratamiento adecuado se reduce la carga contaminante a los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente.

# CAPITULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. GENERALIDADES DEL AGUA

En la antigüedad, (Henry Cavendish, 1781) descubrió que el agua es una sustancia compuesta y no un elemento como se pensaba, químicamente está compuesto por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno ( $H_2O$ ).

Del total del agua que existe en el planeta solo el 3% es agua dulce incluyendo los glaciares, se encuentra en la naturaleza en lagos, embalses, ríos y humedales, solo el 80% se renueva gracias a la atmósfera.

El agua es un requisito fundamental para la vida del planeta, cumple el ciclo hidrológico que se encarga de que exista un intercambio de agua dentro de la hidrosfera, atmosfera, el agua superficial y los organismos vivos.

Este recurso es esencial para muchas actividades humanas que son imprescindibles para poder sostener nuestra sociedad actual, dándose una distribución del 70% utilizado en la agricultura, el 20% en la industria empleándose en tareas de refrigeración, transporte y como disolvente de varias sustancias químicas. Pues tan solo el 10% es destinado al consumo doméstico, desde ahí su importancia del cuidado de este recurso.

El crecimiento de la población y la expansión de sus actividades económicas están provocando una contaminación en el ecosistema en el que nos desenvolvemos ahí son depositados nuestros residuos tanto en el suelo, atmósfera y agua. Por lo tanto se ha venido teniendo una conciencia del valor del agua en nuestro planeta como en la sociedad y desde hace unos años atrás se comienza a implementar el tratamiento más idóneo para el tipo de agua residual y lugar determinado.

## 1.2 AGUA RESIDUAL

### 1.2.1 CONCEPTO DE AGUA RESIDUAL

Se puede definir el agua residual como una combinación de líquidos en los cuales encontramos desechos orgánicos e inorgánicos, agua lluvia, sustancias fecales y orina. Estos pueden ser procedentes de las actividades humanas o animales.

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas residuales y aguas servidas en el sentido que las primeras solo provienen del uso doméstico y las segundas corresponden a la mezcla de aguas domesticas e industriales. [1]

El agua residual requiere de sistemas de canalización, tratamiento y desalojo, es por esto que tiene una gran importancia debido a que si el tratamiento es nulo o incorrecto genera graves problemas de contaminación.

### 1.2.2 CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

De acuerdo a su precedencia y composición se clasifican en:

- A. **Aguas Blancas:** son aguas pluviales (elementos de contaminación atmosférica, deposición húmeda de la lluvia ácida) y de drenaje procedentes de las actividades humanas (papeles, colillas, excrementos de animales y basura, aceites, grasas, hidrocarburos, compuestos fenólicos y de plomo, arenas, residuos vegetales, insecticidas, herbicidas, abonos). Las aguas subterráneas han sufrido fugas en redes de alcantarillado provocando una importante contaminación.
  
- B. **Aguas Grises:** son aguas que han sido utilizadas en el uso doméstico (higiene personal, limpieza de utensilios y ropa). Contienen algún porcentaje de patógenos de varias clases, excepto las bacterias *Escherichia Coli*,

poseen poco nitrógeno y fósforo, lo cual ayuda a que se descomponen más rápido que las aguas negras.

- C. **Aguas Negras:** son aguas que se encuentran contaminadas con varios compuestos químicos como: urea, albúmina, proteínas, ácido acético, ácido láctico, bases jabonosas y almidones, aceites, animales, vegetales y minerales. También se encuentra gases, sales y microorganismos.

Las aguas negras son las que resultan de los sanitarios y que por su potencial de trasmisión de parásitos e infecciosos conviene tratar por separado con sistemas de biorreactores. [1]

### 1.3 PRINCIPALES PARÁMETROS ANALÍTICOS UTILIZADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

- A. **pH:** es una forma de medida de la acidez y alcalinidad de una solución acuosa, indicando la concentración de iones hidronio  $[H_3O^+]$  presentes en determinadas sustancias.

- B. **Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días ( $DBO_5$ ):** es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar por medios biológicos un volumen determinado de agua residual, la importancia de medir este parámetro es conocer el grado de contaminación y se lo mide a los cinco días de incubación, debido a que el ensayo de la  $DBO_5$  se llega a oxidar entre el 60 y el 70% transcurrido este tiempo. SE lo expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $mgO_2/L$ ) o ppm de  $O_2$ .

Las aguas residuales crudas tienen una  $DBO_5$  entre 250 y 1000  $mg/L$ , con relaciones de  $DQO/DBO$  que varían entre 1,2 y 2,5. Si las aguas residuales se descargan sin tratar al entorno, su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de oxígeno a los recursos naturales y al desarrollo de condiciones sépticas. [3]

- C. **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**: es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar un volumen determinado de agua residual que contiene materia oxidable, mediante la acción del dicromato en medio ácido, que sirve para determinar el equivalente de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ) o ppm de  $\text{O}_2$ .
- D. **Sólidos totales disueltos (ST)**: es la medida de la cantidad total de la materia suspendida o disuelta en el agua. La determinación de este parámetro se lo realiza midiendo el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de  $2,0 \mu\text{m}$  (o más pequeños).
- E. **Sólidos Sedimentables (SS)**: se puede decir que son todos los materiales sólidos en suspensión presentes en el agua, los cuales son sedimentables en un período de tiempo determinado, la norma oficial mexicana NMX-AA-004-SCFI-2000 establece que el tiempo adecuado para sedimentación de sólidos es de 1 hora. (American Public Health Association, 1992). Pueden ser determinados mediante volumetría y gravimetría y están expresados en función de un volumen ( $\text{mL/L}$ ) o de una masa ( $\text{mg/L}$ ).
- F. **Materias en suspensión**: se refiere a medir la carga contaminante que se encuentra en suspensión presente en el agua, por lo que se puede decir que el 75% aproximadamente de sólidos suspendidos son orgánicos los cuales provienen en una mayoría de plantas y animales.

## 1.4 MUESTREO

### 1.4.1 TIPOS DE MUESTREO

En aguas residuales existen algunos tipos de tomas de muestras, de esto dependerá la correcta interpretación de sus características, así tenemos:

**A. Muestra Simple o Instantánea:** este tipo de muestreo consiste en tomar una sola muestra, el cual nos da las características del agua residual en el momento en que es tomada la muestra, se considera factores como homogeneidad del cuerpo de agua, tamaño de la muestra y método de recolección, para que la muestra pueda ser considerada representativa. Este tipo de muestreo es utilizado cuando el caudal de agua residual y su composición son relativamente constantes. Es recomendable que el volumen mínimo de una muestra simple sea entre uno y dos litros.

**B. Muestra compuesta:** esta muestra consiste en mezclar varias muestras simples en determinados intervalos de tiempo, en un mismo sitio de muestreo. Cuando existen pequeñas variaciones de caudal la muestra puede tomarse a intervalos de 2 a 24 horas, en cambio cuando hay gran variación puede requerirse tomar muestras hasta de 15 minutos. El volumen total de una muestra compuesta debe tener entre dos a cuatro litros.

#### 1.4.2 RECOLECCIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

Se desea conocer la composición del agua residual para aplicar un adecuado sistema de tratamiento a dichas aguas, por lo tanto la toma de muestras es de gran importancia, actualmente los análisis de laboratorio son de alto costo y es necesario que las muestras sean representativas en su composición de origen para que el resultado sea correcto.

Se puede identificar algunos objetivos del muestreo de agua residual como:

- ❖ Cuantificar las características del agua para diseñar una planta depuradora.
- ❖ Evaluar la eficiencia en la remoción de contaminantes en un sistema de tratamiento mediante indicadores relevantes.
- ❖ Cumplir las normativas vigentes que se refieren a la calidad de las aguas.
- ❖ Establecer un reusó apropiado en riego de las aguas residuales una vez que hayan sido tratadas.

Es por este motivo que la preservación de muestras se debe realizar con mucha precaución, debido a que nunca se puede conseguir la estabilidad completa de cada constituyente, las técnicas de preservación lo que hacen es retardar los cambios químicos y biológicos que sobrevienen inevitablemente al remover la muestra de su fuente original.

Es recomendable realizar la medición de temperatura, pH y oxígeno disuelto en el lugar de origen.

### **1.4.3 HOJA DE REVISIÓN DE MUESTRAS**

Cuando se realiza la toma de una muestra se asigna una hoja de remisión, la persona responsable del muestreo debe registrar la información correspondiente y el personal de laboratorio llenara lo siguiente:

- ❖ Nombre de la persona que recibe la muestra
- ❖ Número de la muestra
- ❖ Fecha de recibida la muestra
- ❖ Ensayos por analizar

### **1.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Con la creciente contaminación que estamos viviendo, el tratamiento de agua residual ha tomado fuerza, lo que se pretende es reducir los problemas ambientales que actualmente se están presentando y en este caso se necesita sistemas de tratamiento, operaciones unitarias y de proceso.

La composición del agua residual con el tiempo ha cambiado, esto se debe a que en el mercado existen una serie de nuevos productos, para esto se debe considerar nuevas tecnologías, procesos y en general una nueva línea de tratamiento.

El grado de tratamiento requerido para cada tipo de agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para cada efluente, en el caso de

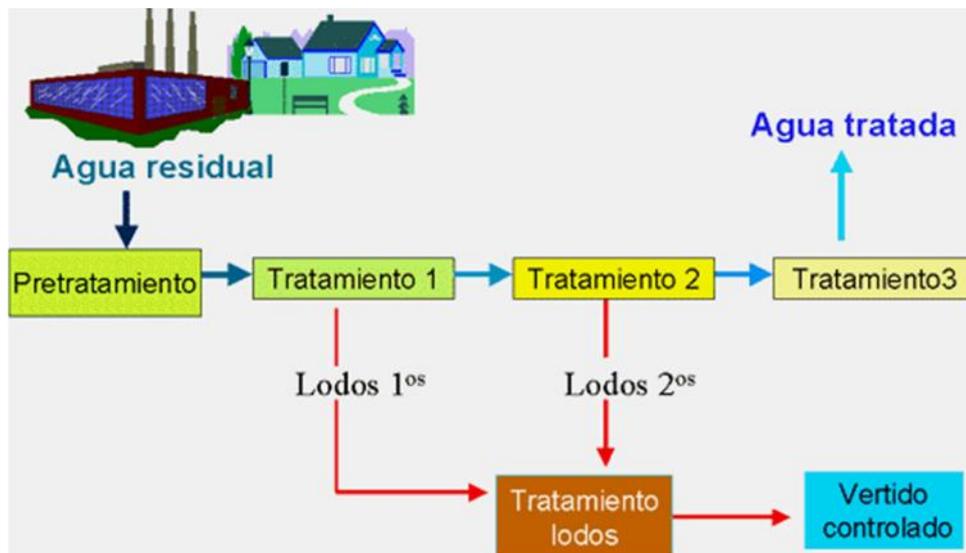
industrias el tratamiento se debe realizar antes de la descarga al alcantarillado municipal o cuerpo de agua.

### 1.5.1 TIPOS DE TRATAMIENTO

En el tratamiento de agua residual se puede determinar hasta cuatro etapas que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos.

En el siguiente gráfico se esquematiza los distintos tipos de tratamiento que existen para el agua residual domestica e industrial, se debe considerar al momento de diseñar una planta depuradora el mejor tratamiento que se ajuste a nuestra realidad.

GRÁFICO 1: Tipos de Tratamiento



FUENTE: <http://www.affairesjs.com/images/tratat.gif>

- A. **Tratamiento Preliminar:** son aquellos tratamientos destinados a separar el agua residual de los sólidos de gran tamaño, de esta manera no dañan los equipos mecánicos, no obstruyen las tuberías, causando depósitos permanentes en tanques. Sirven para minimizar efectos negativos al

tratamiento como grandes variaciones de caudal, presencia de materiales flotantes como aceites, grasas, basura, hojas, arenas, etc.

Las unidades más utilizadas en este tipo de tratamiento incluyen rejillas, desarenadores y desengrasadores.

Las rejillas son dispositivos que están constituidos por barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas, pueden ser rectas o curvadas. Su propósito es retener sólidos gruesos que se encuentren en suspensión o flotando, para la limpieza se puede realizar manual o automática.

### GRÁFICO 2: Tratamiento Preliminar



**FUENTE:** [http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/residuales/Tipos%20de%20Tratamiento\\_archivos/image003.jpg](http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/residuales/Tipos%20de%20Tratamiento_archivos/image003.jpg)

- B. Tratamiento Primario:** es aquel proceso o conjunto de procesos que tienen la finalidad de eliminar por medios físicos a las partículas en suspensión que no han sido retenidas en el pre-tratamiento, que sean capaces de formar depósitos de fango, aceite libre, grasas y parte de la carga orgánica vertida a las aguas receptoras.

