

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA**



**CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO ACADÉMICO DE  
INGENIERO AMBIENTAL

**TEMA:**

***“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA FÁTIMA,  
PROVINCIA DE PASTAZA”***

**AUTOR**

Andrés Villacreses

**TUTORA:**

Ms.C Margarita Jara

**Pastaza-Ecuador**

**2015**

## Miembros del tribunal de graduación

---

Dr. Edison Samaniego Ph.D

---

M.Sc. Angélica Tsambay

---

M.Sc. Leo Rodríguez

## **Agradecimientos.-**

*A Jehová Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles por brindarme una vida llena de experiencias y sobre todo felicidad en el entorno familiar.*

*A mis padres Benito Villacreses y Nancy Cárdenas por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haber dado la oportunidad de tener una buena educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo un excelente ejemplo a seguir.*

*Agradezco a mis hijos Luciana y Bryan, puntales fundamentales en mi vida y la razón de mi esfuerzo diario para formarme como un profesional y dejar un ejemplo a seguir como padre.*

*A mis familiares, amigos y a todas las personas que confiaron en mí e incentivaron y me motivaron para seguir adelante con los objetivos de este propósito.*

*A mis maestros de la Universidad Estatal Amazónica que impartieron sus conocimientos y experiencias en el transcurso de mi vida estudiantil y que me ayudaron de una u otra forma para hacer posible la realización de la tesis y ser un profesional.*

## **Dedicatoria.-**

*Esta tesis se la dedico a Jehová Dios, por permitirme concluir mi carrera, a mis padres, que siempre están a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos, para ser de mi vida una mejor persona, a mi compañera incondicional Lucy Cristina por sus palabras y su confianza, por su amor, por brindarme su tiempo, necesario para realizarme profesionalmente, a mis amigos, compañeros y todas aquellas personas que de una u otra manera ha contribuido para el logro de mis objetivos.*

## **Responsabilidad.-**

Yo, Cesar Andrés Villacreses Cárdenas, declaro bajo juramento que el contenido de esta tesis de grado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que incluyen el documento.

Es derecho de la Universidad Estatal Amazónica el uso de presente documento de investigación.

.....

**C. Andrés Villacreses Cárdenas**

## Contenido

I.	Introducción .....	18
1.1	Objetivos.- .....	20
1.1.1	Objetivo general:.....	20
1.1.2	Objetivos específicos: .....	20
1.2	Hipótesis.-.....	20
1.2.1	Hipótesis general:.....	20
1.2.2	Hipótesis específicas:.....	20
II.	Revisión de la literatura .....	21
2.1	El Agua .....	21
2.2	Aguas Residuales.....	22
2.2.1	Características de las aguas residuales.....	23
2.2.1.1	Características físicas.....	23
2.2.1.1.1	Sólidos totales. ....	23
2.2.1.1.2	Temperatura. ....	23
2.2.1.1.3	Color. ....	24
2.2.1.1.4	Olor. ....	24
2.2.1.1.5	Conductividad. ....	24
2.2.1.2	Características químicas.....	25
2.2.1.2.1	Materia orgánica. ....	25

2.2.1.2.2	Medida del contenido orgánico.....	25
2.2.1.2.3	Materia inorgánica. ....	25
2.2.1.2.4	Gases. ....	27
2.2.1.3	Características biológicas.....	27
2.2.2	Tipos de aguas residuales .....	29
2.2.3	Tipos de tratamiento para aguas residuales.....	32
2.2.3.1	Tratamientos por métodos naturales. ....	32
2.2.3.1.1	Infiltración rápida.....	33
2.2.3.1.2	Infiltración lenta.....	33
2.2.3.1.3	Escorrentía superficial.....	34
2.2.3.2	Tratamiento por métodos acuáticos. ....	35
2.2.3.2.1	Humedales.....	35
2.2.3.2.2	Humedales de flujo superficial. ....	35
2.2.3.2.3	Humedales de flujo sub superficial.....	36
2.2.3.3	Tratamientos con métodos convencionales. ....	36
2.2.3.3.1	Operaciones físicas unitarias.....	36
2.2.3.3.2	Operaciones químicas unitarias .....	37
2.2.3.3.3	Operaciones biológicas unitarias .....	38
2.2.3.3.4	Tecnología convencional de tipo biológico .....	40
2.2.4	Muestreo de aguas residuales.....	41

2.2.4.1	Medición de caudales. ....	41
2.2.4.2	Muestreo de aguas residuales.....	42
2.3	Normativa Ambiental Vigente para el tratamiento de aguas residuales.....	43
2.4	Aguas residuales .....	46
2.4.1	Tratamiento convencional para potabilizar el agua .....	47
2.4.2	Tratamiento convencional para efluentes, previa a la descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado .....	47
2.4.3	Tratamiento Avanzado para efluentes, previo descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado .....	47
III.	Materiales y métodos .....	52
3.1	Localización y duración de la investigación.....	52
3.1.1	Ubicación geográfica .....	52
3.1.2	Limites .....	52
3.1.3	Aspectos físicos. ....	53
3.1.3.1	Características del medio físico. ....	53
3.1.3.2	Actividades. ....	54
3.1.3.3	Efluentes generados. ....	54
3.2	Condiciones meteorológicas.....	54
3.3	Materiales y equipos.....	55
3.4	Factores de estudio .....	57

3.4.1	Contaminación del agua.....	57
3.5	Diseño del estudio .....	58
3.5.1	Diagnóstico ambiental inicial.....	58
3.5.2	Medición del caudal.....	58
3.5.3	Muestreo de aguas residuales.....	59
3.5.4	Análisis de muestras. ....	60
3.5.5	Propuesta del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales .....	61
3.6	Mediciones del estudio .....	61
3.7	Manejo del estudio.....	62
IV.	Resultados .....	64
4.1	Diagnóstico ambiental inicial. ....	64
4.1.1	Características del Medio Biótico.....	66
4.1.2	Condiciones Actuales.....	70
4.2	Estudio caudal volumétrico .....	72
4.3	Análisis de las aguas residuales de la zona de estudio .....	74
4.4	Diseño de la planta de tratamiento de lodos activados .....	77
4.4.1	Diseño planta de tratamiento de aguas residuales mediante el empleo de lodos activados. ....	78
4.4.1.1	Ingeniería del proceso. ....	82
V.	Discusión.....	86

VI.	Conclusiones .....	89
VII.	Recomendaciones.....	91
VIII.	Resumen .....	92
IX.	Summary .....	93
X.	Bibliografía .....	94
XI.	Anexos.....	98

## Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación de las aguas residuales según su origen .....	29
Tabla 2 Demanda de agua para actividades domésticas .....	30
Tabla 3 Fluctuación a. residuales, descarga por hora en relación con la descarga diaria .....	31
Tabla 4 Contaminantes importantes en las aguas residuales .....	32
Tabla 5 Operaciones físicas unitarias.....	37
Tabla 6 Procesos químicos unitarios.....	38
Tabla 7 Procesos biológicos unitarios.....	39
Tabla 8 Eficiencia uso de tecnología lodos activados. ....	40
Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	48
Tabla 10 Condiciones meteorológicas parroquia Fátima.....	54
Tabla 11 Datos de Precipitación promedios de 5 años .....	55
Tabla 12 Materiales y equipos a emplearse en la tesis de grado “Propuesta para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Fátima, provincia de Pastaza”.....	56
Tabla 13 Puntos de muestreo de aguas residuales en la zona de estudio.....	59
Tabla 14 Parámetros a analizar en las muestras de la cabecera parroquial Fátima .....	61
Tabla 15 Flora de la parroquia Fátima.....	66
Tabla 16 Aves que se pueden encontrar en toda el área Parroquial.....	69
Tabla 17 Mamíferos que se pueden encontrar en el Área Parroquial .....	69

Tabla 18 Peces que se pueden encontrar en las micro cuencas y riachuelos de la Parroquia70	
Tabla 19 Cálculo caudal en el punto de muestreo número 3 empleando el método del balde. .....	73
Tabla 20 Medición del caudal Río Puyo Parroquia Fátima, puntos de muestreo No. 1 y 4. Método del flotador.....	73
Tabla 21 Resultados análisis de las cuatro muestras de aguas residuales tomadas de la zona de influencia directa sujeta en el presente estudio. ....	76
Tabla 22 Valores proyectados de los parámetros necesarios en la Ptar.....	81
Tabla 23 Altura requerida para vertederos triangulares según al caudal presente.....	82
Tabla 24 Medición de Caudal Volumétrico Jornada 1 (6:30am), Punto de muestreo 3 .....	107
Tabla 25 Medición de Caudal Volumétrico Jornada 2 (12:30 pm), punto de muestro 3 .....	107
Tabla 26 Medición de Caudal Volumétrico Jornada 3 (6:00 pm), punto de muestreo 3 .....	108
Tabla 27 Medición caudal, punto de muestreo No.1, jornada 1 (6:30 am).....	108
Tabla 28 Medición caudal, punto de muestreo No. 1, jornada 2 (12:30 am).....	109
Tabla 29 Medición caudal, punto de muestreo No. 1, jornada 3 (6:30 pm) .....	109
Tabla 30 Cálculo profundidad zona de estudio, punto de muestro 1.....	110
Tabla 31 Cálculo velocidad punto 1 .....	110
Tabla 32 Cálculo área punto 1 .....	111
Tabla 33 Cálculo Caudal, punto de muestreo 1 .....	111
Tabla 34 Medición caudal, punto de muestreo No.4, jornada 1 (6:30 am).....	111

Tabla 35 Medición caudal, punto de muestreo No. 4, jornada 2 (12:30 am).....	112
Tabla 36 Medición caudal, punto de muestreo No. 4, jornada 3 (6:30 pm) .....	112
Tabla 37 Cálculo profundidad, punto de muestreo 4.....	113
Tabla 38 Cálculo velocidad, punto de muestreo 4.....	113
Tabla 39 Cálculo área, punto de muestreo 4.....	113
Tabla 40 Cálculo caudal, punto de muestreo 4 .....	114

**Índice de mapas:**

Mapa 1 Parroquia Fátima y poblaciones aledañas ..... 52

Mapa 2 Mapa limítrofe de la parroquia Fátima, provincia de Pastaza. .... 53

**Índice de gráficos:**

Gráfico 1 Croquis zona de descarga, punto de muestreo de aguas ..... 60

**Índice de diagramas:**

Diagrama 1: Diseño metodológico. .... 63

## Índice de fotografías

Fotografía 1 Vista en Drone, zona de muestreo de aguas residuales, parroquia Fátima, vista general “Dique de Fátima” .....	64
Fotografía 2 Vista en Drone, fosa séptica parroquia Fátima. ....	71
Fotografía 3 Vista en Drone, Río Puyo, zona Dique de Fátima .....	72
Fotografía 4 Vista en Drone, dique de Fátima, parroquia de Fátima, zona de influencia sujeta al presente estudio.....	75
Fotografía 5 Vista frontal superior en Drone, Dique de Fátima, parroquia de Fátima, zona de influencia sujeta al presente estudio.....	75
Fotografía 6 Vista en Drone, ubicación tentativa para la implementación de la PTAR propuesta. ....	79

## Índice de anexos

Anexo 1. Ficha ambiental.....	98
Anexo 2. Cálculos del caudal volumétrico en los puntos de muestreo. ....	107
Anexo 3. Análisis de muestras realizadas en el laboratorio certificado Havoc.....	114
Anexo 4. Diseño tentativo planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Fátima mediante el empleo de lodos activados. ....	119
Anexo 5. Presupuesto tentativo planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Fátima mediante el empleo de lodos activados. ....	120
Anexo 6. Galería fotográfica fase de campo. ....	121
Anexo 7. Plan de monitoreo ambiental.....	125

## **Abreviaturas:**

<b>INEC</b>	Instituto Nacional de Estadística y Censos
<b>PDOT</b>	Plan de Desarrollo Y Ordenamiento Territorial
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés)
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>ITC</b>	Instituto Tecnológico de Canarias, proyecto ICREW
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>ITDG</b>	Cooperación técnica internacional para las poblaciones rurales y urbanas de menores recursos. (IDG, por sus siglas en inglés)
<b>INAMHI</b>	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
<b>PTAR</b>	Planta de tratamiento de aguas residuales
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica De Oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda Química De Oxígeno
<b>IMTA</b>	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
<b>AR</b>	Aguas Residuales

## **I. Introducción**

El agua es el componente principal de la materia viva, constituyendo del 50 al 90% de la masa de todos los organismos vivos. Ha estado presente en la Tierra desde hace más de 3000 millones de años, ocupando las tres cuartas partes de la superficie del planeta (Valencia, 2013).

A partir de la primera mitad del siglo XX se dio paso a la generación de grandes cantidades de aguas residuales; a medida que ha crecido la población ha aumentado paulatinamente la demanda de agua urbana, generando como resultado la descarga de aguas residuales sobre cuerpos hídricos sin tratamiento alguno (Valencia, 2013). En la década de los 60, se implementaron nuevos términos como “contaminación del aire” y “contaminación del agua”; sin embargo, poco a poco estos se convirtieron en palabras de uso común (Ramalho, 1996).

A comienzos del siglo XX varias ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto despertó el interés de desarrollar medidas preventivas y correctivas para el tratamiento de aguas residuales tanto en áreas suburbanas como en las rurales, empezando a desarrollarse mecanismos como: construcción de fosas sépticas e instalaciones de depuración (Valencia, 2013).

Sin embargo la explotación desmedida del hombre sobre el medio ambiente, el incremento de la obra civil y el establecimiento de nuevas ciudades aledañas a cuerpos hídricos ha traído como resultado la afectación sobre el suelo, agua y aire. Se estima que cada hora al menos cuatro de las especies silvestres de la tierra son conducidas a la extinción permanente, por la población, que crece velozmente, y por el desarrollo agrícola e industrial (Ruiz, *et al.* 2002).

La parroquia Fátima es uno de los sectores prósperos del cantón Pastaza, cuenta actualmente con 863 habitantes según datos del INEC 2010. Esta parroquia es una de las más afectadas

por la contaminación, debido a: la deforestación, la erosión de los suelos, el vertimiento de aguas servidas al río, construcción de diques y balnearios naturales, uso excesivo de productos fitosanitarios, ampliación de la frontera agrícola, la deficiente educación ambiental de los moradores, el vertimiento de residuos sólidos y líquidos sobre los cuerpos de agua sin un estudio de impacto ambiental previo, entre otras actividades que trae como resultado la alteración, contaminación y degradación de los ecosistemas de los ríos Puyo y Arajuno (PDOT 2012). Debido a estos antecedentes nace la necesidad de realizar la propuesta para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Fátima, con el fin de dar un tratamiento adecuado a estas aguas residuales, y a la vez empezar la recuperación del Río Puyo, contribuyendo a mejorar las condiciones de vida de la población y de la biodiversidad del sector de estudio.

## **1.1 Objetivos.-**

### **1.1.1 Objetivo general:**

Proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales que descargan en el río Puyo, provenientes de la parroquia Fátima, Provincia de Pastaza.

### **1.1.2 Objetivos específicos:**

- Diagnosticar la situación ambiental del área de influencia de descarga de Aguas Residuales hacia el Río Puyo.
- Caracterizar física, química, microbiológicamente, las aguas residuales del río Puyo, en la fase previa descarga y después de la descarga de Aguas Residuales de la Parroquia Fátima, Provincia de Pastaza.
- Formular el Plan de Monitoreo Ambiental de Calidad de Aguas Residuales, aplicando la Normativa Vigente.

## **1.2 Hipótesis.-**

### **1.2.1 Hipótesis general:**

La propuesta de implementación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales minimizará la contaminación ambiental y mejorará la calidad de vida de los pobladores de la parroquia Fátima, Provincia de Pastaza.

### **1.2.2 Hipótesis específicas:**

La caracterización física, química y microbiológica, y la determinación de los medios bióticos, abióticos, e impactos ambientales de las aguas residuales, permitirán mejorar las especificaciones para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales.

## **II. Revisión de la literatura**

### **2.1 El Agua**

El agua es la sustancia más abundante en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso (FAO, 2015). Según el Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente (PNUMA, 2003), el agua cubre el 75% de la superficie terrestre; el 97.5% del agua es salada, y sólo el 2.5% es agua dulce. Los casquetes y los glaciares contienen el 74% del agua dulce del mundo. El resto se encuentra en las profundidades de la tierra o encapsulada en los componentes de la misma. Sólo el 0.3% se encuentra en los ríos y los lagos. Para uso humano se puede acceder a menos del 1% del agua dulce superficial o subterránea del planeta (Valencia, 2013).

El agua es el constituyente más importante del organismo humano y del mundo en el que vivimos. Tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza, no solo por su estructura bipolar, sino además por sus constituyentes orgánicos e inorgánicos (Barrenechea, 2004).

Desde el punto de vista de salud humana, el agua ayuda a eliminar las sustancias resultantes de los procesos bioquímicos que se desarrollan en el organismo humano, a través de los órganos excretores, sin embargo por esta misma propiedad, puede transportar una serie de tóxicos al organismo que pueden afectar a diferentes órganos, de manera reversible e irreversible (Barrenechea, 2004).

Es además un elemento esencial para el desarrollo agrícola sostenible; su aprovechamiento, utilización y conservación constituyen elementos fundamentales en cualquier estrategia de desarrollo (Guzmán y Narváez, 2010).

Los niveles de contaminación de los cuerpos hídricos en Ecuador aumentan año tras año debido al sistema productivo que se instaure en el crecimiento de la población (Guzmán y Narváez, 2010).

El término *calidad del agua* es relativo y sólo tiene importancia universal se está vinculado al uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia para recreación no puede ser usada para consumo humano y a la vez una fuente de agua de consumo humano no puede ser empleada en actividades industriales (Barrenechea, 2004).

El agua contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ellas. Desde el momento que se condensa en forma de lluvia, el agua disuelve los componentes químicos de sus alrededores, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo, además, el agua contiene microorganismos vivos que reaccionan con sus elementos físicos y químicos (Barrenechea, 2004). Por estas razones es necesario tratarla para hacerla adecuada para su uso como provisión para la población o después de su utilización previa descarga sobre los cuerpos de agua.

## **2.2 Aguas Residuales**

El término *agua residual* se emplea para referirse al agua proveniente del sistema de abastecimiento de una población, las aguas residuales resultan después de haber sido empleadas en actividades domésticas, industriales, agrícolas, urbanas, transporte, recreación, etc. Poseen un color sucio y se encuentran contaminadas: llevan grasas, detergentes, materia orgánica, residuos de la industria y ganado, herbicidas, plaguicidas, y pueden incluso poseer sustancias tóxicas. Debido a la naturaleza de las aguas residuales al momento de su descarga sin un tratamiento previo pueden llegar a implicar una alteración sobre el ecosistema terrestre y acuático e incluso afectar a la salud humana (Valencia, 2013).

## **2.2.1 Características de las aguas residuales**

El agua residual es el resultado de un proceso que trae como consecuencia la degradación de su calidad original, alterando sus características iniciales, a continuación se detallan las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales:

### **2.2.1.1 Características físicas.**

La característica física más importante es su temperatura, concentración y contenido total de sólidos, y la clase de sólidos que la conforma (materia flotante y materia en suspensión), en dispersión coloidal y en disolución (Cubillos, *s.f.*).