### GRÁFICO 3: Tratamientos Primarios



**FUENTE:**<http://www.aqualityperu.com/imagenes/nuevas/sistemadetratamiento.jpg>

En varios puntos del proceso de tratamiento se puede producir la sedimentación, en el caso del desarenador, la arena a veces es eliminada del agua residual, en el sedimentador primario y secundario que acontece a un reactor biológico los sólidos orgánicos son separados del efluente tratado.

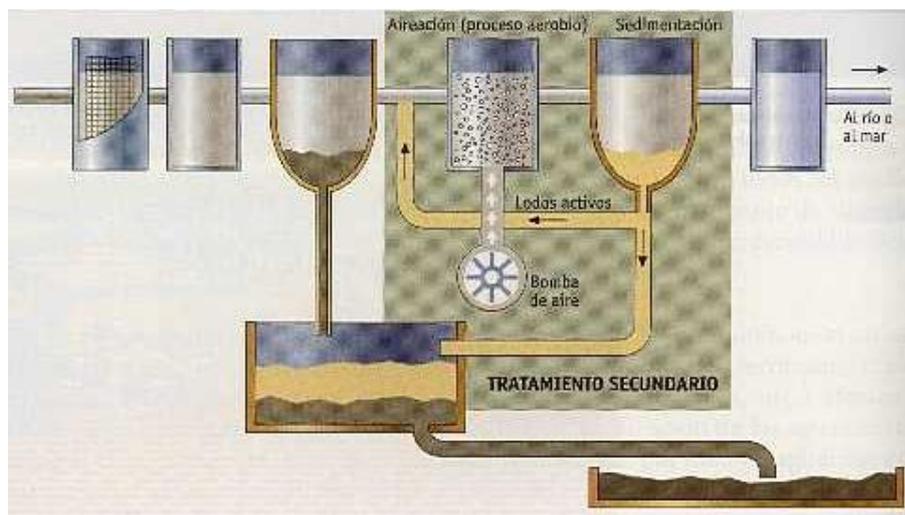
El tratamiento primario permite eliminar aproximadamente un 90% del material decantable y el 65% de material en suspensión, se consigue una disminución de la  $DBO_5$  alrededor del 35%, en el caso de agua residual urbana. [8]

Las ventajas de este tipo de tratamiento es que ayuda a la digestión de lodo, el tiempo de retención de estas unidades es menor a comparación con las lagunas, tienen un costo bajo de construcción y operación, se utilizan más en ciudades pequeñas y para comunidades en donde no se necesite una atención constante.

Las desventajas de estas estructuras es que son profundas, por lo que su construcción es difícil en lugares donde exista arena fluida o en roca, se debe tener en cuenta el nivel freático que no sea alto por lo que lo haría flotar o ser desplazado cuando se encuentre vacío. En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando el funcionamiento sea correcto.

- C. Tratamiento secundario:** con este tratamiento se pretende reducir la mayor cantidad de materia orgánica del agua, casi siempre se emplean procesos microbianos aeróbicos, es decir los microorganismos actúan en presencia de oxígeno disuelto. Las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas más estables, como en dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos.

**GRÁFICO 4: Tratamiento Secundario**



**FUENTE:** <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/11-10Pro.jpg>

Las ventajas de este tratamiento es que tiene una alta eficiencia en lo que se trata de sólidos en suspensión hasta de un 75 – 85% de remoción, en microorganismos de un 95 – 99%, el afluyente tratado se puede utilizar para riego agrícola, tienen un bajo costo de operación y mantenimiento y lodos parcialmente estabilizados.

Las desventajas de este tratamiento es que se necesita una gran extensión de terreno, tiene un alto costo por obra civil y puede desprender olores indeseables, como también requiere un área de depósito para lodos residuales.

**D. Tratamiento Terciario:** el principal objetivo de este tipo de tratamiento en la eliminación de contaminantes específicos de un agua residual, es un tratamiento muy costoso por lo que es usado solo cuando el agua se ha de reutilizar o cuando existe un contaminante peligroso que se desea eliminar. Existen varios tipos de tratamiento terciario como son: lagunas facultativas, lagunas de proceso anaerobio, lagunas aireadas dado por un proceso de sedimentación y lagunas de maduración, filtros ascendentes, descendentes, digestores, etc. [8]

**GRÁFICO 5:** Tratamiento Terciario



**FUENTE:** <http://www.vielca.com/web/images/areas/tratamientos-terciarios-1.png>

Las ventajas de este tipo de tratamiento es que se produce poca cantidad de lodos al final del proceso, requiere baja energía para el tratamiento, se puede utilizar en cualquier tipo de residuo industrial y los digestores pueden contener grandes cantidades de materia.

Las desventajas que presentan estos tratamientos es que son muy lentos que los sistemas aerobios y son más sensibles a tóxicos inhibidores y requieren de largos periodos de tiempo.

## 1.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

### 1.6.1 CAUDAL

En un cuerpo de agua, el caudal es denominado al volumen total que pasa por unidad de tiempo en una determinada sección del mismo.

Es de primordial importancia este parámetro a la hora de elegir un sistema de tratamiento a utilizar en el caso del diseño de una planta depuradora y para el dimensionamiento del mismo, debido a sus características y variaciones del caudal de agua residual.

#### A. MEDICIÓN DE CAUDAL PRÁCTICO

Para determinar el caudal del agua se utilizó el Método de cubo y cronómetro, el cual se aplica principalmente a los conductos pequeños, se recomienda utilizar recipientes que permitan volúmenes y tiempos de llenado razonables, registrando el tiempo que tarda el cubo en ser llenado, el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{v}{t} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q = caudal (L/s)

v = volumen del cubo (L)

t = tiempo de llenado (s)

## B. CAUDAL TEÓRICO DE DISEÑO

Cuando el caudal práctico no evidencia la realidad de la población, para realizar el dimensionamiento de la planta se puede aplicar el cálculo del caudal teórico, así se podrá tener un valor más real.

❖ Se determina la población futura con la siguiente fórmula:

$$P_f = P_o (1 + t)^n \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$P_f$  = Población futura

$P_o$  = Población actual

t = Tasa de crecimiento

n = Proyección del diseño en años

❖ Para el cálculo del caudal promedio se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{prom} = D * P_f \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$Q_{prom}$  = Caudal promedio (L/día)

D = Dotación (L/día\*hab)

Pf = Población futura (hab)

❖ Para determinar el caudal máximo con el que se trabaja en el dimensionamiento:

❖ **Coeficiente de Babbitt**

$$f = \frac{5}{P^{0.2}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

f = Coeficiente de Babbitt

P = Población futura

$$Q_{\text{máx}} = f * Q_{\text{prom}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

Q<sub>máx</sub> = Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)

f = Coeficiente de Babbitt

Q<sub>prom</sub> = Caudal promedio (m<sup>3</sup>/s)

## 1.6.2 CANAL RECTANGULAR

Para la llegada del agua residual se debe incluir en forma obligatoria un canal en donde sea conducida el agua y una vez que pase por las rejillas en el mismo canal se instalara un limnógrafo, el mismo que será colocado en una caseta con las debidas medidas de seguridad.

La importancia de esta estructura se debe a que permite una mejor distribución del caudal, considerando todas sus variaciones para evitar la acumulación de arenas.

Para calcular el área de la sección se toma un valor del ancho del canal (b) en metros y la profundidad del agua (h) en metros, se utiliza la siguiente fórmula:

$$A = b * h \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

A = Área de la sección (m<sup>2</sup>)

b = Ancho del canal (m)

h = Profundidad del agua (m)

### 1.6.3 REJILLAS

En el tratamiento de agua residual, el primer paso es separa los sólidos gruesos que se encuentres flotando o en suspensión a la llegada del agua a la planta, por lo que se utiliza rejillas, para poder retener la mayor cantidad de sólidos, el procedimiento es tan fácil y sencillo que consiste en hacer pasar el agua bruta por las barras de las rejas.

La Rejilla es una pieza con elementos en una sola dirección, con espacios libres entre barras de 15 mm o mayores. En nuestro diseño se utilizara rejillas de limpieza manual.

Para el diseño convencional de las rejillas de limpieza manual se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Parámetros de diseño de rejillas de limpieza manual

PARÁMETRO	UNIDAD	MANUAL
Ancho	Pulg	0,2 – 0,6
Profundidad	pulg	1,0 – 1,5
Espacio entre barras	pulg	1,0 – 2,0
Inclinación con vertical	grad	30 - 45
Velocidad de aproximación	pie/s	1,0 – 2,0
Pérdidas admisibles	pulg	6

**FUENTE:** Crites, Tchobanoglous, 2000

### A. Fundamentos del diseño

Para empezar el sistema de tratamiento se necesita calcular la velocidad con la que se va a utilizar para la planta, mediante la ecuación de Manning, para luego compararlo con parámetros de velocidad y abertura de barras sugeridas.

$$v = \frac{1}{n} R_3^2 J_2^1 \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

v = velocidad

n = Coeficiente de Manning

R = Radio hidráulico

J = Gradiente hidráulico

Para que no exista una pérdida de carga, ni atascamientos en las barras por causa de los materiales en suspensión, se debe contar con una velocidad suficiente para que el agua pase sin obstáculo alguno por la rejilla.

Se establece una velocidad mínima y máxima que por lo general oscila entre 0,60 m/s y 1 m/s, pudiendo llegar hasta 1,4 m/s como máximo.

Para poder calcular el Radio hidráulico, se emplea la siguiente fórmula:

$$R = \frac{b \cdot h}{2(b+h)} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

R = Radio hidráulico (m)

b = Ancho del canal (m) = 0,45 m

h = Profundidad (m) = 0,60 m

### **A. Determinación del área entre barras**

Para el cálculo de la velocidad de entrada al área libre entre barras ( $A_L$ ), tenemos:

$$A_L = \frac{Q}{vRL} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$A_L$  = Área libre entre barras ( $m^2$ )

$Q$  = Caudal ( $m^3/s$ )

$v_{RL}$  = Velocidad de entrada al área libre entre barras (m/s)

### C. Área de la sección transversal del flujo

$$A_f = A_L \left[ \frac{a+t}{a} \right] \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$A_f$  = Área de flujo ( $m^2$ )

$a$  = Separación entre barras (mm)

$t$  = Espesor de las barras (mm)

### D. Longitud sumergida de la rejilla

Para poder determinar la longitud de la rejilla sumergida se necesita conocer el nivel máximo de agua:

$$d_{max} = \left[ \frac{Q}{v_{RL} * B} \right] \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

$d_{max}$  = Nivel máximo de agua (m)

Q = Caudal ( $m^3/s$ )

vRL = Velocidad de aproximación (m/s)

b = Ancho de la rejilla (m)

❖ **Para calcular la longitud**

$$L_s = \frac{d_{max}}{\text{sen } \theta} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$L_s$  = Longitud sumergida de la rejilla (m)

$d_{max}$  = Nivel máximo de agua (m)

$\theta$  = Grado de inclinación de las rejillas

**E. Número de barras**

$$N = \frac{b-a}{a+t} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

N = Número de barras

b = Ancho de la rejilla (mm)

a = Separación entre barras (mm)

t = Espesor de las barras (mm)

#### D. Cálculo de las pérdidas de carga a través de la rejilla

El paso del agua por las rejillas produce una pérdida de carga, que van en función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad de flujo a través de los barrotes, es utilizada cuando se realiza una limpieza manual y se la puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$h_L = \frac{1}{0,7} \left[ \frac{V^2 - v^2}{2g} \right] \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

$h_L$  = pérdida de carga (m)

$K = 1/0,7$  = coeficiente empírico que incluye perdidas por turbulencia y formación de remolinos

$V$  = velocidad de flujo a través del espacio entre las barras de la reja (m/s)

$v$  = velocidad de aproximación del fluido hacia la reja (m/s)

$g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

#### 1.6.4 TANQUE SÉPTICO DE 2 CAMARAS

Para una población pequeña, hasta de 500 habitantes, uno de los tratamientos más efectivos es el Tanque Séptico el cual se caracteriza por realizar la sedimentación y la digestión en el mismo tanque, en el caso de la población de Bilbao se ha optado por realizar un tanque con dos cámaras para poder acondicionar el agua residual para su disposición final.

Con este sistema se evidencia una mayor eficiencia debido a que tenemos dos compartimentos logrando una remoción de sólidos suspendidos y material flotante con una remoción del 75 – 98%, de DBO un 80 – 95%, de DQO un 80 – 90%, de grasas y aceites entre un 50 – 70%. El material sedimentado forma en la parte inferior del tanque una capa de lodo, en la que la materia orgánica se descompone en agua y gases. El lodo se debe extraer periódicamente.

Las ventajas que tiene este sistema es de muy bajo costo el mantenimiento, el proceso biológico principal que se utiliza es anaerobio y es el más indicado para pequeños asentamientos.

Los parámetros de diseño para un tanque séptico, determinados por el Código británico y los del USPHS los podemos encontrar en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Parámetros de diseño para un Tanque séptico

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Longitud	m	2 – 3
$h_{\text{útil}}$	m	anchura
Resguardo	m	1,2 – 1,7
2 compartimentos		> 0.3
3 compartimentos		60/40
Sifón	cm	50/25/25

Tiempo de retención		7,5 < $\phi$ <
Tasa acumulación del lodo	días	15,0
	m <sup>3</sup> /hab.año	1 – 3
		0,04

**FUENTE:** Código británico y los del USPHS.

## A. Fundamentos del diseño

Los principios que se debe orientar en el diseño de un tanque séptico son varios:

- ❖ Prever un tiempo de retención de las aguas servidas, en el tanque séptico, suficiente para la separación de los sólidos y se logre la estabilización de los líquidos.
- ❖ Asegurarse que el tanque sea lo suficientemente grande para la acumulación de los lodos y espuma.
- ❖ Prevenir las obstrucciones y asegurar la adecuada ventilación de los gases.
- ❖ El diámetro de las tuberías de entrada y salida del tanque séptico será de 4"
- ❖ El nivel de la tubería de salida del tanque deberá estar situado a 0,05 m por debajo de la tubería de entrada.
- ❖ Los dispositivos de entrada y salida de agua residual estarán contruidos por pantallas y estarán distanciadas de las paredes del tanque a 0,20 m.
- ❖ La parte superior de los dispositivos de entrada y salida deberán dejar una luz libre para ventilación de 0,05 m por debajo de la losa de techo del tanque.
- ❖ La longitud del ancho del primer compartimento debe ser el doble que la del segundo.
- ❖ El fondo de los tanques tendrá un a pendiente de 2% orientada al punto de ingreso de los líquidos.
- ❖ El techo de los tanques debe estar dotado de losas removibles y registros de inspección de 150 mm de diámetro.
- ❖ Los dos compartimentos deberán tener un largo de 0,6 m.

### **B. Capacidad total del tanque**

$$C = 0,18 P + 2 \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

C = Capacidad total (m<sup>3</sup>)

P = Población servida futura

### **B. Volumen total del tanque**

$$V = 1,5 * Q \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

V = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/d)

### **C. Periodo de retención hidráulica (días)**

$$PR = 1,5 - 0,3 \log (P * Q) \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

P = Población futura

Q = Caudal máximo (m<sup>3</sup>/d\*hab)

#### **D. Volumen requerido para la sedimentación (m<sup>3</sup>)**

$$V_s = 10^{-3} * (P * Q) * PR \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

P = Población futura

Q = Caudal máximo (m<sup>3</sup>/d\*hab)

PR = Periodo de retención hidráulica (d)

#### **E. Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (m<sup>3</sup>)**

$$V_d = 70 * 10^{-3} * P * N \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

P = Población futura

N = Intervalo deseado en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos

#### **F. Volumen de lodos producidos**

La cantidad de lodos producidos por habitante y por año, depende de la temperatura ambiental y de la descarga de residuos de la cocina. En el caso de la parroquia Bilbao tenemos un clima frío y el valor a considerar es de 50 L/hab\*año.

### **G. Volumen de natas**

Como valor se considera un volumen mínimo de 0,7 m<sup>3</sup>.

### **H. Profundidad máxima de espuma sumergida (m)**

$$H_e = \frac{0.7}{A} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

A = Área superficial del tanque séptico (m<sup>2</sup>)

### **I. Profundidad libre de espuma sumergida**

Distancia entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee de salida o cortina deflectora del dispositivo de salida del tanque séptico, debe tener un valor mínimo de 0,10 m.

### **J. Profundidad libre de lodo (m)**

$$H_o = 0,82 - 0,26 * A \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

A = Área superficial del tanque séptico (m<sup>2</sup>)

### **K. Profundidad mínima requerida para la sedimentación (m)**

$$H_s = \frac{V_s}{A}$$

Ecuación 22

Donde:

A = Área superficial del tanque séptico (m<sup>2</sup>)

### **L. Profundidad de espacio libre (m)**

Comprende la superficie libre de espuma sumergida y la profundidad de lodos. Seleccionar el mayor valor, comparando la profundidad del espacio libre mínimo total (0,1 + H<sub>o</sub>) con la profundidad mínima requerida para la sedimentación.

### **M. Profundidad neta del tanque séptico (m)**

La suma de las profundidades de natas, sedimentación, almacenamiento de lodos y la profundidad libre de natas sumergidas.

## **1.6.5 LECHOS DE SECADO DE LODOS**

Los lechos de secado de lodos son el tratamiento más simple y económico para deshidratar los lodos digeridos que serán removidos del tanque séptico construido en la parroquia Bilbao.

## A. Fundamentos del diseño

La deshidratación de los lodos se debe calcular en base a un tiempo referencial, considerando que existirá una mezcla de lodos frescos y lodos digeridos, estos últimos ubicados al fondo del digestor. De este modo el intervalo de tiempo entre extracciones de lodos sucesivas deberá ser por lo menos el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión.

La Tabla 3 presenta la frecuencia de retiros de lodos digeridos, de acuerdo a la temperatura.

**Tabla 3:** Tiempo requerido para la digestión de lodos

<b>Temperatura °C</b>	<b>Tiempo de digestión en días</b>
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

**FUENTE:** CEPIS/OPS, 1985

- ❖ Se instalara dos lechos de secado debido a que la población de la parroquia no es muy grande.
- ❖ El medio de drenaje será de 0,30 de espesor y contara con los siguientes componentes:
  - El medio de soporte estará constituido por una capa de 15 cm formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 3 cm llenos de arena.

- La arena es el medio filtrante y deberá tener un tamaño efectivo de 0,5 mm y un coeficiente de uniformidad de 3.
- Luego de la arena se colocara un estrato de grava graduada entre 3mm y 0,20 m de espesor.
- Los drenes deberán ser tubos de 100 mm de diámetro, de PVC, instalados debajo de la grava del medio de drenaje.
- Los muros deberán ser impermeables, extendiéndose verticalmente desde un nivel de 6" bajo la superficie de arena hasta 15" por encima.
- Para cada lecho se deberá proveer una tubería de descarga con su respectiva válvula de compuerta y losa en el fondo, para impedir la destrucción del lecho. La boca de descarga estará 12" más arriba que la superficie de la arena y de forma que puedan desaguar los tubos.

A continuación se describen los parámetros más importantes involucrados en el diseño de lechos de secado de lodos.

### **B. Carga de sólidos que ingresa al sedimentador.**

Se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión. En el caso de la parroquia Bilbao que no cuenta con un sistema de alcantarillado bien estructurado se utiliza una contribución per cápita promedio de 90 gr.SS/hab\*día.

$$C = \frac{\text{Población} * \text{contribución per cápita (gr.SS/hab*día)}}{1000} \quad \text{Ecuación 23}$$

### **C. Masa de sólidos que conforman los lodos**

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

Ecuación 24

Donde:

Msd = Masa de sólidos (kgSS/día)

C = Carga de sólidos (kgSS/día)

#### **D. Volumen diario de lodos digeridos.**

$$Vld = \frac{Msd}{plodo * (\% \text{ de sólidos} / 100)}$$

Ecuación 25

Donde:

Plodo = Densidad de los lodos, 1,04 kg/l

% de sólidos = % de sólidos contenidos en el lodo, 8%

Msd = Masa de sólidos (kgSS/día)

#### **E. Volumen de lodos a extraerse del tanque.**

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Ecuación 26

Donde:

Vld = Volumen diario de lodos digeridos (L/día)

Td = Tiempo de digestión (días) Tabla 3.

## F. Área del lecho de secado.

$$A_{ls} = \frac{Vel}{Ha} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

Vel = Volumen de lodos a extraerse del tanque (m<sup>3</sup>)

Ha = Profundidad de aplicación 0,3 m

### 1.6.6 FAFA

Para poder radicar la turbiedad del agua se ha implementado este sistema, que consiste en hacer pasar el agua servida a través del fondo, será construido de forma que permita distribuir el flujo en adheridos a la superficie o floculados, donde se realiza el proceso de degradación anaerobia.

#### A. Fundamentos de diseño.

Es un reactor biológico compuesto de una cámara inferior vacía y una cámara superior, que se encuentra relleno de material filtrante sumergido, en este actúan microorganismos facultativos y anaerobios, los que son los responsables de la estabilización de la materia orgánica.

El líquido penetra por la base y es distribuido por el fondo falso, el cual fluye a través del material de relleno y es evacuado por la parte superior.

**Tabla 4:** Tiempo de retención hidráulica

Q (L/d)	TDH (d)	
	15 - 25°C	< 15 °C

< 1500	1	1,17
1501 – 3000	0,92	1,08
3001 – 4500	0,83	1
4501 – 6000	0,75	0,92
6001 – 7500	0,67	0,83
7501 – 9000	0,58	0,75
>9000	0,50	0,75

**FUENTE:** Metcalf & Eddy, 1995

### **B. Volumen del lecho filtrante**

$$Vu = 1,6 \text{ NCT}$$

Ecuación 28

Donde:

$Vu$  = Volumen (L)

$N$  = Número de contribuyentes

$C$  = Contribución del agua residual (L/hab.día)

$T$  = Periodo de detención hidráulica (días)

### **C. Altura total interna del filtro anaerobio**

$$H = h + h1 + h2$$

Ecuación 29

Donde:

$h$  = Altura total del lecho filtrante (m)

$h1$  = Altura del espacio para coleccionar el efluente (m)

$h2$  = Altura sobresaliente (m)

#### **D. Lecho filtrante.**

Lo se considera como una altura máxima de 1,20 m.

#### **E. Fondo falso.**

Para la dimensión incluye el espesor de la fosa con una altura máxima de 0,60 m.

#### **F. Sistema de distribución del afluente.**

En el fondo falso el diámetro de los orificios será de 2,5 cm, en la sumatoria de las áreas mínimo al 5% del área del fondo falso.

#### **G. Colecta de Efluentes.**

- ❖ En el caso de nuestro filtro cuya distribución es hecha por tubos perforados en el fondo, deben ser dispuestas paralelamente al fondo, distancia entre canaletas de 1,50 m como máximo.
- ❖ Los vertederos de las canaletas o de los tubos colectores del efluente deben ser dispuestos horizontalmente.

#### **H. Sistema drenaje.**

- ❖ Nuestro filtro cuenta con un fondo falso, debe contar con un tubo guía de un diámetro de 150 mm en PVC para cada 3m<sup>2</sup> de fondo.

- ❖ Cuenta con tubos perforados en el fondo, este debe contar con una pendiente de 1% en dirección a pozo de drenaje.

#### **I. Material filtrante**

- ❖ Se agregará materiales resistentes a medios agresivos y con dimensiones lo más uniforme posible.
- ❖ Grava con un diámetro de 7 mm
- ❖ Arena con un diámetro de 6 mm

#### **J. Cobertura.**

Se realizara una losa de concreto, con una tapa de inspección sobre los tubos guías de drenaje.

### **1.7 NORMATIVA AMBIENTAL**

Para el cálculo, diseño y dimensionamiento de las plantas de tratamiento se aplican las siguientes normas técnicas:

- ❖ Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, publicadas en 1995. Décima parte (X). Sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- ❖ Proyecto de código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias Co 10.07 – 601 abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en el área rural (SSA).
- ❖ Reglamento técnico del sector del agua potable y saneamiento básico RAS – 2000 Sección II. Título tratamiento de aguas residuales. Republica

Colombia. Ministerio de desarrollo económico. Dirección de agua potable y saneamiento básico Bogotá D.C. Noviembre de 2000 (RAS 2000).

- ❖ Organización panamericana de la salud. Área de desarrollo sostenible y salud ambiental (ops/cepis 05.163 unatsabar). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanque Imhoff y lagunas de estabilización. Lima 2005 (OPS).
- ❖ Normas recomendadas por la subsecretaria de saneamiento ambiental del Ministerio de desarrollo urbano y vivienda.

Para la caracterización del agua residual y calidad del efluente que se descarga al río Chambo se regirá la presente investigación a la normativa emitida por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Se aplicara esta norma, puesto que en el Cantón Penipe, así como en la provincia no existe una ordenanza o ley que regule la descarga de agua residual a un cuerpo dulce.

- ❖ Calidad de descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Recurso Agua. Anexo I. Libro VI. Tabla 10.

**Tabla 5: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/L	50
	DQO	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	P	mg/L	10
Fosforo total	pH	UNIDAD	5 – 9
Potencial de hidrógeno	NMP		Remoción
Coliformes fecales	NMP		>99.9%
Coliformes totales	mg/L	mg/L	Remoción
Sólidos Suspendidos	mg/L	mg/L	>99.9%
Sólidos totales	T	°C	80
Temperatura			1600
			<35

**FUENTE:** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.  
Anexo I. Libro VI. Tabla 10

## 1.8 ÁREA DE ESTUDIO PARROQUIA BILBAO

### 1.8.1 Evaluación y descripción del sistema de alcantarillado existente en la zona

La descripción que a continuación se detalla, indica los diversos componentes del sistema existente de alcantarillado, con el afán de analizar la posibilidad de utilizar al máximo la capacidad existente e identificar las deficiencias que deben ser corregidas para rehabilitar completamente el sistema existente.