#### **2.2.1.1.1 Sólidos totales.**

Se entiende como toda la materia que queda como residuo de evaporación a 103-105°C. Los sólidos totales provienen del agua de suministro y de infiltración tanto de pozos locales como de aguas subterráneas. Los sólidos totales afectan la biota del ecosistema acuático ya que al oxidarse consumen el oxígeno disuelto en el agua (Cubillos, *s.f.*).

#### **2.2.1.1.2 Temperatura.**

La temperatura del agua posee un gran efecto en el ecosistema acuático. El agua residual posee una temperatura modificada que varía de acuerdo al lugar, las horas del día y las épocas del año, al ser vertida sobre un cuerpo hídrico generará cambios sobre el ecosistema del mismo, así por ejemplo: en las reacciones químicas y velocidades de reacción, conllevando cambios en la descomposición de la materia orgánica. El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría, el aumento en la velocidad de las reacciones supone un aumento de temperatura junto con la disminución del oxígeno presente en las aguas superficiales (Cubillos, *s.f.*).

#### **2.2.1.1.3 Color.**

El agua residual reciente suele ser gris, sin embargo el color de plomo a negro varía a medida que se incrementa la actividad bacteriana. Cuando el tiempo ha pasado el agua se oscurece debido a la implantación de condiciones anaerobias; donde, el oxígeno disuelto baja a cero y paulatinamente el color del agua residual cambia a negro. En esta condición se dice que el agua residual es séptica, por ello mediante el color se puede establecer cualitativamente el tiempo de las aguas residuales (García, *et al.* 2006).

#### **2.2.1.1.4 Olor.**

El olor característico de las aguas residuales se debe a la presencia de determinadas sustancias y gases, y a la actividad bacteriana (descomposición anaerobia de materia orgánica). Al igual que con el parámetro color, el tiempo del agua residual se puede determinar mediante su olor, es así que, el agua residual reciente tiene un olor peculiar desagradable pero menos intenso y más tolerable que el del agua residual séptica antigua, la cual huele a sulfuro de hidrogeno producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos, y que además producen compuestos amoniacales (García, *et al.* 2006).

#### **2.2.1.1.5 Conductividad.**

Se conoce por conductividad a la medida de la capacidad que tiene una sustancia para conducir corriente eléctrica. La corriente eléctrica es transferida por iones, manteniendo una relación directamente proporcional entre la concentración de iones y el aumento de la conductividad (Solís, 2014).

### **2.2.1.2 Características químicas.**

#### **2.2.1.2.1 Materia orgánica.**

El agua residual se comprende entre otros factores por sólidos suspendidos filtrables, de los cuales aproximadamente el 60% comprenden la naturaleza orgánica del agua residual (Araujo, *et al.* 2014). Los principales grupos de sustancias orgánicas halladas en el agua residual son:

- a) Proteínas 40 – 60%, se encuentran en plantas y animales.
- b) Carbohidratos 25 – 50%, a los cuales pertenecen los azúcares (solubles en el agua), dextrinas, almidones (insolubles en el agua), celulosas, hemicelulosas, pectinas y ciertas gomas.
- c) Grasas y aceites 10%, son compuestos estables que no se descomponen fácilmente por bacterias. En su mayoría flotan sobre el agua residual, interfiriendo con la acción biológica, por lo que deben eliminarse en los sistemas de tratamiento.

#### **2.2.1.2.2 Medida del contenido orgánico.**

El contenido de oxígeno se mide a través:

- a) DBO (demanda bioquímica de oxígeno), que es el parámetro más utilizado a las aguas residuales, mediante el cual se determina la cantidad aproximada de oxígeno, el cual es empleado para estabilizar biológicamente la materia orgánica (Solís, 2014).
- b) DQO (demanda química de oxígeno), empleada para medir el contenido de materia orgánica (Solís 2014). El valor del DQO suele ser por lo general mayor que el resultado de la DBO.

#### **2.2.1.2.3 Materia inorgánica.**

Los metales pesados, nutrientes como el nitrógeno y fósforo, pH, alcalinidad, cloruros,

azufre y otros contaminantes inorgánicos son característicos en las aguas residuales, su presencia/ausencia permite establecer y controlar la calidad del agua (Solís 2014). Las concentraciones de los componentes inorgánicos se deben al aumento del proceso natural de evaporación, éste proceso elimina parte del agua superficial dejando a la sustancia inorgánica en el agua (Araujo, *et al.* 2014).

- a) PH, establece la concentración del ion hidrógeno, por medio del establecimiento del logaritmo negativo de la concentración de éste, se considera como un parámetro de calidad importante al tener un riguroso intervalo (Araujo, *et al.* 2014). El agua residual con una concentración adversa de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos.
- b) Cloruros, proceden (de manera natural) de la disolución de suelos y rocas que los contienen, y que estaban en contacto con el agua (Solís, 2014).
- c) Alcalinidad, en el agua residual se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos tales como el calcio, magnesio, sodio, potasio o amoníaco (Solís, 2014).
- d) Nitrógeno, que es esencial para el crecimiento de protistas y plantas. El nitrógeno en el agua residual se encuentra en forma de urea y materia proteica, sin embargo la actividad bacteriana lo cambia a amoníaco, por lo que la edad del agua residual puede ser medida por la cantidad relativa de amoníaco presente.
- e) Fósforo, esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos.
- f) Azufre, el ión sulfato se presenta de manera natural en la mayoría de los suministros de agua natural y residual. El azufre es requerido en la síntesis de proteínas y es liberado en su degradación (Solís, 2014).

- g) Compuestos tóxicos, por su toxicidad ciertos cationes son de gran importancia en el tratamiento y vertido de las aguas residuales: el cobre, plomo, plata, arsénico y boro, son tóxicos en distintos grados para los microorganismos (Cubillos, *s.f.*).
- h) Metales pesados, vestigios de muchos metales, tales como el níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio son importantes constituyentes de muchas aguas.

#### **2.2.1.2.4 Gases.**

Los gases más frecuentemente encontrados en el agua residual sin tratar son:

- a) Oxígeno disuelto, necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, la presencia de oxígeno en el agua residual es deseable para evitar la formación de olores desagradables, por lo cual no existe oxígeno disuelto en aguas residuales sépticas (Cubillos, *s.f.*).
- b) Sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), formado por la descomposición en condiciones anaerobias de la materia orgánica que contiene azufre o por la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, altera el pH del agua (Cubillos, *s.f.*).
- c) Metano ( $CH_4$ ), es el principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual (Cubillos, *s.f.*).

#### **2.2.1.3 Características biológicas.**

Incluyen los principales grupos de microorganismos que se encuentran en las aguas superficiales y residuales:

- a) Microorganismos, los principales grupos que se encuentran en aguas residuales pueden ser: protistas como bacterias, algas, hongos y virus.

- b)** Bacterias, son protistas unicelulares, consumen alimentos solubles, por lo que se encuentran donde estén éstos y exista humedad. Entre las bacterias que se encuentra en las heces humanas esta la *Escherichia coli* que se los utiliza como un indicador de contaminación (Solís, 2014). El grupo “coliforme” al cual corresponde *Escherichia coli* (Cubillos, *s.f.*), por medio de su presencia/ausencia se puede determinar o no la presencia de organismos patógenos productores y transmisores de enfermedades.
- c)** Hongos, son protistas heterótrofos, no fotosintéticos y multicelulares. La mayoría de los hongos son aerobios estrictos, pueden crecer con muy poca humedad y toleran un ambiente con un pH bajo (Solís, 2014).
- d)** Algas, son protistas unicelulares o multicelulares, autótrofos y fotosintéticos. En los estanques de oxidación, las algas son un valioso elemento porque producen oxígeno a través del mecanismo de la fotosíntesis (Solís, 2014).
- e)** Protozoarios, son protistas móviles, microscópicos y por lo general unicelulares (Solís, 2014).
- f)** Rotíferos, son animales aerobios, heterótrofos y multicelulares. Son muy eficaces al consumir bacterias dispersas y floculadas así como pequeñas partículas de materia orgánica.
- g)** Crustáceos, son animales aerobios, heterótrofos y multicelulares. Su presencia indica que el efluente es bajo en materia orgánica y rico en oxígeno disuelto.
- h)** Virus, muchos virus que producen enfermedades son excretados en las heces humanas, por lo tanto en el tratamiento de aguas residuales estos virus deben ser controlados (Solís, 2014).

### 2.2.2 Tipos de aguas residuales

Las aguas residuales pueden ser clasificadas según el lugar del cual provengan en cuatro tipos (Tabla 1): domésticas (municipales), industriales, aguas provenientes de la infiltración y aguas pluviales, además, las aguas residuales se pueden clasificar según la cantidad de componentes físicos, químicos y biológicos que la compongan. El agua residual se clasifica como: fuerte, media o débil.

Las aguas residuales industriales conllevan varios tipos de tratamiento previa descarga de las mismas en la red de alcantarillado. El tratamiento de las aguas residuales industriales depende del tipo de industria de la cual provengan, sin embargo existen tipos de aguas residuales industriales con características similares a las aguas residuales municipales por lo que pueden ser descargadas de manera directa en los sistemas públicos de alcantarillado (Valdez y Vázquez, 2003).