**MAPA No 1:** Alcantarillado sanitario existente en la parroquia Bilbao



**FUENTE:** Equipo Técnico del Gobierno Parroquial de Bilbao

### 1.8.2 Estado físico de la tubería.

La evaluación visual de la única tubería indica: La tubería principal construida de asbesto cemento, se encuentra en buen estado.

**GRÁFICO 6:** Descarga agua residual parroquia Bilbao



**FUENTE:** Tania Alvarado

**GRÁFICO 7:** Descarga agua residual de la parroquia Bilbao al río Chambo



**FUENTE:** Tania Alvarado

### **1.8.3 Ubicación Geográfica**

#### **A. Localización Geográfica**

Región: Sierra  
Provincia: Chimborazo  
Cantón: Penipe  
Parroquia: Bilbao

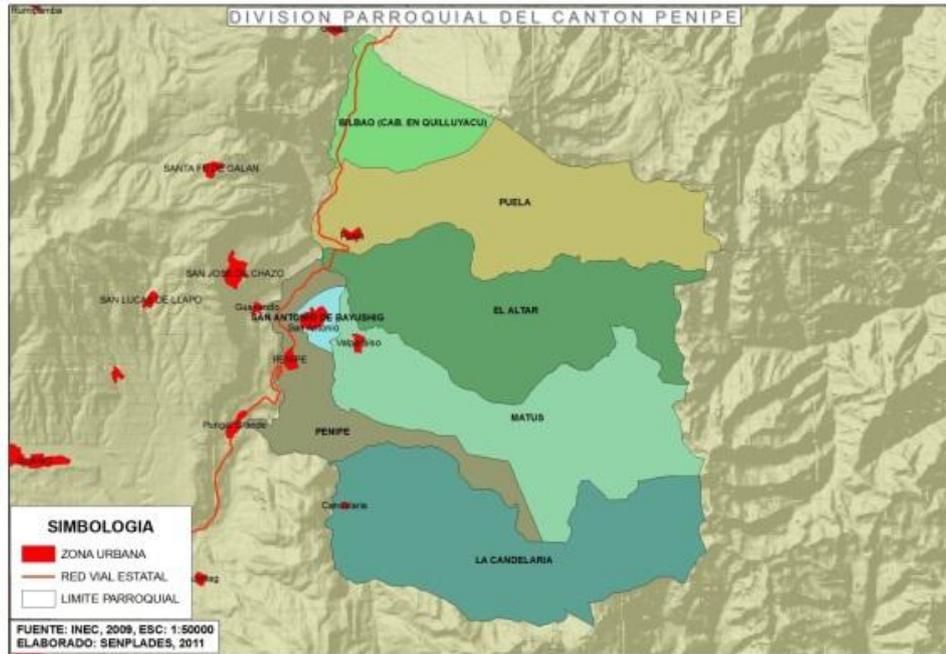
## **B. Coordenadas Geográficas**

Latitud Sur:  $1^{\circ}26'00''$  y  $1^{\circ}41'45''$

Longitud oeste:  $78^{\circ}21'30''$  y  $78^{\circ}32'45''$

Superficie actual del área poblada y superficie total futura cubierta por el diseño es de 47.59 Ha. En el siguiente mapa se encuentra la ubicación geográfica del sitio donde se realiza la presente investigación, el mismo que corresponde al mapa del Cantón Penipe.

**MAPA No 2:** Ubicación geográfica



**FUENTE:** Planes Parroquiales Cantón Penipe  
 Elaboración Equipo Técnico Plan Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

## CAPITULO II

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1 ANÁLISIS DE AGUA**

La investigación realizada se basa en el análisis físico químico y microbiológico del agua residual proveniente de la parroquia Bilbao, ubicado en el Cantón Penipe, que es descargada al río Chambo. Los análisis se realizaron en base al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Anexo I. Libro VI. Tabla 10.

Los análisis se los realizó para verificar cual es el grado de contaminación, y de esta manera poder determinar el mejor tratamiento. La determinación de las características del agua se obtuvo mediante muestreos periódicos, cada muestra fue analizada en el Laboratorio de Análisis Técnicos, Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Una vez que se obtuvieron los resultados de las muestras del efluente se procede a realizar los cálculos y el diseño más adecuado para el sistema de tratamiento.

### **2.2 MUESTREO**

El muestreo se realizó en la tubería de descarga de agua residual de la parroquia, con un volumen de 2 Litros para los parámetros a ser analizados. Se tomaron tres muestras en diferentes días de la semana, debido a que el caudal de la parroquia era constante.

Lo que se trató de hacer es tomar una muestra homogénea y representativa, para que pueda ser analizada. Se tuvo mucho cuidado en el transporte de la muestra para que no se modifiquen las propiedades al momento del análisis.

#### **2.2.1 SISTEMA DE TOMA DE MUESTRAS**

**Etiquetado:** Se realizó el etiquetado a cada una de las muestras en las que se registró: número de muestra, nombre del responsable, fecha, hora y lugar del lugar de procedencia del agua. Así como pH y temperatura.

**Envase:** La muestra fue tomada en envases de plástico con capacidad de 4 litros.

## 2.3 METODOLOGÍA

El análisis de los parámetros físico químicos se realizaron en Laboratorio de Análisis Técnicos – Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, utilizando los diferentes instrumentos, métodos y técnicas para desarrollar los procedimientos y comparando los parámetros en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Anexo I. Libro VI. Tabla 10.

Los análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Alimentos - Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### 2.3.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Para poder llegar a obtener un resultado en cualquier campo que se los emplea se aplica un conjunto de reglas, en nuestra investigación se aplica una serie de procedimientos que tiene como objetivo la determinación de los diferentes parámetros a ser analizados.

## 2.3.2 MÉTODOS

### A. MÉTODO 5210 – B: DETERMINACIÓN DE DBO

**Tabla 6:** Determinación de DBO<sub>5</sub>

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Determinación de DBO <sub>5</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Frasco de DBO (winkler) de 250-300 cm<sup>3</sup> de capacidad</li> <li>❖ Incubadora de aire con control termostático a 20 ± 1 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Agua destilada</li> <li>❖ Solución amortiguadora de Fosfato</li> <li>❖ Solución de Sulfato de Magnesio</li> <li>❖ Solución de Cloruro de Calcio</li> <li>❖ Solución de Cloruro Férrico</li> <li>❖ Solución de Acido Sulfúrico 1 N</li> <li>❖ Solución de Hidróxido de Sodio</li> <li>❖ Solución de sulfito de Sodio 0,025 N</li> <li>❖ Inóculo</li> </ul>	<p>Norma Técnica INEN 1202 Aguas Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</p>	<p>Cuando el agua de dilución no ha sido inoculada:</p> $\text{DBO,mg/L} = \frac{D_1 - D_2}{P}$ <p>Cuando el agua de dilución ha sido inoculada:</p> $\text{DBO,mg/L} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$ <p>D<sub>1</sub>= OD de la muestra independiente después de la preparación, mg/l.  D<sub>2</sub>= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20 °C, mg/l.  P= alícuota de la muestra usada en análisis.  B<sub>1</sub>= OD de inóculo control antes de la incubación, mg/l.  B<sub>2</sub>= OD de inóculo control después de la incubación, mg/l.  f= relación de inóculo en la muestra con el inóculo en el control=(% de inóculo en D<sub>1</sub>) (% de inóculo B<sub>1</sub>)</p>

**FUENTE:** Métodos normalizados para análisis de agua residual y potable

## B. MÉTODO 5220 - C: DETERMINACIÓN DE DQO

**Tabla 7:** Determinación de DQO

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Determinación de DQO	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Equipo de reflujo</li> <li>❖ placa calentadora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Solución de dicromato de potasio</li> <li>❖ Ácido sulfúrico</li> <li>❖ Solución titulante de sulfato ferroso y amonio</li> <li>❖ Solución indicadora de ferroína</li> <li>❖ Sulfato de plata</li> <li>❖ Sulfato de mercurio</li> <li>❖ Ácido sulfámico</li> <li>❖ Solución patrón de ftalato ácido de potasio.</li> </ul>	<p>Norma Técnica INEN 1203 Aguas. Demanda Química de Oxígeno (DQO)</p>	$DQO, \text{ mg/L} = \frac{(a-b)N \cdot 8000}{cm^3 \text{ muestra}}$ <p>Siendo: DQO = demanda química de oxígeno a = cm<sup>3</sup> Fe (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> usado para el blanco. b = cm<sup>3</sup> Fe (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> usado para la muestra. N = normalidad de Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></p>

**FUENTE:** Métodos normalizados para análisis de agua residual y potable

## C. MÉTODO 2540 – B: DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES

**Tabla 8:** Determinación de Sólidos Suspendidos Totales

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Determinación de sólidos suspendidos totales	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cápsula de porcelana</li> <li>❖ Horno de secado</li> <li>❖ Desecador</li> <li>❖ Balanza analítica de precisión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Agua Residual</li> </ul>	<p>Calentar la cápsula limpia en la estufa de 103 – 105 °C durante una hora.</p> <p>Elegir un volumen determinado de la muestra, transferirla a la cápsula pesada previamente y evapórese hasta que se seque.</p> <p>Después secar la muestra evaporada al menos durante una hora a 103 – 105 °C. Enfriar en el desecador y pesar.</p> <p>Repetir el ciclo hasta que el peso sea constante.</p>	<p>Para la determinación de sólidos totales utilizamos:</p> $\text{mg } \frac{ST}{L} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{vol de muestra ml}}$ <p>Donde:  A = peso del residuo seco  B = peso de la placa en mg</p>

**FUENTE:** Métodos normalizados para análisis de agua residual y potable

## D. MÉTODOS 5530 – C: DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS

Tabla 9: Determinación de aceites y grasas

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Determinación de aceites y grasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Embudo de separación</li> <li>❖ Matraz de destilación</li> <li>❖ Baño de agua</li> <li>❖ Papel filtro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Agua Residual</li> </ul>	<p>Tome un volumen de 1 mL de muestra y marque el nivel de muestra en la botella.                      Acidifique hasta un pH de 2 o inferior con 5 mL de HCl, pásela por un embudo. Enjuague con cuidado la botella de la muestra con 30 mL de triclorotrifluoroetano y añada los lavados del disolvente al embudo de separación. Dejar que separe las dos capas y luego drenar la capa del disolvente a través del embudo que contenga el papel filtro humedecido con el disolvente en el matraz de destilación.</p>	<p>La cantidad de aceites y grasas se determina mediante:</p> $\text{mg de aceites y } \frac{\text{grasa}}{L} = \frac{(A-B) \cdot 1000}{\text{ml de muestra}}$ <p>Donde:                      A = la ganancia total del peso                      B = peso del matraz tarado menos el peso calculado</p>

FUENTE: Métodos normalizados para análisis de agua residual y potable

## E. DETERMINACIÓN DE LA TURBIDEZ

Tabla 10: Determinación de turbidez

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Determinación de turbidez	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Turbidímetro</li><li>❖ Piseta</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Agua Residual</li></ul>	Colocar en la celda el agua obtenida en la prueba de jarras. Colocar la celda en el turbidímetro. Leer directamente el valor según la escala deseada (0 – 1, 0 – 10, 0 – 100, 0 - 1000) NTU.	Lectura directa

**FUENTE:** Métodos normalizados para análisis de agua residual y potable

## F. MÉTODO 4500 B: DETERMINACIÓN DE pH

Tabla 11: Determinación de pH

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Determinación de pH	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Potenciómetro</li><li>❖ Piseta</li><li>❖ Vaso de precipitación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Solución tampón de pH 4, pH 7, y pH 9.</li><li>❖ Agua destilada</li></ul>	Norma Técnica INEN 973	Se determina directamente en la escala del instrumento.

**FUENTE:** Métodos normalizados para análisis de agua residual y potable

## 2.4 DATOS EXPERIMENTALES

### 2.4.1 DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL PRÁCTICO

Para la determinación del caudal práctico del agua residual producido por la parroquia Bilbao, se realizó la medición durante una semana, en las fechas del 11 al 17 de Junio del 2013. Las horas que se tomó los valores fueron de 7 am hasta las 6 pm, debido a que la tubería de descarga se encuentra en un punto de difícil acceso, no se realizó las mediciones de caudal en la noche.

**Tabla 12:** Medición de caudal práctico día 11 de junio del 2013

<b>HORA</b>	<b>VOLUMEN (L)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>CAUDAL (L/s)</b>	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>
7:00	6	30,5	0,20	0,0002
8:00	8	29,5	0,27	0,0003
9:00	6,5	29,7	0,22	0,0002
10:00	6	30	0,20	0,0002
11:00	6	30	0,20	0,0002
12:00	8	30	0,27	0,0003
13:00	8	29	0,28	0,0003
14:00	7,5	31	0,24	0,0002
15:00	7	30,5	0,23	0,0002
16:00	9	31	0,29	0,0003
17:00	8	29	0,28	0,0003
18:00	8	30	0,27	0,0003

**FUENTE:** Tania Alvarado

**Tabla 13:** Medición de caudal práctico día 12 de junio del 2013

<b>HORA</b>	<b>VOLUMEN (L)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>CAUDAL (L/s)</b>	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>
7:00	5,5	30	0,18	0,0002
8:00	7	31	0,23	0,0002
9:00	6,5	29	0,22	0,0002
10:00	6	30	0,20	0,0002
11:00	7	30	0,23	0,0002
12:00	8	31	0,26	0,0003
13:00	7,8	30	0,26	0,0003
14:00	6	29,5	0,20	0,0002
15:00	7	30	0,23	0,0002
16:00	7	29	0,24	0,0002
17:00	8	29,6	0,27	0,0003
18:00	8	30	0,27	0,0003

**FUENTE:** Tania Alvarado

**Tabla 14:** Medición de caudal práctico día 13 de junio del 2013

<b>HORA</b>	<b>VOLUMEN (L)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>CAUDAL (L/s)</b>	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>
7:00	6	29	0,21	0,0002
8:00	8	30	0,27	0,0003
9:00	6,5	30	0,22	0,0002
10:00	7	31	0,23	0,0002
11:00	6	30	0,20	0,0002
12:00	7,5	29,8	0,25	0,0003
13:00	7,8	30	0,26	0,0003
14:00	6	29,5	0,20	0,0002
15:00	6	30	0,20	0,0002

16:00	6,5	30	0,22	0,0002
17:00	9	31	0,29	0,0003
18:00	8	30	0,27	0,0003

**FUENTE:** Tania Alvarado

**Tabla 15:** Medición de caudal práctico día 14 de junio del 2013

HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	CAUDAL (L/s)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
7:00	5	31	0,16	0,0002
8:00	4,8	30	0,16	0,0002
9:00	6	30	0,20	0,0002
10:00	6	29,5	0,20	0,0002
11:00	7	30	0,23	0,0002
12:00	7,5	30	0,25	0,0003
13:00	7,8	29	0,27	0,0003
14:00	6	30	0,20	0,0002
15:00	6	30	0,20	0,0002
16:00	8	30	0,27	0,0003
17:00	8	30	0,27	0,0003
18:00	8	30	0,27	0,0003

**FUENTE:** Tania Alvarado

**Tabla 16:** Medición de caudal práctico día 15 de Junio del 2013

HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	CAUDAL (L/s)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
7:00	6	30,5	0,20	0,0002
8:00	5,7	30,2	0,19	0,0002
9:00	6	30	0,20	0,0002

10:00	6	31	0,19	0,0002
11:00	6	30	0,20	0,0002
12:00	7	30	0,23	0,0002
13:00	7,8	30	0,26	0,0003
14:00	7	31	0,23	0,0002
15:00	7	31	0,23	0,0002
16:00	9	29	0,31	0,0003
17:00	9	30	0,30	0,0003
18:00	8	30	0,27	0,0003

FUENTE: Tania Alvarado

Tabla 17: Medición de caudal práctico día 16 de junio del 2013

HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	CAUDAL (L/s)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
7:00	7	30,3	0,23	0,0002
8:00	7,9	30	0,26	0,0003
9:00	8	31	0,26	0,0003
10:00	8	29,6	0,27	0,0003
11:00	6,7	30	0,22	0,0002
12:00	8	31	0,26	0,0003
13:00	9	30	0,30	0,0003
14:00	9	30,5	0,30	0,0003
15:00	8,9	30,5	0,29	0,0003
16:00	8,4	31	0,27	0,0003
17:00	9	29,8	0,30	0,0003
18:00	9	30	0,30	0,0003

FUENTE: Tania Alvarado

**Tabla 18:** Medición de caudal práctico día 17 de junio del 2013

<b>HORA</b>	<b>VOLUMEN (L)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>CAUDAL (L/s)</b>	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>
7:00	7	29,5	0,24	0,0002
8:00	7	30	0,23	0,0002
9:00	7	29	0,24	0,0002
10:00	6	31	0,19	0,0002
11:00	6,7	31	0,22	0,0002
12:00	8	31	0,26	0,0003
13:00	7,8	30	0,26	0,0003
14:00	8	29,7	0,27	0,0003
15:00	8	30	0,27	0,0003
16:00	8	30	0,27	0,0003
17:00	7	31	0,23	0,0002
18:00	7	30	0,23	0,0002

**FUENTE:** Tania Alvarado

**Tabla 19:** Datos para la determinación del caudal práctico

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Tiempo (s)	30,5
Volumen (L)	9

**FUENTE:** Tania Alvarado

## 2.4.2 DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL TEÓRICO

**Tabla 20:** Datos para la determinación del caudal teórico

PARÁMETRO	VALOR
Dotación (L/hab.d)	80
Población	325

FUENTE: Tania Alvarado

## 2.4.3 DATOS ADICIONALES

**Tabla 21:** Dimensiones para las rejillas de barras de limpieza manual

CARACTERÍSTICAS	LIMPIEZA MANUAL
Anchura (mm)	6
Profundidad (mm)	1,2
Separación entre barras (mm)	30
Pendiente en relación a la vertical (°)	30
Velocidad de paso a través de la rejilla (m/s)	0,47

FUENTE: Uralita 2011

**Tabla 22:** Información típica para el diseño de tanque séptico

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
Volumen lodos producidos	L/hab.año	50
Volumen natas	m <sup>3</sup>	0,7
Profundidad libre de espuma	m	0,10
Ancho	m	1.2
Largo	m	2.20
Diámetro de tuberías	mm	100

FUENTE: CEPIS/OPS, 1985

**Tabla 23:** Información usual para diseño de lechos de secado

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Contribución per cápita	gr.SS/hab.d	90
Densidad de lodos	Kg/l	1,04
Sólidos	%	8
Tiempo de digestión	D	55
Profundidad de aplicación	m	0,30
Ancho	m	1 -3
Largo	m	3 – 6
<b>Medio de drenaje</b>		
Espesor		0,30
Medio de soporte	cm	15
Separación	cm	3

**FUENTE:** CEPIS/OPS, 1985

**Tabla 24:** Valores usuales para el diseño de FAFA

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
DQO	mg/L	1000 – 3000
Tiempo de retención	H	24 – 48
Carga orgánica	Kg DQO/m <sup>3</sup> .d	1 – 30
Diámetro del medio	cm	2 – 17
Altura	m	1,5 – 2
Largo	m	1,5
Ancho	m	1

Temperatura	°C	30 -37
Remoción de DQO	%	61 -90
Velocidad de flujo	m/d	< 10
SS afluyente	mg/L	< 500
Edad de lodos	d	0,5 – 5
DQO soluble/DQO insoluble	--	> 1
Distancia entre orificios de entrada	m	1 – 2

**FUENTE:** Metcalf & Eddy, 1996

**Tabla 25:** Coeficiente de rugosidad de Manning

<b>MATERIAL</b>	<b>N</b>	<b>RUGOSIDAD k (mm)</b>
<b>CANALES ARTIFICIALES</b>		
Vidrio	0,010	0,3
Latón	0,011	0,6
Acero liso	0,012	1,0
Acero pintado	0,014	2,4
Acero ribeteado	0,015	3,7
Cemento pulido	0,012	1,6
Cemento no pulido	0,014	2,4
Madera cepillada	0,012	1,0

Teja de arcilla	0,014	2,4
Enladrillado	0,015	3,7
Asfáltico	0,016	5,4
Metal ondulado	0,022	37
Mampostería de cascotes	0,025	80
<b>CANALES EXCABADOS EN TIERRA</b>		
Limpio	0,022	37
Con guijarros	0,025	80
Con maleza	0,030	240
Pedregoso	0,035	500
<b>CANALES NATURALES</b>		
Limpios y rectos	0,030	240
Amplios y profundos	0,040	900
Grandes ríos	0,035	500
<b>ZONA INUNDADA</b>		
Terrenos de pastos	0,035	500
Poca maleza	0,050	2000
Mucha maleza	0,075	5000
Arboles	0,150	---

**FUENTE:** Crites, Tchobanoglous, 2000

## CAPITULO III

### 3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA PARROQUIA BILBAO.

La parroquia Bilbao no cuenta con ningún tipo de contaminación industrial, solo descarga al río Chambo agua residual doméstica, para el presente trabajo se ha determinado el caudal práctico, pero no representa la realidad de la parroquia, debido a que desde los problemas de erupción del volcán Tungurahua, existe la migración de cierta parte de la población, por lo que el diseño esta dimensionado en base al caudal teórico.

##### 3.1.1 CÁLCULO DEL CAUDAL PRÁCTICO

De los datos obtenidos en la tabla 13, se tiene que  $V = 9 \text{ L}$  y  $t = 30,5 \text{ s}$ . En base a la ecuación 1, página 30.

$$Q = \frac{v}{t}$$

Donde:

$Q$  = caudal (L/s)

$v$  = volumen del cubo (L)

$t$  = tiempo de llenado (s)

$$Q = \frac{9L}{30,5 s}$$

$$Q = 0,3 \text{ L/s}$$

$$Q = 0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.1.2 CÁLCULO DEL CAUDAL TEÓRICO

De los datos obtenidos en la tabla 14, se tiene que  $P = 325$  hab y  $D = 80$  L/hab.d.

❖ **Cálculo de la población futura:** En base a la ecuación 2, página 31.

$$P_f = P_o ( 1 + t )^n$$

Donde:

$P_f$  = Población futura

$P_o$  = Población actual

$t$  = Tasa de crecimiento

$n$  = Proyección del diseño en años

$$P_f = 325 ( 1 + 0,014 )^{20}$$

$$P_f = 429 \text{ hab}$$

❖ **Cálculo del caudal promedio:** En base a la ecuación 3, página 31.

$$Q_{\text{prom}} = D * P_f$$

Donde:

$Q_{\text{prom}}$  = Caudal promedio (L/día)

$D$  = Dotación (L/hab.d)

$P_f$  = Población futura (hab)

$$Q_{\text{prom}} = 80 \text{ L/hab.d} * 429 \text{ hab}$$

$$Q_{\text{prom}} = 34320 \text{ L/d}$$

$$Q_{\text{prom}} = 0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ **Cálculo del Coeficiente de Babbitt:** En base a la ecuación 4, página 32.

$$f = \frac{5}{P^{0.2}}$$

Donde:

$f$  = Coeficiente de Babbitt

$P$  = Población futura

$$f = \frac{5}{(0,429)^{0.2}}$$

$$f = 5,92$$

- ❖ **Cálculo del caudal máximo:** Este caudal es el que se ocupara para el diseño. En base a la ecuación 5, página 32.

$$Q_{\text{máx}} = f * Q_{\text{prom}}$$

Donde:

$Q_{\text{max}}$  = Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)

$f$  = Coeficiente de Babbit

$Q_{\text{prom}}$  = Caudal promedio (m<sup>3</sup>/s)

$$Q_{\text{máx}} = 5,92 * 0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{máx}} = 0,0023 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.1.3 CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL

Lo primero que debe instalar es el canal rectangular por donde va a llegar el agua residual y en donde se colocara una rejilla, en nuestro sistema de tratamiento será de limpieza manual.

- ❖ **Cálculo del área de la rejilla:** En base a la ecuación 6, página 33.

$$A = b * h$$

Donde:

A = Área (m<sup>2</sup>)

b = Ancho del canal (m)

h = Profundidad del agua (m)

$$A = 0,45 * 0,60$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

- ❖ **Cálculo de la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja:** En base a la ecuación 7, página 35.

$$v = \frac{1}{n} R^2 J^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

v = velocidad

n = Coeficiente de Manning

R = Radio hidráulico

J = Gradiente hidráulico

- ❖ **Cálculo del Radio hidráulico:** En base a la ecuación 8, página 35.

$$R = \frac{b * h}{2(b+h)}$$

Donde:

R = Radio hidráulico (m)

b = Ancho del canal (m) = 0,45 m

h = Profundidad (m) = 0,60 m

$$R = \frac{0,45 \text{ m} \cdot 0,60 \text{ m}}{2(0,45 \text{ m} + 0,60 \text{ m})}$$

$$R = 0,12 \text{ m}$$

- ❖ **Solución del cálculo de la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja:** La velocidad con la que el fluido se aproxima a la reja lo encontramos en el ábaco de la fórmula de Manning (Anexo I), donde nos da un resultado de velocidad  $v = 0,35 \text{ m/s}$ . Esto se logra uniendo  $R = 0,12$  y  $n = 0,014$  (tabla 19) y se proyecta la línea de referencia, esta se une con la pendiente = 0,001.