**Tabla 1** Clasificación de las aguas residuales según su origen



Fuente: Andrés Villacreses, 2015

La demanda de agua para actividades domésticas, Tabla 2:

**Tabla 2** Demanda de agua para actividades domésticas

<b>Actividad</b>	<b>Litros actividad/vez</b>
Lavado de platos (4-6 personas)	
Manual	10 – 25
Automático	20 – 45
Lavado de ropa (4 kg)	
Manual	250 – 300
Automático	100 – 180
Limpieza de casa	8 – 10
Higiene personal	
Lavado de manos	2 – 5
Ducha rápida	40 – 80
Baño en ducha	80 – 140
Baño en tina pequeña	200 – 250
Baño en tina grande	30 – 50
Baño de niños	30 – 40
Inodoro	
Con tabique alto	8 – 12
Con tabique integrado	12 – 15
Con conexión directa al sistema de abastecimiento	6 – 14
Disposición de basura por ciclo	4 – 5
Lavado de automóviles	
Con cubo	20 – 40
Con manguera	100 – 200
Actividades de riego	1/m <sup>2</sup> /a
	5 – 10

Fuente: OMS, tomo 1.

El agua residual doméstica/municipal presenta características muy específicas: cuando está fresca y aerobia posee un olor a queroseno y color gris. El agua residual con más tiempo de haber sido generada es séptica y pestífera; posee un color negro y su olor característico es parecido al de “huevos podridos”, debido al sulfuro de hidrógeno que proviene de la

descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos (Valdez y Vázquez, 2003). En la tabla 3 se presentan las fluctuaciones en la cantidad de aguas residuales y en la concentración de las sustancias sedimentables.

**Tabla 3** Fluctuación a. residuales, descarga por hora en relación con la descarga diaria

<b>Tamaño (miles de personas)</b>	<b>Descarga máxima hora (t)</b>	<b>Promedio</b>	
		<b>Día (t)</b>	<b>Noche (t)</b>
<5	10 – 12	12 – 14	>84
5 – 10	12 – 13	14 – 16	84 – 48
10 – 50	13 – 15	16 – 18	48 – 36
50 – 250	15 – 18	18 – 20	36 – 30
>250	>18	20 – 22	30 - 27

Fuente: OMS, tomo 1.

La temperatura del agua residual es mayor que la del agua potable, con una variación entre 10 a 20°C; esto se debe al aumento de calor en el agua debido a los sistemas de plomería de las edificaciones (Valdez y Vázquez, 2003).

El agua colectada en los sistemas de alcantarillado municipal corresponde a una amplia variedad de usos. En la tabla 4 se presenta una lista de contaminantes que es común encontrar en las aguas residuales municipales, así como la fuente que los genera y sus consecuencias ambientales (Valdez y Vázquez, 2003).

**Tabla 4** Contaminantes importantes en las aguas residuales

<b>Contaminante</b>	<b>Fuente</b>	<b>Importancia ambiental</b>
<b>Sólidos suspendidos</b>	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos.
<b>Compuestos orgánicos biodegradables</b>	Desechos domésticos e industriales.	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones indeseables.
<b>Microorganismos patógenos</b>	Desechos domésticos.	Causa enfermedades transmisibles.
<b>Nutrientes</b>	Desechos domésticos e industriales.	Puede causar eutroficación.
<b>Compuestos orgánicos refractarios</b>	Desechos industriales.	Pueden causar problemas de sabor y olor, pueden ser tóxicos o carcinógenos.
<b>Metales pesados</b>	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del afluente.
<b>Sólidos inorgánicos disueltos</b>	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua	Pueden interferir con el reúso del afluente.

Fuente: Valdez y Vázquez, 2003.

### 2.2.3 Tipos de tratamiento para aguas residuales

#### 2.2.3.1 Tratamientos por métodos naturales.

Son aquellos en los que la acción de la vegetación, el suelo, y los microorganismos son los encargados de la depuración de aguas residuales. Con el tiempo estos métodos naturales han

cochado mucho interés debido a sus ventajas económicas, reducido consumo energético, baja producción de fangos, fácil operación y mantenimiento y por tanto se convierten en alternativas sostenibles para las pequeñas comunidades (Hualpa, *et al.* 2010)

Según Hualpa *et al.* (2010), los principales tipos de sistemas de tratamiento naturales para aguas residuales incluyen:

Métodos de aplicación en el terreno:

#### **2.2.3.1.1 Infiltración rápida.**

Es un método de inundación del suelo, apropiada para el tratamiento de aguas residuales domesticas (Romero, 1999). En los sistemas de infiltración rápida el agua aplicada se infiltra por la superficie y percola por los poros del suelo. Se realiza sobre suelos muy permeables de textura gruesa, por lo que las superficies necesarias son relativamente pequeñas con cargas hidráulicas elevadas. El tratamiento se realiza en el suelo sin la intervención de plantas. Su principal limitación es el peligro de contaminación de las aguas subterráneas en caso de deficiente operación (Hualpa, *et al.* 2010). Romero (1999), propone que para evitarlo se necesita las siguientes características:

- Pendiente del 3 al 10% para evitar remociones excesivas de terreno
- Nivel freático a una profundidad mínima de 3m
- Permeabilidad del suelo rápida
- Área de terreno por habitante necesaria por la tecnología 2 a 20 m<sup>2</sup> /hab.

#### **2.2.3.1.2 Infiltración lenta**

Según Hualpa *et al.* (2010) el proceso de infiltración lenta consiste en la aplicación de un caudal controlado del agua residual sobre la superficie del suelo con cubierta vegetal para

lograr tanto el crecimiento de la vegetación así como el grado necesario de tratamiento del agua contaminada, mediante el uso de aspersores, surcos y zanjas con previo tratamiento primario. Romero (1999), propone que para la instalación de este sistema es primordial:

- Pendiente del 5 al 20%
- Nivel freático de 1 a 1.5 m
- Permeabilidad del suelo lenta o moderadamente rápida.
- Área de terreno necesaria para la tecnología: 8 - 20 m<sup>2</sup> /hab.

### **2.2.3.1.3 Escorrentía superficial**

La Escorrentía superficial se emplea en terrenos con pendiente de 3 al 8%, capa superficial de suelo poco permeable o con subsuelo impermeable y requiere cobertura vegetal para evitar la erosión. La escorrentía superficial es esencialmente un proceso biológico en el cual se aplica el agua residual sobre las zonas de un terreno donde fluye a través de la superficie vegetal, hasta unas zanjas de recolección (Hualpa, *et al.* 2010). A medida que el agua fluye sobre el suelo, una porción se infiltra, otra se evapora y el resto fluye a los canales de recolección. La renovación del agua se lleva a cabo por medios físicos, químicos y biológicos (Moreno, 2003). Romero (1999), propone que para la instalación de este sistema es necesario:

- Pendientes del orden del 3 al 8%.
- Profundidad del nivel freático no crítica.
- Suelos con permeabilidad lenta tales como arcillas y limos arcillosos.
- Área requerida por la tecnología de 2,5 - 6 m<sup>2</sup>/ha

### **2.2.3.2 Tratamiento por métodos acuáticos.**

#### **2.2.3.2.1 Humedales.**

Los humedales pueden ser naturales o artificiales y, son sistemas de tratamiento natural por medios acuáticos en los cuales las plantas y animales son los principales medios que intervienen en el tratamiento de aguas residuales municipales, eliminando grandes cantidades de materia orgánica, sólidos, nitrógeno, fósforo (Hualpa, *et al.* 2010).

Los humedales tienen dos funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo.
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

#### **2.2.3.2.2 Humedales de flujo superficial.**

Según Hualpa *et al.* (2010) los HFL con espejo de agua son balsas, una ciénaga, pantano o canales paralelos con la superficie del agua expuesta a la atmósfera. Romero (1999), propone que para la instalación de este sistema es necesario:

- Suelos arcillosos de baja permeabilidad.
- Vegetación inundada hasta una profundidad de 10 a 60 cm.
- La vegetación puede ser cañas o juncos.
- Pendiente del terreno < 5 %
- La profundidad del nivel freático no es un limitante.
- Área requerida por el tratamiento: 2,5 a 9 m<sup>2</sup> /hab.

### **2.2.3.2.3 Humedales de flujo sub superficial**

Según Hualpa *et al.* (2010) Los HSS son métodos acuáticos en el que el agua fluye por debajo de la superficie de un medio poroso de grava gruesa o arena sembrado de plantas emergentes.

Romero (1999), propone que para la instalación de este sistema es necesario:

- Suelos arcillosos relativamente impermeable
- La profundidad del lecho va desde 0.5 a 0.9 m
- Pendiente del terreno < 5%.
- La profundidad del nivel freático no es un limitante.
- Área requerida por el tratamiento: 1,5 - 7 m<sup>2</sup>/hab.

### **2.2.3.3 Tratamientos con métodos convencionales.**

Los tratamientos a los que se deben someter los efluentes tienen que garantizar la eliminación o recuperación del compuesto orgánico, para lo cual se han desarrollada varias operaciones físicas (Rodríguez, 2006).

#### **2.2.3.3.1 Operaciones físicas unitarias**

Incluyen métodos de tratamiento en los que predomina la acción de fuerzas físicas que permiten la remoción de la materia en suspensión presente en las aguas residuales. La eliminación de esta materia se suele hacer mediante operaciones mecánicas (Valencia, 2013). Son conocidas como medidas primarias o preliminares debido a que la presencia de partículas en suspensión obstaculiza otros procesos de tratamiento, en la tabla 5 se enlistan los diferentes tipos de operaciones físicas unitarias.