- ❖ **Cálculo del área entre barras:** En base a la ecuación 9, página 36.

$$A_L = \frac{Q}{v_{RL}}$$

Donde:

$A_L$  = Área libre entre barras ( $m^2$ )

Q = Caudal ( $m^3/s$ )

$V_{RL}$  = Velocidad de entrada al área libre entre barras (m/s)

$$A_L = \frac{0,0023 \text{ m}^3/\text{s}}{0,35 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 0,0065 \text{ m}^2$$

- ❖ **Cálculo del área de la sección transversal del flujo:** Se calcula en base a la ecuación 10, página 36.

$$A_f = A_L \left[ \frac{a+t}{a} \right]$$

Donde:

$A_f$  = Área de flujo ( $\text{m}^2$ )

$a$  = Separación entre barras (mm)

$t$  = Espesor de las barras (mm)

De acuerdo a la información de la tabla 15 se tiene que debe haber una separación entre barras de 3 cm.

$$A_f = 0,0065 \text{ m}^2 \left[ \frac{30 \text{ mm} + 6 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} \right]$$

$$A_f = 0,0078 \text{ m}^2$$

- ❖ **Cálculo de la longitud sumergida de la rejilla:** Se calcula en base a la ecuación 11, página 37.

$$d_{max} = \left[ \frac{Q}{v_{RL} * b} \right]$$

Donde:

$d_{max}$  = Nivel máximo de agua (m)

Q = Caudal ( $m^3/s$ )

$V_{RL}$  = Velocidad de aproximación (m/s)

b = Ancho de la rejilla (m)

$$d_{max} = \left[ \frac{0,0023 \text{ m}^3/s}{0,35 \frac{m}{s} * 0,45 \text{ m}} \right]$$

$$d_{max} = 0,006 \text{ m}$$

❖ **Para calcular la longitud:** Se utiliza la ecuación 12, página 37.

$$L_s = \frac{d_{max}}{\text{sen } \theta}$$

Donde:

$L_s$  = Longitud sumergida de la rejilla (m)

$d_{max}$  = Nivel máximo de agua (m)

$\theta$  = Grado de inclinación de las rejillas

$$L_s = \frac{0,006 \text{ m}}{\text{sen } 45}$$

$$L_s = 0,008 \text{ m}$$

❖ **Cálculo del número de barras:** A partir de la ecuación 13, página 37

$$N = \frac{b-a}{a+t}$$

Donde:

N = Número de barras

b = Ancho de la rejilla (mm)

a = Separación entre barras (mm)

t = Espesor de las barras (mm)

$$N = \frac{450 \text{ mm} - 30 \text{ mm}}{30 \text{ mm} + 6 \text{ mm}}$$

$$N = 12$$

- ❖ **Cálculo de pérdidas de carga en la rejilla:** Se basa en la ecuación 14, página 38.

$$h_L = \frac{1}{0,7} \left[ \frac{V^2 - v^2}{2g} \right]$$

Donde:

$h_L$  = pérdida de carga (m)

$K = 1/0,7$  = coeficiente empírico que incluye pérdidas por turbulencia y formación de remolinos

$V$  = velocidad de flujo a través del espacio entre las barras de la rejilla (m/s)

$v$  = velocidad de aproximación del fluido hacia la rejilla (m/s)

$g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

- ❖ **Cálculo de la velocidad de flujo:**

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

Donde:

$V$  = Velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la rejilla (m/s)

$Q$  = Caudal ( $m^3/s$ )

$A$  = área

Proponiendo un caudal alto de 0,009 m<sup>3</sup>/s, se tiene.

$$V = \frac{0,009 \text{ m}^3/\text{s}}{0,02 \text{ m}^2}$$

$$V = 0,45 \text{ m/s}$$

- ❖ **Cálculo de las pérdidas de carga, para condiciones con agua limpia:** Se basa en la ecuación 14, página 38.

$$h_L = \frac{1}{0,7} \left[ \frac{(0,45 \text{ m/s})^2 - (0,35 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \right]$$

$$h_L = 0,005 \text{ m}$$

### 3.1.4 CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE SÉPTICO DE 2 CAMARAS

En este proyecto se diseñara un tanque séptico con dos cámaras, cuyo diseño se describe a continuación. Para lo cual la distribución del volumen de sedimentación será de un 60% en el primer compartimento y un 40% en el segundo. Lo primero que se debe calcular es la capacidad total del tanque, a partir de la ecuación 15, página 41. Tomando en cuenta que el diseño se realiza con la población futura.

$$C = 0,18 P + 2$$

Donde:

C = Capacidad total (m<sup>3</sup>)

P = Población servida futura

$$C = 0,18 (429 \text{ hab}) + 2$$

$$C = 79,22 \text{ m}^3$$

❖ **Cálculo del volumen del tanque:** Se utiliza la ecuación 16, página 41.

$$V = 1,5 * Q$$

Donde:

V = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/d)

$$V = 1,5 * 203,4 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$V = 305,17 \text{ m}^3$$

❖ **Cálculo del periodo de retención hidráulica (días):** Basándonos en la ecuación 17, página 42.

$$PR = 1,5 - 0,3 \log (P * Q)$$

Donde:

P = Población futura

Q = Caudal máximo (m<sup>3</sup>/d\*hab)

$$PR = 1,5 - 0,3 \log (429 \text{ hab} * 203,4 \text{ m}^3/\text{hab.d})$$

$$PR = 6 \text{ días}$$

- ❖ **Cálculo del volumen requerido para la sedimentación (m³):** Utilizamos la ecuación 18, página 42.

$$Vs = 10^{-3} * (P * Q) * PR$$

Donde:

P = Población futura

Q = Caudal máximo (m³/d\*hab)

PR = Periodo de retención hidráulica (d)

$$Vs = 10^{-3} * (429 \text{ hab} * 203,4 \text{ m}^3/\text{hab.d}) * 6 \text{ d}$$

$$Vs = 5,2 \times 10^5 \text{ m}^3$$

- ❖ **Cálculo del volumen de digestión y almacenamiento de lodos (m³):** Se calcula con la ecuación 19, página 42.

$$Vd = 70 * 10^{-3} * P * N$$

Donde:

P = Población futura

N = Intervalo deseado en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos

$$Vd = 70 * 10^{-3} * 429 \text{ hab} * 2 \text{ años}$$

$$Vd = 60060 \text{ m}^3/\text{hab.año}$$

- ❖ **Cálculo de la profundidad máxima de espuma sumergida (m):** Se asume un H de 2m para el cálculo del área, se utiliza la ecuación 20, página 43.

$$He = \frac{0.7}{A}$$

Donde:

A = Área superficial del tanque séptico (152,6 m<sup>2</sup>)

$$He = \frac{0.7}{152,6 \text{ m}^2}$$

$$He = 0,005 \text{ m}$$

- ❖ **Cálculo de la profundidad libre de lodo (m):** Se basa en la ecuación 21, página 44.

$$Ho = 0,82 - 0,26 * A$$

Donde:

A = Área superficial del tanque séptico (m<sup>2</sup>)

$$H_o = 0,82 - 0,26 * 0,00175 \text{ m}^2$$

$$H_o = 0,0009 \text{ m}$$

- ❖ **Cálculo de la profundidad mínima requerida para la sedimentación (m):** Se calcula con la ecuación 22, página 44.

$$H_s = \frac{V_s}{A}$$

Donde:

V<sub>s</sub> = Volumen de sedimentación (m<sup>3</sup>)

A = Área superficial del tanque séptico (m<sup>2</sup>)

$$H_s = \frac{0,0035 \text{ m}^3}{0,00175 \text{ m}^2}$$

$$H_s = 2 \text{ m}$$

- ❖ **Cálculo de la profundidad de espacio libre (m)**

$$H_I = H_o + (H_s - 0,10)$$

Donde:

H<sub>o</sub> = Profundidad libre de lodo (m)

Hs = Profundidad mínima requerida para la sedimentación (m)

$$HI = 0,0009 \text{ m} + (2 \text{ m} - 0,10)$$

$$HI = 1,9 \text{ m}$$

- ❖ **Cálculo de la profundidad neta del tanque séptico (m):** Se suma las profundidades de natas, sedimentación, almacenamiento de lodos y la profundidad libre de natas sumergidas.

$$HT = HI + He + 0,5$$

$$HT = 1,9 \text{ m} + 0,005 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$$

$$HT = 2,45 \text{ m}$$

### 3.1.5 CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LECHOS DE SECADO

En este proyecto se diseñara dos lechos de secado, debido a que la población servida es pequeña y la contaminación que genera es solo de agua residual doméstica. Lo primero que se debe calcular es la carga de sólidos que ingresa al sedimentador, en el caso de la parroquia que no cuenta con un sistema de alcantarillado bien estructurado se lo hace en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión detallado en la tabla 17. Utilizamos la ecuación 23, página 47.

$$C = \frac{\text{Población} * \text{contribución per cápita (gr.SS/hab*día)}}{1000}$$

$$C = \frac{429 \text{ hab} * 90 \text{ gr.SS/hab*día}}{1000}$$

$$C = 38,61 \text{ kg SS/d}$$

- ❖ **Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos:** Se basa en la ecuación 24, página 47.

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

Donde:

Msd = Masa de sólidos (kgSS/día)

C = Carga de sólidos (kgSS/día)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 38,61 \text{ kg SS/d}) + (0.5 * 0.3 * 38,61 \text{ kg SS/d})$$

$$Msd = 12,5 \text{ kg SS/d}$$

- ❖ **Cálculo del volumen diario de lodos digeridos:** Se calcula con la ecuación 25, página 47.

$$Vld = \frac{Msd}{plodo * (\% \text{ de sólidos} / 100)}$$

Donde:

Plodo = Densidad de los lodos, 1,04 kg/L

% de sólidos = % de sólidos contenidos en el lodo, 8%

Msd = Masa de sólidos (kgSS/día)

$$Vld = \frac{12,5 \text{ kg SS/d}}{1,04 \text{ kg/L} * (8/100)}$$

$$Vld = 150,2 \text{ L/d}$$

❖ **Cálculo del volumen de lodos a extraerse del tanque:** A partir de la ecuación 26, página 48.

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Donde:

Vld = Volumen diario de lodos digeridos (L/día)

Td = Tiempo de digestión (días) Tabla 3.

$$Vel = \frac{150,2 \text{ L/d} * 55 \text{ d}}{1000}$$

$$Vel = 8,2 \text{ L}$$

$$Vel = 0,0082 \text{ m}^3$$

❖ **Cálculo del área del lecho de secado:** Proponiendo una profundidad de aplicación de 0,3 m, se calcula entonces el área con la ecuación 27, página 48.

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Donde:

Vel = Volumen de lodos a extraerse del tanque (m<sup>3</sup>)

Ha = Profundidad

$$Als = \frac{0,0082 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}}$$

$$Als = 0,3 \text{ m}^2$$

### 3.1.6 CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

El fafa trabaja a una temperatura de 25 a 38 °C, por lo que el medio filtrante debe permitir la distribución del flujo para exista una buena degradación anaerobia.

- ❖ **Cálculo del volumen del lecho filtrante:** El periodo de retención hidráulica lo encontramos en la tabla 4 y podemos calcular el volumen con la ecuación 28, página 49.

$$Vu = 1,6 \text{ NCT}$$

Donde:

Vu = Volumen (m<sup>3</sup>)

N = Número de contribuyentes

C = Contribución (L/hab.día)

T = Periodo de retención hidráulica (días)

$$Vu = 1,6 (429 \text{ hab} * 80 \text{ L/hab.d} * 1 \text{ d})$$

$$Vu = 54,9 \text{ m}^3$$

- ❖ **Cálculo de la altura total interna del filtro anaerobio:** Proponiendo una altura del lecho filtrante de 0,78m; altura de falso fondo de 0,3 m; y una altura sobresaliente de 0,5m, con una altura de losa de 0,07m. Entonces tenemos que la altura total utilizando la ecuación 29, página 50.

$$H = h + h1 + h2$$

Donde:

h = Altura total del lecho filtrante (m)

h1 = Altura del espacio para colectar el efluente (m)

h2 = Altura sobresaliente (m)

$$H = 0,78 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,5 \text{ m} + 0,07 \text{ m}$$

$$H = 1,65 \text{ m}$$

## 3.2 RESULTADOS

### 3.2.1 REJILLAS

**Tabla 26:** Resultados obtenidos para el diseño del sistema de rejillas

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Caudal	0,0023 m <sup>3</sup> /s
Área de las rejillas	0,27 m <sup>2</sup>
Ancho	0,45 m
Profundidad	0,60 m
Nº Barras	12
Espacio entre barras	0,03 m
Velocidad de aproximación del fluido hacia la reja	0,45 m/s
Velocidad de flujo	0,35 m/s
Pérdidas de carga en la rejilla	0,06 m

**FUENTE:** Tania Alvarado

### 3.2.2 TANQUE SÉPTICO

**Tabla 27:** Resultados obtenidos para el diseño del tanque séptico

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Profundidad neta	2,45 m
Largo	3.60 m
Ancho	1.20 m
Ancho mínimo compartimento	0,60 m

Capacidad total	79,22 m <sup>3</sup>
Volumen del tanque	305,17 m <sup>3</sup>
Período de retención hidráulica	6 días
Volumen para la sedimentación	5,2 x 10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup>
Volumen de digestión y almacenamiento de lodos	60060 m <sup>3</sup> /hab.año

FUENTE: Tania Alvarado

### 3.2.3 LECHO DE SECADO

Tabla 28: Resultados obtenidos para el diseño de lecho de secado

PARÁMETRO	VALOR
Área	0,03 m <sup>2</sup>
Largo	4 m
Ancho	2 m
Profundidad	1,10 m
Carga de sólidos	38,61 kgSS/d
Masa de sólidos	12,5 kgSS/d
Volumen de lodos digeridos	150,2 L/d
Volumen de lodos a extraerse	8,2 L

FUENTE: Tania Alvarado

### 3.2.4 FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Tabla 29: Resultados obtenidos para el diseño de FAFA

PARÁMETRO	VALOR
Largo	1,10 m
Ancho	0,8 m
Altura total	1,65 m
Altura lecho filtrante	0,78 m
Altura falso fondo	0,3 m

Altura sobresaliente	0,5 m
Altura de losa	0,07 m
Volumen	54,9 m <sup>3</sup>

**FUENTE:** Tania Alvarado

### 3.2.5 PROPUESTA

Para poder evitar la contaminación al río Chambo generado por la parroquia Bilbao, se propuso el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual con la finalidad de tratar de agua y de esa manera pueda cumplir con los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI. Anexo I. Tabla 10.