**Tabla 5** Operaciones físicas unitarias

<b>Operación</b>	<b>Aplicación</b>
Desbaste	Elimina sólidos de gran tamaño y evita que estos dañen equipos posteriores del resto de tratamientos, suele ser un tratamiento previo a cualquier otro.
Sedimentación/decantación	Aprovecha la fuerza de la gravedad de las partículas más densas del agua haciendo que tengan una trayectoria descendente y depositándolas en el fondo del sedimentador.
Filtración	Se hace pasar al agua a través de un medio poroso con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión.
Flotación	Genera pequeñas burbujas de gas (aire) que se asocian a las partículas presentes en el agua y que se elevan hasta la superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema.
Coagulación/floculación	Favorece a la floculación de las partículas que tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta por medio de la adición de reactivos químicos

**Fuente:** Valencia 2013

#### **2.2.3.3.2 Operaciones químicas unitarias**

Estos métodos de tratamiento permiten la remoción de la materia disuelta en el agua a tratar mediante la remoción de productos químicos que provocan el desarrollo de varias reacciones químicas (Valencia, 2013). En la tabla 6 se enlistan las diferentes operaciones químicas a emplearse, debido a que los sólidos disueltos generalmente pueden tener características y concentraciones muy diversas entre las cuales se encuentran sustancias peligrosas de necesaria eliminación (Rodríguez, 2006).

**Tabla 6** Procesos químicos unitarios

<b>Operación</b>	<b>Aplicación</b>
Precipitación	Consiste en la eliminación de una sustancia disuelta indeseable por adición de un reactivo que forme un compuesto insoluble con el mismo, facilitando su eliminación.
Procesos electroquímicos	Utiliza técnicas electroquímicas haciendo pasar una corriente eléctrica a través del agua y provocando reacciones de oxidación-reducción. Tiene una importante aplicación en el tratamiento de aguas residuales.
intercambio iónico	Utiliza resinas de intercambio iónico que es capaz de retener selectivamente los iones disueltos en el agua manteniéndolos temporalmente unidos a su superficie y cediéndolos a una disolución con un fuerte regenerante.
Adsorción	Consiste en la captación de sustancias solubles en la superficie de un sólido siendo un parámetro fundamental la superficie específica del mismo. Es un tratamiento de refino más usual, siendo utilizado especialmente con posterioridad a un tratamiento biológico.
Desinfección	Pretende la destrucción o inactivación de los microorganismos que puedan causarnos enfermedades, se hace imprescindible para la protección de la salud.

**Fuente:** Rodríguez, 2006

#### 2.2.3.3.3 Operaciones biológicas unitarias

Constituyen una serie de procesos de tratamiento (Tabla 7) que tienen en común la utilización de microorganismos (especialmente las bacterias), para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua aprovechando la actividad metabólica de los mismos.

Tiene una importante incidencia en las posibilidades de aplicación del tratamiento de aguas (Valencia, 2013).

**Tabla 7** Procesos biológicos unitarios

<b>Tipo de sistema</b>	<b>Elemento aceptor</b>	<b>fundamento</b>
Sistemas aerobios	Oxígeno disuelto	Este compuesto hace que el rendimiento energético del tratamiento sea elevado provocando una generación de fangos debido al alto crecimiento de bacterias aerobias. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua.
Sistemas anaerobios	CO <sub>2</sub> o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono es su estado más reducido, el metano (CH <sub>4</sub> )	Este sistema tiene como ventaja la obtención de un gas combustible. Posee un bajo consumo de energía, produce poca cantidad de fangos y por tanto un menor requerimiento de nutrientes, y permite la posibilidad de periodos de parada en el proceso sin alterar la población bacteriana.
Sistemas anóxicos	Presencia de nitratos (NO <sub>3</sub> )	La ausencia de oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> ) y la presencia de nitratos (NO <sub>3</sub> ) hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones transformándose en nitrógeno (N <sub>2</sub> ), por tanto es posible que en ciertas condiciones se consiga una eliminación biológica de nitritos (des nitrificación)

**Fuente:** Valencia, 2013

#### 2.2.3.3.4 Tecnología convencional de tipo biológico

La Tecnología de Lodos Activados es una de las más difundidas a nivel mundial. Creada en 1914 para el tratamiento de efluentes industriales y efluentes municipales. Los objetivos que persigue el tratamiento biológico de agua residual, son la coagulación y la eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y estabilización de la materia orgánica.

Es decir que el principio básico del proceso consiste en que las aguas residuales se pongan en contacto con una población microbiana mixta, en forma de suspensión de flóculos en un sistema aireado y agitado (Winkler, 1999).

Su aplicación se la realiza en aguas servidas domiciliarias en poblaciones medianas y grandes, en la tabla 8 se describe la eficiencia de éste tratamiento. Para el mismo se emplean los siguientes parámetros de operación:

Temperatura Ambiente:	15 – 40 °C
Caudal de Operación:	No tiene Limitaciones.
Vida Útil:	20 años referida a los equipos y motores con un adecuado manejo de mantención.

**Tabla 8** Eficiencia uso de tecnología lodos activados.

DBO	90 - 95%
SST	85 - 95%
Nitrógeno Total	15 - 30% Tratamiento Secundario
	70 - 90 % Incluyendo Desnitrificación
Fósforo	10 - 25 % Tratamiento Secundario
	70 - 90 % Incluyendo Remoción Adicional de N y P.
Coliformes Fecales	60 - 90 %

**Fuente:** Winkler, 1999

## 2.2.4 Muestreo de aguas residuales

### 2.2.4.1 Medición de caudales.

Se puede definir como caudal a la cantidad de un líquido que fluye en un lugar determinado en una cantidad de tiempo específica, generalmente se usa la siguiente ecuación para el cálculo del caudal (Valencia, 2013):

$$Q = V / T$$

Donde:

V= Volumen del líquido o gas (m<sup>3</sup>)

T= tiempo de flujo (s)

En base a la existencia de resultados de un monitoreo previo, uno de los métodos más sencillos para la medición de caudales es por el método del flotador y el método volumétrico. Se utilizó el medidor de flotador, que de acuerdo a ITDG (2004), que utiliza valores promedios de las variables determinadas, se marcan dos puntos en el río; el punto A (partida) y el punto B (llegada), en una distancia de 10 metros. Una persona se ubica en el punto A con el flotador y otra se ubica en el punto B con un cronómetro, midiéndose el tiempo recorrido entre los puntos A-B por el flotador.

La velocidad de la corriente de agua se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$V = D_{(A-B)} / T$$

Donde:

V= velocidad

D<sub>(A-B)</sub>= distancia entre los puntos A y B

T= tiempo de recorrido

Por ultimo para realizar la medición de la sección transversal del río, se calcula el área transversal, dividiéndola cada metro de distancia de extremo a extremo, y se procede a medir la profundidad del río en cada una de las secciones obtenidas en el área transversal; para conocer la profundidad promedio se utiliza la siguiente fórmula:

$$H_m = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_n) / N_{\text{muestras}}$$

Una vez obtenido el valor de la profundidad, se procede a realizar la medición del área transversal del río ( $A_T$ ) en base a la siguiente fórmula:

$$A_T = A * H_m$$

Donde:

A= ancho del río en metros

H<sub>m</sub>= Profundidad promedio

Por último se procede a calcular el caudal del río ( $Q_r$ ) mediante la implementación de los datos antes obtenidos, en base a la siguiente fórmula:

$$Q_{r(m^3/s)} = V_{(m/s)} * A_{(m^2)}$$

Donde:

V = velocidad

A = área

#### **2.2.4.2 Muestreo de aguas residuales.**

El muestreo del agua residual es una técnica que consiste en extraer una pequeña porción representativa del líquido con el fin de analizar sus características y composición mediante análisis en laboratorio. Si se conoce que la composición de la descarga de aguas residuales

es constante se pueden coleccionar muestras simples, sin embargo, si se desconoce este dato se deben tomar muestras compuestas (Valencia, 2013).

Las muestras compuestas, se componen de la mezcla de varias muestras simples, recogidas en el mismo lugar pero a diferentes tiempos y jornadas. Se coleccionan las muestras simples a intervalos constantes de una hora, hasta lograr un tiempo total igual a 24 horas, es preferible que el volumen de la muestra no sea menor a 100mL, y el volumen total alcanzado debe ser de 2L (Valencia, 2013).

### **2.3 Normativa Ambiental Vigente para el tratamiento de aguas residuales**

Todo Proyecto tiene que ser Socialmente Justo, Económicamente Rentable y Ambientalmente Sustentable “

- **Constitución de la República del Ecuador.**

“La Constitución de la República del Ecuador en la sección segunda, Artículo 14 expresa que reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente Sano y Ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen Vivir, Sumak Kawsay.

La Constitución del Ecuador de conformidad con lo previsto en el numeral 4 del Art. 264. Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que determine la ley:

Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de Aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento Ambiental y aquellos que establezca la ley.

De conformidad a lo previsto en el Art. 66 numeral 27 de la Constitución de la República, es un derecho constitucional de todos los Ecuatorianos de vivir en un

ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.”

- **El Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013 en su Objetivo 4:**

“Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable, Política 4.4, hace referencia en prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental como aporte para el mejoramiento de la calidad de vida, regulando criterios de preservación, conservación, ahorro y usos sustentables del agua e implementando normas para controlar y enfrentar la contaminación de los cuerpos de agua mediante la aplicación de condiciones explícitas para el otorgamiento de las autoridades de uso y aprovechamiento.

Concepto en el cual se basó la creación de las siguientes normas:

- **Acuerdo ministerial No. 061, Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria:**

Capítulo IV, de los Estudios Ambientales;

Art. 27 Objetivo.- los estudios ambientales sirven para garantizar una adecuada y fundamentada predicción, identificación, e interpretación de los impactos ambientales de los proyectos, obras y actividades existentes y por desarrollarse en el país, así como la idoneidad técnica de las medidas de control para la gestión de sus impactos ambientales y sus riesgos; el estudio ambiental debe ser realizado de manera técnica, y en función del alcance y la profundidad del proyecto, obra o actividad, acorde a los requerimientos previstos en la normativa ambiental aplicable.