A continuación se describe el sistema de tratamiento (Anexo I), que consta de lo siguiente:

- ❖ Se recolecta el agua residual proveniente de la parroquia Bilbao, el cual pasa por un canal de 5 m, aquí se coloca un sistema de rejillas de limpieza manual, ubicada a 2 m desde el inicio del canal. Las rejillas constan de 12 barras, con una separación de 3 cm, este sistema fue diseñado para retener la mayor cantidad de sólidos que pueda llegar con el agua. A 2 m de las rejillas se colocara una regleta para realizar la medición de caudal.
- ❖ Un tanque séptico para poder degradar la materia orgánica y sedimentar sólidos suspendidos o flotantes, fue diseñado con dos cámaras en los que el volumen de sedimentación se distribuye 60/40, con una capacidad del tanque de 79,22 m<sup>3</sup>, a una profundidad de 2,45m, se propone que la construcción se realice en un terreno con una pendiente en la que por la gravedad fluyan los lodos, así no aplicamos bombas ya que esto demanda del uso de energía eléctrica y con ello se ahorra un gasto para la parroquia.
- ❖ Para la deshidratación de lodos se colocara dos lechos de secado que tienen las siguientes dimensiones 4 m de largo por 2 m de ancho y una profundidad

de 1,10 m, será construido de cemento, para que no exista la destrucción del lecho. Y se podrá utilizar como abono para cultivos.

- ❖ Un filtro anaerobio de flujo ascendente con un volumen de 54,9 m<sup>3</sup> donde se podrá eliminar la turbiedad del agua residual, que tendrá un falso fondo de una profundidad de 0,3 m, se colocara como material filtrante grava con un diámetro de 7 mm y arena con un diámetro de 6 mm lo más uniforme posible. El cual tiene las siguientes dimensiones 1,10 m de largo por 0,8 m de ancho y una profundidad total incluyendo el falso fondo de 1,65 m, y de esta manera pueda cumplir con los parámetros establecidos.

### 3.2.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los análisis físicos químicos fueron realizados en el “Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias” y los análisis microbiológicos en el “Laboratorio de Microbiología” que se encuentra en la Facultad de Ciencias., se realizó con muestras de agua tomadas in situ de la tubería de descarga de la parroquia Bilbao.

A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de caracterización del agua antes del tratamiento.

**Tabla 30: Análisis de Resultados**

PARÁMETRO	UNIDAD	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	% REDUCCIÓN
Ph	-	6,51	6	-
DBO <sub>5</sub>	mg/L	287	22	93
DQO	mg/L	482	54	90
SST	mg/L	928	92	95
Coliformes fecales	-	6,3 x 10 <sup>7</sup>	6,3 x 10 <sup>4</sup>	99,9

**FUENTE:** Tania Alvarado

Realizando un análisis de datos se encontró que el resultado del tratamiento del agua residual proveniente de la parroquia Bilbao, se obtuvo una remoción de  $DBO_5$  del 93%, DQO 90%, para el contenido de sólidos totales una reducción del 95%. Y una remoción de coliformes fecales del 99,9%. Con estos resultados se obtiene un agua tratada que cumple con los límites establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Anexo I. Libro VI. Tabla 10.

### 3.3. DISCUSIÓN

Mediante la investigación realizada en la parroquia Bilbao, perteneciente al Cantón Penipe, se ha logrado obtener los resultados de la caracterización del agua residual, que se pretende tratar, para que dicha agua pueda ser descargada al Rio Chambo cumpliendo con los límites de descarga establecidos en el TULSMA, Anexo I. Libro VI. Tabla 10.

Lo que se buscó es determinar, analizar y poder dar solución al agua residual que se descargaba a un cuerpo de agua dulce sin algún tratamiento. Se puede indicar que como resultado del tratamiento del agua residual se obtuvo una remoción de la  $DBO_5$  del 93%, mientras que para la DQO fue del 90% y la remoción de los SST del 95%.

El diseño del sistema de tratamiento para la parroquia Bilbao acarrea beneficios y principalmente en lo ambiental, debido a que desde el punto de vista económico los sistemas de tratamiento son implementados para minimizar y/o evitar la contaminación, lo que conlleva gastos para las autoridades, lo que se pretende es utilizar medidas de producción más limpias.

## CAPITULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- ❖ Al determinar el caudal del agua residual descargado por la parroquia Bilbao, el resultado fue de 0,0003 m<sup>3</sup>/s, el cual no refleja la realidad de toda la parroquia debido a que desde años atrás ha existido una evacuación de la población, por problemas de erupción del volcán Tungurahua, por lo que se realizó el cálculo del caudal máximo teórico dando como resultado 0,0023 m<sup>3</sup>/s y el cual se utilizó para los cálculos respectivos.
  
- ❖ Al caracterizar el agua residual proveniente de la parroquia, los resultados fueron, 287 mg/L de DBO<sub>5</sub>, 482 mg/L de DQO, 928 mg/L de SST en los análisis fisicoquímicos los cuales no cumplen con los límites de descarga establecidos en el TULSMA, Anexo I. Libro VI. Tabla 10. En los análisis microbiológicos se obtuvo un resultado de 6,3 x 10<sup>7</sup> de coliformes fecales, lo que se pretende es bajar el nivel contaminación.
  
- ❖ El sistema de tratamiento de agua residual consiste de rejillas con un área de 0,27 m<sup>2</sup>, un tanque séptico con capacidad para 79,22 m<sup>3</sup>, lechos de secado con un volumen de lodos a extraerse de 8,2 L y un filtro anaerobio de flujo ascendente con un falso fondo que abarcara un volumen de 54,9 m<sup>3</sup>. Cabe reiterar que el sistema funciona por gravedad.

- ❖ Se dimensionó la planta de tratamiento de agua residual, para mitigar la contaminación que se realiza al Río Chambo, escogiendo los sistemas de tratamiento más idóneos para la parroquia y sus necesidades, se puede encontrar los planos en el anexo I de la planta y en los anexos II, III, IV y V cada uno de los sistemas independientes.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Limpiar el sistema de rejillas en un intervalo de tiempo determinado, para que no exista obstrucción por la acumulación de sólidos entre las barras.
- ❖ Realizar mediciones de caudal constantes con la ayuda de la regleta, para saber si existe variación de caudal que ingresa al sistema de tratamiento.
- ❖ Se puede utilizar los lodos deshidratados en los lechos de secado como abono para los cultivos en la parroquia.
- ❖ Realizar análisis del agua tratada una vez construida la planta de tratamiento y verificar con los resultados si el agua es apta para ser utilizada para el riego en la agricultura.

## RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de agua residual, para la parroquia Bilbao, Cantón Penipe, Provincia Chimborazo. La misma que descarga agua residual doméstica, debido a que no existe ningún otro tipo de actividad.

Para diseñar el sistema, se tomó datos de caudal del agua durante una semana, para verificar si es constante o que variación presenta. La toma de muestras se realizó 3 días a la semana.

Con los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la caracterización del agua residual, se verificó que los parámetros (D.B.O<sub>5</sub>, D.Q.O y sólidos disueltos) los mismos que se encuentran fuera de los límites establecidos por la normativa vigente por el TULSMA. En base a estos resultados se diseñó el sistema de tratamiento de agua residual, que consta de rejillas, tanque séptico, lechos de secado y un filtro anaerobio de flujo ascendente.

Con la aplicación del sistema de tratamiento se obtendrá el 90% de reducción en la contaminación que genera la parroquia, bajo el cumplimiento de las normas establecidas.

La implementación de sistemas de tratamiento de agua residual en sectores rurales, ayuda a mejorar el ambiente y la calidad de vida del mismo. Se recomienda que se implemente el diseño del sistema de tratamiento de agua residual en la parroquia Bilbao.

## **ABSTRACT**

A system of wastewater treatment, for the town of Bilbao, city of Penipe, Province of Chimborazo was designed. This system discharges domestic wastewater, because there is no other activity.

Water flow data were taken for a week in order to design the system and see if the change is constant or variable. Sampling was performed 3 days a week.

With the physico-chemical and microbiological analysis results of wastewater characterization, it was observed that parameters (D.B.O<sub>5</sub>, D.Q.O and dissolved solids) are not under the limits set by current regulations by TULSMA. Based on these results the system of wastewater treatment was designed, consisting of gratings, septic tank, and drying beds anaerobic upflow filter.

With the application of the treatment system 90% reduction in the pollution produced by town will be reduced under fulfillment of standard regulations.

Implementing wastewater treatment systems in rural areas helps to improve the environment and life quality itself. Finally, it is recommended to apply the design of the wastewater treatment system in the town of Bilbao.

## BIBLIOGRAFÍA

**ARELLANO, A.** Tratamiento de Aguas Residuales. Riobamba–Ecuador. 2012, pp. 2-4; 6-14; 25.

**CEGESTI.** Manual de Muestreo de Aguas. s.l. pp. 2-12; 18-26.

**CRITES R./TCHOBANOGLIOUS G.** Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Bogotá-Colombia. McGraw Hill. 2001, pp. 21-45; 109; 328-330; 665-667.

**FAFA.** OPS, 2009.

<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/163esp-diseno-TI.pdf>  
2013-08-10

**FAFA.** UNAD.

[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion\\_38\\_tanques\\_de\\_decantaciondigestion.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_38_tanques_de_decantaciondigestion.html)  
2013-08-11

**FRAUME, N.** Guía de Términos Ambientales. Bogotá-Colombia. 2006, pp. 308-310.

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE BILBAO.** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Penipe-Ecuador. 2011, pp. 14-23; 33-37; 52-55; 59.

**METCALF. / EDDY.** Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. 3. ed., Madrid-España. McGraw-Hill. 1998, pp. 10; 22-25; 30-48.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR.** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. 2. ed., Quito-Ecuador. 2012, Anexo I, Libro VI, Tabla 10.

**RAMALHO, RS.** Tratamiento de Aguas Residuales. Barcelona-España. Reverté. 1991, pp. 3; 8-10; 78-80; 92; 585.

**TANQUE SÉPTICO.** OPS, 2009.

[http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/etTanque\\_septico.pdf](http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/etTanque_septico.pdf)  
2013-08-08

**TANQUE SÉPTICO.** Revista Bolivariana, 2011.

[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1991-64692009000200004&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1991-64692009000200004&script=sci_arttext)  
2013-08-08

**TRATAMIENTOS DE AGUA RESIDUAL.** Biblioteca Universia, 2010.

[http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/title/tratamiento-aguas-residuales-peque%C3%B1as-poblaciones/id/37955735.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/tratamiento-aguas-residuales-peque%C3%B1as-poblaciones/id/37955735.html)  
2013-07-16

**TRATAMIENTOS DE AGUA RESIDUAL.** ETAP.

<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/primarios.pdf>  
2013-07-20

**TRATAMIENTOS DE AGUA RESIDUAL.** Reverte, 2003.

<http://www.reverte.com/catalogo/ficha/img/pdfs/9788429179767.pdf>  
2013-07-23

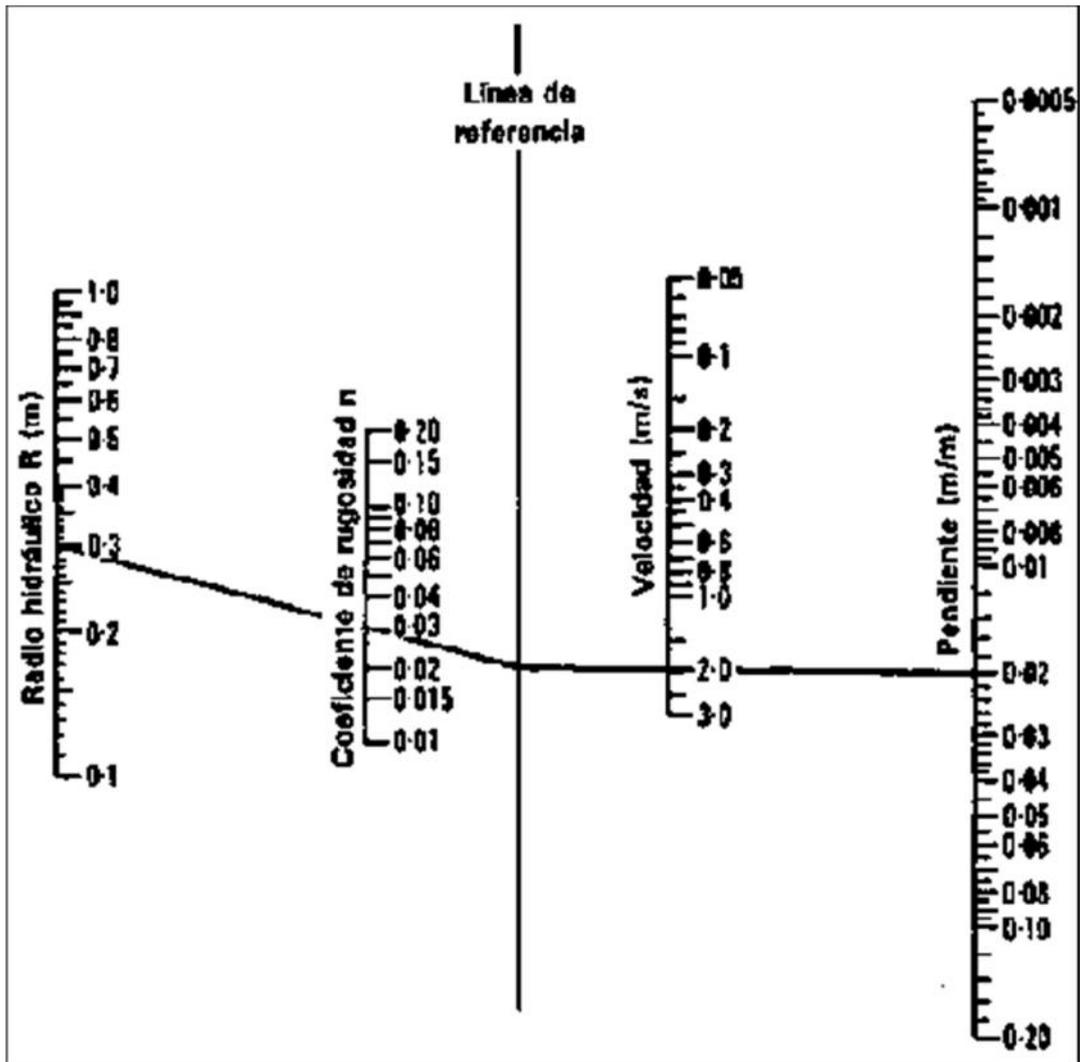
**TULSMA.** Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012.

<http://web.ambiente.gob.ec/sites/default/files/users/fgongora/Propuesta%20de%20Norma%20Anexo1%20C%20Libro%20VI%20C%20TULSMA.pdf>

2013-11-17

## ANEXOS

### ANEXO 1: ÁBACO DE LA FÓRMULA DE MANNING



**ANEXO 2: TABLA 10 DEL ANEXO VI TULSMA**  
**LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Aceites y Grasas.	Solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub> .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia lotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Potencial de hidrógeno	Ph		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendedos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> =	mg/l	1000
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5

## ANEXO 3: ANÁLISIS DE LABORATORIO FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 1

### ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Tania Alvarado

Fecha de Análisis: 1 de julio del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 10 de julio de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual doméstica

Localidad: Parroquia Bilbao Cantón Penipe

Código LAT/170-13

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	6.23
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		423
Turbiedad	UNT	2130-B		3.45
N-Nitratos	mg/L	4500-NO3-C		2.3
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		3.89
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	292.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	204.0
Grasas y Aceites	mg/L	5520-B	100	10.8
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C		16.0
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	486.0
Sólidos disueltos	mg/L	2540-D	20	204.2

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

\*\*TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

## ANEXO 4: ANÁLISIS DE LABORATORIO FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 2

# ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Tania Alvarado

Fecha de Análisis: 25 de septiembre del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 16 de octubre de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual doméstica

Localidad: Parroquia Bilbao Cantón Penipe

Código LAT/163-13

### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.54
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		485.0
Turbiedad	UNT	2130-B		96.5
N-Nitratos	mg/L	4500-NO3-C		2.5
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		3.62
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	172.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	160.0
Grasas y Aceites	mg/L	5520-B	100	14.1
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C		116.0
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	1470.0
Sólidos disueltos	mg/L	2540-D	20	300.7

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

\*\*TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

## ANEXO 5: ANÁLISIS DE LABORATORIO FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 3

# ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Tania Alvarado

Fecha de Análisis: octubre del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 7 de octubre de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual doméstica

Localidad: Parroquia Bilbao Cantón Penipe

Código LAT/177-13

### Análisis Químico

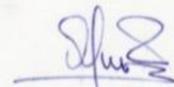
Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	6.51
Conductividad	$\mu$ Siems/cm	2510-B		786
Turbiedad	UNT	2130-B		73.3
N-Nitratos	mg/L	4500-NO3-C		14.2
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		12.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	482
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	287
Grasas y Aceites	mg/L	5520-B	100	19.1
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C		288.0
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	928.0
Sólidos disueltos	mg/L	2540-D	20	648

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

\*\*TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

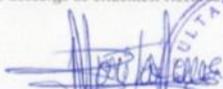
Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

## ANEXO 6: ANÁLISIS DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 1

	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA</b> <b>AREA DE MICROBIOLOGIA</b> Panamericana Sur Km 1 ½ Tel/Fax 03-29605912		
<b>EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA N° 120-13</b>			
Solicitado por: Tania Alvarado			
Dirección: Av Lizarzaburu y Camilo Egas. Riobamba, Chimborazo	Teléfono: 0984022188		
Tipo de muestra : Agua residual. Tubería principal de descarga al río Chambo. Parroquia Bilbao, Cantón Penipe.			
Fecha de muestreo: 24/09/2013			
Fecha de Recepción: 25/09/2013	Código: 120-13		
<b>01 EXAMEN FISICO</b>			
Olor: Desagradable, característico.			
Color: gris			
Aspecto: turbia, presencia de sólidos en suspensión			
<b>02 DETERMINACIONES</b>	<b>METODO USADO</b>	<b>VALORES DE REFERENCIA*</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>
Colonias Coliformes fecales UFC / 100 mL.	Método estándar 9222B Técnica de filtración por membrana. Millipore . 44.5°C ± 0.2°C/24h.		
Colonias Coliformes fecales UFC / 100 mL.	Método estándar 9222D Técnica de filtración por membrana. Millipore . 44.5°C ± 0.2°C/24h.	Remoción al 99.9%	2.3x10 <sup>7</sup>
*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento. Norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua Filtro Anexo I.			
<b>FECHA DE ANÁLISIS</b>		 Maritza Yanez Navarrete Técnica de Laboratorio	
Inicio	Final		
25/09/2013	26/09/2013		
<b>NOTA: El informe afecta solo a la muestra de ensayo</b> El informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previa autorización del laboratorio			

## ANEXO 7: ANÁLISIS DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 2



**ESPOCH**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA**  
**AREA DE MICROBIOLOGIA**  
Panamericana Sur Km 1 ½ Tel/Fax 03-29605912

**EXAMEN MICROBIOLOGICO DE AGUA N° 121-13**

Solicitado por: Tania Alvarado  
Dirección: Av Lizarzaburu y Camilo Egas. Riobamba, Chimborazo      Teléfono: 0984022188  
Tipo de muestra : Agua residual. Tubería principal de descarga al río Chambo. Parroquia Bilbao, Cantón Penipe.  
Fecha de muestreo: 02/10/2013  
Fecha de Recepción: 03/10/2013      Código: 121-13

**01 EXAMEN FISICO**  
Olor: Desagradable, característico.  
Color: gris  
Aspecto: turbia, presencia de sólidos en suspensión

02 DETERMINACIONES	METODO USADO	VALORES DE REFERENCIA*	VALOR ENCONTRADO
Colonias Coliformes fecales UFC / 100 mL	Método estándar 9222B Técnica de filtración por membrana. Millipore . 44.5°C ± 0.2°C/24h.		
Colonias Coliformes fecales UFC / 100 mL.	Método estándar 9222D Técnica de filtración por membrana. Millipore . 44.5°C ± 0.2°C/24h.	Remoción al 99.9%	6.3x10 <sup>7</sup>

\*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento. Norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Resolución No. 1100-VI Anexo I.

**FECHA DE ANÁLISIS**

Inicio	Final
03/10/2013	04/10/2013



**Mariza Yanes Navarrete**  
Técnica de Laboratorio

**NOTA: El informe afecta solo a la muestra de ensayo**  
El informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previa autorización del laboratorio

## ANEXO 8: ANÁLISIS DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL MUESTRA N° 3



**ESPOCH**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA**  
**AREA DE MICROBIOLOGIA**  
 Panamericana Sur Km 1 ½ Tel/Fax 03-29605912

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA N° 122-13**

Solicitado por: Tania Alvarado  
 Dirección: Av Lizarzaburu y Camilo Egas. Riobamba, Chimborazo      Teléfono: 0984022188  
 Tipo de muestra : Agua residual. Tubería principal de descarga al río Chambo. Parroquia Bilbao, Cantón Penipe.  
 Fecha de muestreo: 02/10/2013  
 Fecha de Recepción: 03/10/2013      Código: 122-13

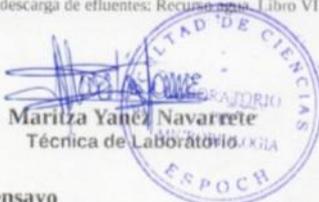
**01 EXAMEN FÍSICO**  
 Olor: Desagradable, característico.  
 Color: gris  
 Aspecto: turbia, presencia de sólidos en suspensión

02 DETERMINACIONES	METODO USADO	VALORES DE REFERENCIA*	VALOR ENCONTRADO
Colonias Coliformes fecales UFC / 100 mL	Método estándar 9222B Técnica de filtración por membrana. Millipore . 44.5°C ± 0.2°C/24h.		
Colonias Coliformes fecales UFC / 100 mL.	Método estándar 9222D Técnica de filtración por membrana. Millipore . 44.5°C ± 0.2°C/24h.	Remoción al 99.9%	3.7x10 <sup>7</sup>

\*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3.000, quedan exentos de tratamiento. Norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso 2009. Libro VI Anexo 1.

**FECHA DE ANÁLISIS**

Inicio	Final
03/10/2013	04/10/2013



**Maritza Yanex Navarrete**  
Técnica de Laboratorio

**NOTA: El informe afecta solo a la muestra de ensayo**  
 El informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previa autorización del laboratorio

## FOTOGRAFÍAS Y DIAGRAMAS

**FOTOGRAFÍA 1: MATERIALES PARA MEDICIÓN DE CAUDAL Y TOMA DE MUESTRAS**



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING.</b> <b>BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL</b>	<b>MATERIALES PARA MEDICIÓN DE CAUDAL Y TOMA DE MUESTRAS</b>		
	Por calificar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Para informar <input type="checkbox"/>		Tania Alvarado	<b>Lámina</b>	<b>Fecha</b>
			01	02/10/13	

**FOTOGRAFÍA 2: MEDICIÓN DE CAUDAL**



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING.</b> <b>BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL</b>  Tania Alvarado	<b>MEDICIÓN DE CAUDAL</b>		
	Por calificar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Para informar <input type="checkbox"/>		<b>Lámina</b>	<b>Fecha</b>	<b>Escala</b>
			02	02/10/13	

**FOTOGRAFÍA 3: TOMA DE MUESTRA PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO**



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING.</b> <b>BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL</b>	<b>TOMA DE MUESTRA PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO</b>		
	Por calificar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Para informar <input type="checkbox"/>		Tania Alvarado	<b>Lámina</b>	<b>Fecha</b>
			03	02/10/13	

**FOTOGRAFÍA 4: TOMA DE MUESTRA PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b>		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING.</b> <b>BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL</b>	<b>TOMA DE MUESTRA PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>		
	Por calificar <input type="checkbox"/>	Para archivar <input type="checkbox"/>		<b>Lámina</b>	<b>Fecha</b>	<b>Escala</b>
	Por aprobar <input type="checkbox"/>	Certificado <input type="checkbox"/>	Tania Alvarado	04	02/10/13	
	Por eliminar <input type="checkbox"/>	Para informar <input type="checkbox"/>				

**DIAGRAMA 1: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA  
PARROQUIA BILBAO**

**EL PLANO SE MUESTRA A CONTINUACIÓN**