Sección III, Calidad de componentes abióticos.

Parágrafo I, Del Agua,

Art. 209, De la calidad del agua.- son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad del agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestras y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores.

Art. 210 Prohibición.- De conformidad con la normativa legal vigente:

- a) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados;
- b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación;
- c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua; y,
- d) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico.

Art. 323 De los objetivos de Calidad Ambiental.- Las normas técnicas de calidad ambiental y de emisión, descarga y vertidos guardarán concordancia con los planes de prevención y control de la contaminación, en los ámbitos local, provincial, sectorial o de gestión del recurso y con el presente Libro. De acuerdo a los objetivos de calidad ambiental establecidos para la prevención y control de la contaminación ambiental, se dictará normas técnicas de emisión y descarga nacionales, regionales, provinciales o locales, sectoriales o para ecosistemas o áreas naturales específicas.

- **Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.**

#### **Libro IV del Texto unificado de Legislación Secundaria.**

Norma técnica ambiental dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La norma técnica determina o establece:

- I. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- II. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- III. Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Su objetivo es la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua. El objetivo principal es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

En su apartado 2.3 la norma establece el concepto de agua residual como:

#### **2.4 Aguas residuales**

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

En los apartados 2.43, 2.44 y 2.45 la norma establece los conceptos:

#### **2.4.1 Tratamiento convencional para potabilizar el agua**

Son las siguientes operaciones y procesos: Coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

#### **2.4.2 Tratamiento convencional para efluentes, previa a la descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado**

Es aquel que está conformado por tratamiento primario y secundario, incluye desinfección.

Tratamiento primario.- Contempla el uso de operaciones físicas tales como: Desarenado, mezclado, floculación, flotación, sedimentación, filtración y el desbaste (principalmente rejas, mallas, o cribas) para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual.

Tratamiento secundario.- Contempla el empleo de procesos biológicos y químicos para remoción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos.

El tratamiento secundario generalmente está precedido por procesos de depuración unitarios de tratamiento primario.

#### **2.4.3 Tratamiento Avanzado para efluentes, previo descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado**

Es el tratamiento adicional necesario para remover sustancias suspendidas y disueltas que permanecen después del tratamiento convencional para efluentes.

La norma de Calidad Ambiental, en su apartado 4.2 sobre “Criterios generales para la descarga de efluentes” menciona:

Normas técnicas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua, en las tablas 11, 12 y 13 de la presente norma, se establecen

los parámetros de descarga hacia el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua (dulce y marina), los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios.” En el numeral 4.2.3 de la presente norma se mencionan las normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina, Tabla 9:

**Tabla 9** 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.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	30.0
Alkil mercurio		mg/l	NO DETECTABLE
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
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		<sup>1</sup> Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	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
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0

<sup>1</sup> Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	<b>Visibles</b>		<b>Ausencia</b>
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> =	mg/l	1000
Sulfitos	SO <sub>3</sub>	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición N +- 3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

\* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

**Fuente:** Acuerdo Ministerial 028 Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes:

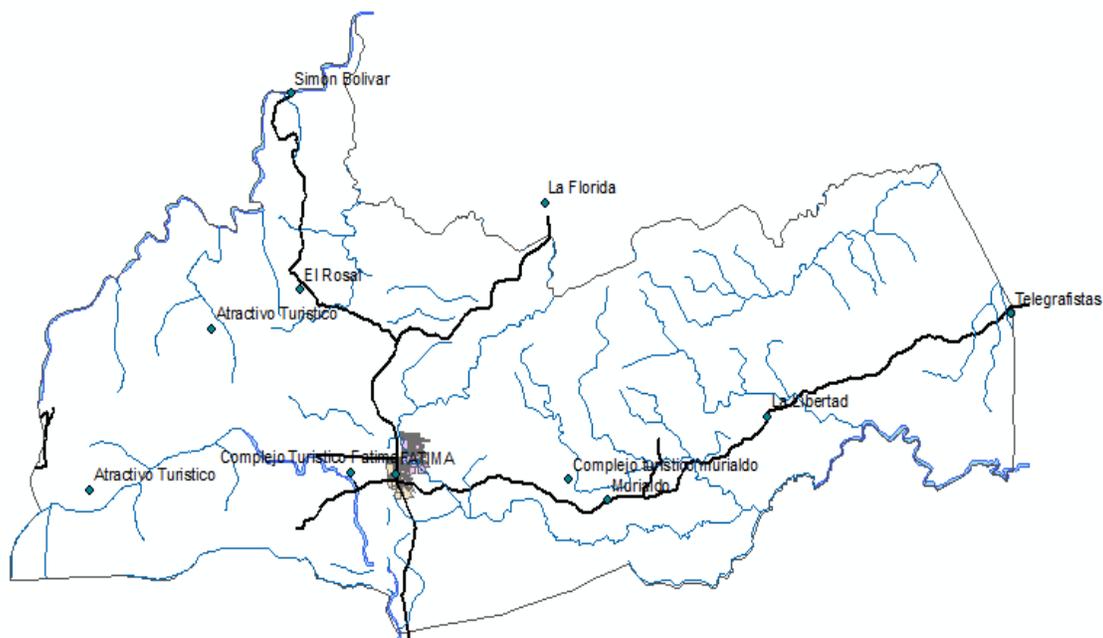
Recurso Agua, Tabla 10, 2015

### III. Materiales y métodos

#### 3.1 Localización y duración de la investigación

##### 3.1.1 Ubicación geográfica

La parroquia Fátima es parte de la región amazónica del Ecuador (Mapa 1), localizado en la provincia de Pastaza, el territorio está ubicado a una Longitud de 77° 00' 00'' Oeste y 01° 24' 40'' de Latitud Sur. Se encuentra a 7.42 Km, de la parroquia urbana Puyo, en la vía Puyo-Tena; tiene una extensión de 93 km<sup>2</sup> (PDOT 2012 Fátima 2012)

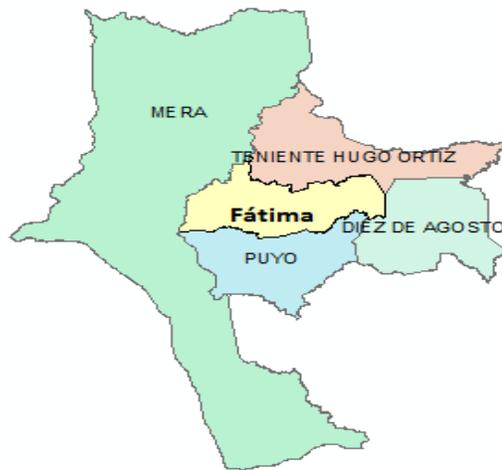


**Mapa 1** Parroquia Fátima y poblaciones aledañas

**Fuente:** PDOT Fátima 2012

##### 3.1.2 Límites

Fátima limita al norte con la parroquia Teniente Hugo Ortiz; al sur con la parroquia Puyo; al este está la parroquia 10 de Agosto y finalmente al oeste está el Cantón Mera, mapa 2:



**Mapa 2** Mapa limítrofe de la parroquia Fátima, provincia de Pastaza.

**Fuente:** PDOT Fátima, 2012.

### 3.1.3 Aspectos físicos.

- **Altura:** 952 msnm.
- **Coordenadas Geográficas (UTM WGS 84 Zona 18 Sur).**  
**Norte:** 833854  
**Este:** 9842214

#### 3.1.3.1 Características del medio físico.

**Relieve:** Su relieve es ondulado.

**Tipo de suelo:** Franco arcilloso, INAMHI (2010).

**Usos del suelo:** El principal uso del centro de la cabecera parroquial está destinado a residencias, no existiendo en la zona aspectos industriales.

**Hidrología:** Dentro de la zona de influencia se encuentra un cuerpo de agua muy representativo como es río Puyo, que es la principal fuente de agua para las poblaciones que viven aguas abajo.

### 3.1.3.2 Actividades.

La mayor parte de las personas que habitan en la parroquia Fátima, trabajan en sus propias granjas agrícolas, crianza de ganado, y en entidades públicas.

### 3.1.3.3 Efluentes generados.

Todos los efluentes provenientes del centro poblado son descargados directamente en el río Puyo y Rio Arajuno.

## 3.2 Condiciones meteorológicas

Presenta un clima variado que va del tropical húmedo de la Amazonía hasta el clima frío húmedo de las zonas andinas Tabla 10 y 11.

**Tabla 10** Condiciones meteorológicas parroquia Fátima

<b>CONDICIONES METEOROLÓGICAS</b>	
<b>Temperatura media anual:</b>	22.5 ° C.
<b>Vientos:</b>	Diferentes direcciones primando la de norte a sur.
<b>Luminosidad:</b>	De 70% de radiación solar en temporada seca
<b>Nubosidad:</b>	Del 10 al 30 % en temporadas secas y del 80 al 100% en temporadas lluviosas.
<b>Humedad relativa</b>	85% de humedad.

**Fuente:** INAMHI, 2009-2013

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015

**Tabla 11** Datos de Precipitación promedios de 5 años

<b>Datos de precipitación 2009 - 2013 Estación Puyo (mm)</b>					
<b>AÑO</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>MES</b>					
<b>Enero</b>	334.30	360.70	255.70	660.70	252.70
<b>Febrero</b>	463.70	167.00	381.00	369.10	370.00
<b>Marzo</b>	391.20	453.00	248.40	275.80	384.30
<b>Abril</b>	572.00	555.00	430.40	560.20	461.00
<b>Mayo</b>	268.70	518.30	574.60	350.00	625.90
<b>Junio</b>	349.10	499.10	432.20	462.00	340.80
<b>Julio</b>	221.10	280.50	452.50	331.30	358.20
<b>Agosto</b>	389.60	436.80	368.40	385.20	125.40
<b>Septiembre</b>	488.70	182.30	361.10	283.70	145.00
<b>Octubre</b>	478.00	387.50	346.10	483.50	244.40
<b>Noviembre</b>	323.80	582.60	362.10	241.00	292.80
<b>Diciembre</b>	500.60	458.50	295.10	331.60	430.70
<b>Sumatoria</b>	4780.80	4881.30	4507.60	4734.10	4031.20
<b>Promedio</b>	398.40	406.78	375.63	394.51	335.93

**Fuente:** INAMHI, 2009-2013

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015

### 3.3 Materiales y equipos

Para el cumplimiento de los objetivos señalados en el presente proyecto de investigación se utilizaron los siguientes equipos y materiales, tabla 12:

**Tabla 12** Materiales y equipos a emplearse en la tesis de grado “Propuesta para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Fátima, provincia de Pastaza”

<b>No.</b>	<b>Materiales y equipos</b>
1	Flexómetro
2	Cinta métrica
3	Libreta de apuntes
4	Guantes
5	Botas de caucho
6	Mascarillas
7	Flotador (esfera espuma flex)
8	Envases plásticos de 1L
9	Cámara Digital Sony 10mp
10	Computador portátil marca INTEL
11	Impresora HP Deskjet 3920
12	Flash Memory Kingston 2GB
13	Cronómetro
14	GPS
15	Termómetro
16	pH metro
17	Cooler
18	Piola
19	Ropa de protección personal

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

### **3.4 Factores de estudio**

Para el análisis de las alternativas del diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales del centro parroquial de Fátima se consideraron los factores implicados en el área de estudio, que fueron: topografía del lugar, hidrología, climatología, la contaminación del agua y caracterización de esta, sistemas de tratamiento, medidas de mejoramiento de suelos y otros. En los análisis de agua se analizaron directamente parámetros puntuales en base al tipo de actividad realizada en la zona.

#### **3.4.1 Contaminación del agua.**

Es la incorporación de un agente externo al medio, en cantidades estimables que causan daño o modifican el medio acuífero, para el caso de estudio, se tiene la incorporación de tierras y lodos que sedimentan en el río Puyo, provenientes de la lotización producto de la erosión, además de la descarga de aguas residuales sobre el mismo. Se realizaron análisis de laboratorio para ver el tipo de contaminación y la calidad del agua.

#### **Parámetros para determinar la contaminación del agua.**

Según Fernández (2008) es indispensable establecer una caracterización, al menos preliminar, del efluente objeto de tratamiento, la cual debe considerar en primer término los parámetros ambientales más críticos contenidos en las normas (Ramalho, 1977; Sanks, 1992; Salvato, 1972); de descarga como son la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y el número más probable de microorganismos patógenos (NMP) y en segundo lugar, pero no menos importantes; la Temperatura, pH, Nitrógeno, Fosforo y otros, que según las condiciones del área de estudio sean consideradas de interés, sólo de esta manera podemos establecer la remoción mínima de las aguas superficiales que van al río cumpliendo los requerimientos exigidos.

**a. Físicos:**

- Conductividad
- pH
- Turbidez

**b. Químicos:**

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)
- Demanda química de oxígeno (DQO)

**c. Microbiológicos:**

- Coliformes totales
- Coliformes fecales

### **3.5 Diseño del estudio**

#### **3.5.1 Diagnóstico ambiental inicial.**

Para la realización del diagnóstico de la situación actual del área central de Fátima, en el presente trabajo, se aplicó la técnica de la observación científica y el testimonio gráfico mediante la toma de Fotos en las áreas afectadas dentro de la zona objeto de estudio (Anexo 5). Se realizó el diagnóstico ambiental inicial empleando una ficha ambiental para conocer el estado actual de la zona del estudio, mediante la cual se conocieron las características sociales, físicas y ambientales del lugar.

#### **3.5.2 Medición del caudal**

Se empleó el método del flotador (apartado 2.2.3.1 Medición de caudales), para conocer las características físicas del caudal del río en la zona de influencia sobre la cual se descargan aguas residuales, en los puntos de muestreo directos se empleó el método del balde para realizar la medición del caudal.

### 3.5.3 Muestreo de aguas residuales

Se tomaron un total de cuatro muestras simples, para lo cual se estudió el caudal de la zona (Anexo 3), durante tres jornadas, para posteriormente realizar la toma de muestras en el máximo caudal horario de aguas residuales.

Las muestras se recogieron en las siguientes zonas, tabla 13:

**Tabla 13** Puntos de muestreo de aguas residuales en la zona de estudio.

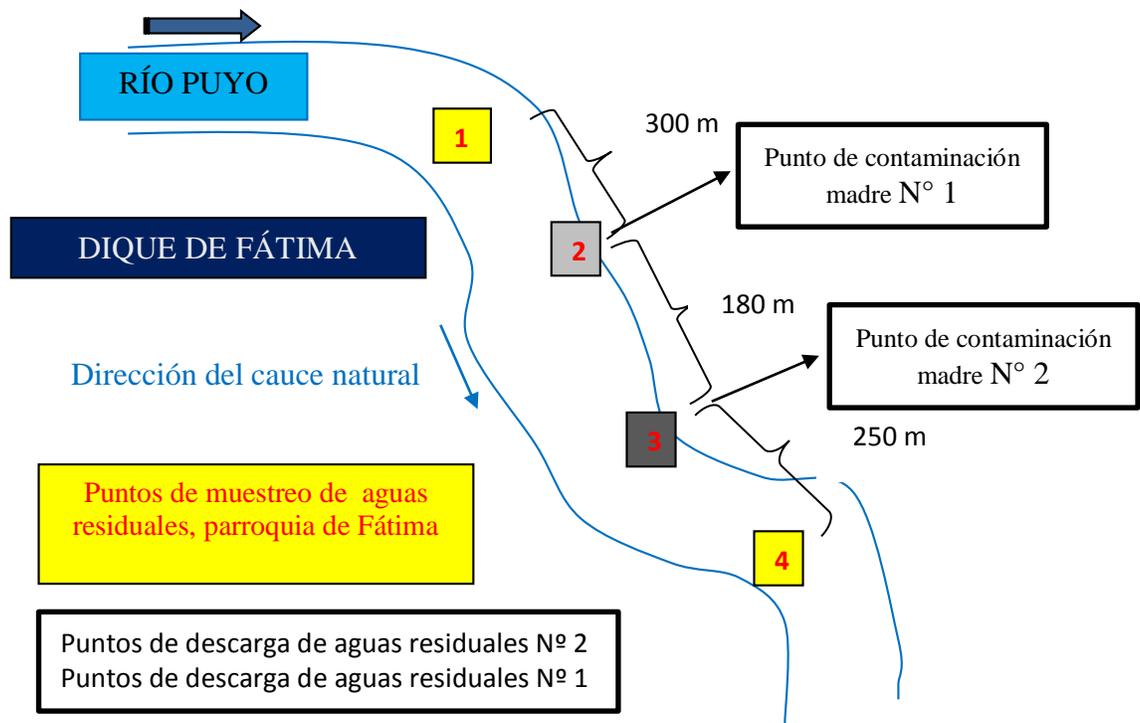
Puntos de muestreo		
No.	Ubicación	Referencia
1	Ubicado 300 metros río arriba	A partir del punto de Contaminación madre No. 2
2*	Punto de contaminación madre N° 2	A la altura del Dique de Fátima y desemboca directamente en el Río Puyo.
3**	Punto de contaminación N° 1, a 180 m del punto de contaminación No. 2	Desemboca en un acuífero con dirección al Río Puyo.
4	Ubicado 250 metros río abajo	A partir del punto de contaminación No. 1

\* Punto de descarga de aguas residuales No. 2

\*\* Punto de descarga de aguas residuales No. 1

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015.

Para la determinación de los parámetros indicadores de contaminación de aguas en el área objeto de estudio se determinaron como puntos de muestreo los establecidos en el Gráfico 1:



**Grafico 1** Croquis zona de descarga, punto de muestreo de aguas  
Fuente: Andrés Villacreses, 2015

Las fueron tomadas en botellas limpias de plástico, las mismas que fueron previamente esterilizadas tomando en cuenta los procedimientos para el muestreo y custodio, con lo que se evitó la presencia de sustancias químicas que puedan inhibir la actividad microbiológica, causar la mortalidad o activar el crecimiento microbiológico. Se tomó 1L por cada una de las muestras, antes de proceder a la toma de muestras los frascos se lavaron varias veces con el agua a analizar, posteriormente se transportaron en un cooler para conservación de la muestra, con su cadena de custodia hasta al laboratorio ubicado en la ciudad de Quito.

#### 3.5.4 Análisis de muestras.

Se realizó los respectivos análisis de muestras en las instalaciones del laboratorio “Havoc” (laboratorio certificado), se realizó análisis físicos, químicos y bacteriológicos para aguas residuales según la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua.

### 3.5.5 Propuesta del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales

Se realizó la propuesta para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales (ver apartado 2.2.3 Tipos de tratamiento para aguas residuales), según los diferentes resultados obtenidos en los análisis de aguas, además se tomaron en cuenta las condiciones socio ambientales de la zona de estudio. Se especificaron los rubros empleados para la construcción de la Planta de tratamiento de aguas residuales, misma que empleará el sistema propuesto en la presente investigación.

### 3.6 Mediciones del estudio

Los parámetros planteados (Tabla 14), han sido seleccionados de acuerdo a la actividad que se realiza en el sector, el ser una zona exclusivamente residencial. Por lo tanto, realizar análisis de otros parámetros no sería justificable, ya que no se tiene la presencia de alguna industria o comercio que pudiera generar contaminación por otras sustancias, como hidrocarburos, metales pesados o compuestos químicos peligrosos.

**Tabla 14** Parámetros a analizar en las muestras de la cabecera parroquial Fátima

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Conductividad			
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno	D.B.O.	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos totales		mg/l	1600

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015.

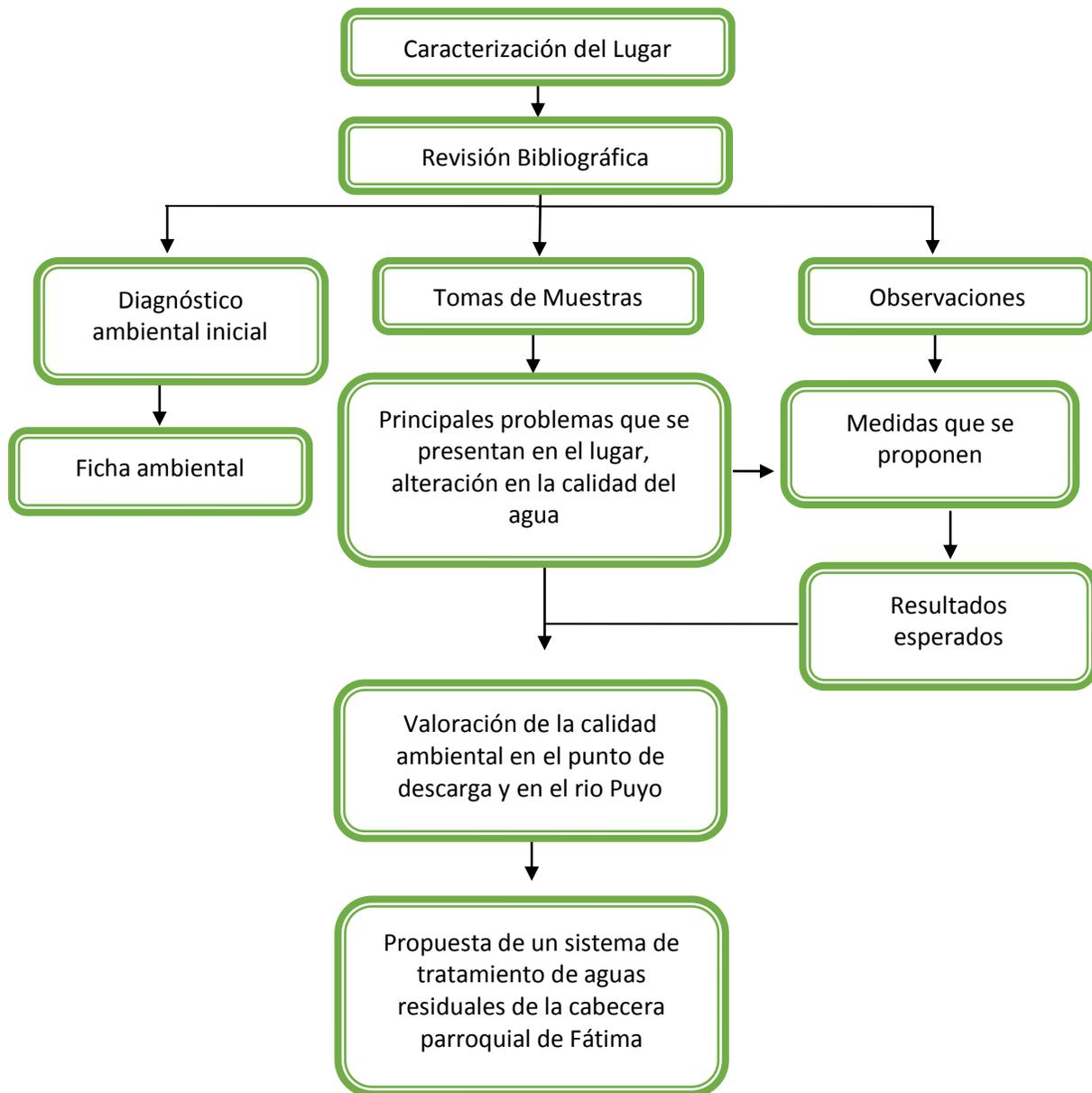
Los parámetros físicos, se fijaron por la erosión de los suelos los cuales alteran las condiciones del agua y porque el suelo es arcilloso.

Los parámetros químicos, están relacionados con los físicos, sobre todo con el pH, ya que la presencia de hidrogeno, es factor determinante en las aguas, además se lo toma para hacer una comparación con las aguas del río y las aguas residuales.

Los parámetros microbiológicos fueron tomados, para ver la incidencia que pudiera tener la presencia de asentamientos humanos en la zona, y hacer una comparación con las aguas del río.

### **3.7 Manejo del estudio**

A continuación se presenta el diagrama No. 1, que representa el diseño metodológico de la investigación, se lleva a cabo la recopilación y el procesamiento de la información en forma resumida.



**Diagrama 1:** Diseño metodológico.

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015

#### IV. Resultados

El Río Puyo se conforma como una fuente hídrica muy importante en el sector por lo cual es de suma importancia mantener el caudal y mejorar la calidad del agua destinada a consumo humano, recreación, paisajes, entre otros, en el marco del desarrollo sostenible se propone el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Fátima, para lo cual se tomaron datos en campo mediante la observación directa en la zona de influencia, la implementación de una ficha ambiental (Anexo 1) permitió obtener el lineamiento base para estudiar los diferentes factores socio ambientales en la zona de influencia directa, además se realizó un estudio del caudal en los cuatro puntos de muestro, y se realizaron análisis de laboratorio obteniendo los siguientes resultados:

##### 4.1 Diagnóstico ambiental inicial.



**Fotografía 1** Vista en Drone, zona de muestro de aguas residuales, parroquia Fátima, vista general “dique de Fátima”.

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015

La parroquia Fátima posee como principal actividad económica la agricultura, sus pequeños artesanos se dedican al monocultivo (sembrío de caña de azúcar), producción de panela y derivados, destaca también como actividades económicas del sector la ganadería y la piscicultura. Posee varios atractivos turísticos que generan un flujo económico extra para los pobladores del sector, entre ellos se encuentran las instalaciones del “Dique de Fátima”, lugar donde se desarrolló la presente investigación.

Las zonas aledañas al “Dique de Fátima” se componen como áreas verdes (Fotografía 1), aproximadamente a 200 metros en dirección sur oeste ingresando por el dique mediante un camino de segundo orden se encuentra un pequeño poblado y en dirección norte de la parroquia sobre el dique por un camino vecinal se encuentra un fragmento poblacional, éstas zonas están conformadas por familias que poseen fincas ubicadas sobre los 500 metros de distancia. El ingreso principal al “dique de Fátima” es una carretera de asfalto de primer orden, poseen un sistema de alcantarillado mixto de tubería de 200mm que es direccionado a una fosa séptica (Fotografía 2) misma que realiza una descarga sobre un acuífero para finalmente desembocar sobre el Río Puyo.

Las áreas verdes ubicadas en las proximidades de la parroquia se componen como remanentes de bosque secundario tropical húmedo, un clima ecuatorial con temperaturas de 25 grados centígrados y una humedad ambiental del 90%, la flora (Tabla 15) y fauna (Tabla 16, 17 y 18) de los ecosistemas del sector se encuentran intervenidos por la actividad antrópica que cada año se extiende conjuntamente con el incremento poblacional del sector.

#### 4.1.1 Características del Medio Biótico.

Según el Plan de Ordenamiento territorial (año), en la parroquia Fátima se han encontrado alrededor de 79 especies de plantas entre frutales, maderables, medicinales, ornamentales como las orquídeas; y 22 especies de animales, 7 especies de mamíferos, 5 especies de peces y 10 especies de aves a pesar del inadecuado uso de los recursos florísticos, se han podido observar todavía especies endémicas de la Amazonia en nuestro territorio (tabla 15).

**Tabla 15** Flora de la parroquia Fátima

<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>
Bálsamo	<i>Myroxylum balsamun</i>
Balsa	<i>Ochroma lagopus</i>
Bagre caspi	<i>Pentagonia spp.</i>
Batea caspi	<i>Protium spp</i>
Bella maria	<i>Vochysia splends</i>
Cabo de hacha	<i>Machaerium millei</i>
Caimitillo	<i>Capparis spp.</i>
Caimito	<i>Cryzophyllum spp.</i>
Campanilla roja	<i>Abutilon hybridum</i>
Canelo	<i>Ocotea spp</i>
Caña brava	<i>Gyneriumsa gitatum</i>
Caña guadua	<i>Guadua angustifolia</i>
Caoba	<i>Sweitenia macrophylla</i>
Canelo	<i>Crematosperma spp.</i>
Capirona	<i>Calycophylumspruceanum</i>
Caucho	<i>Hevea guianensis</i>
Ceibo	<i>Ceiba pentandra</i>
Cedrillo	<i>Trichilia spp</i>
Cedro	<i>Cedrella odorata</i>
Chanul	<i>Humiriastrum procerum</i>
Chachacomo	<i>Escallonia micrantha</i>
Chambira	<i>Astrocaryum chambira</i>
Chonta (Morete)	<i>Mauritia flexuosa</i>

Continuación Tabla 15 Flora de la parroquia Fátima

Chontaduro	<i>Bactris gasipaes</i>
Chuncho	<i>Cedrelinga</i> spp.
Copal	<i>Trattinickia</i> spp
Culantrillo	<i>Adiantum fragontissim</i>
Dormilón	<i>Pithecellobiums</i> pp.
Drago	<i>Croton</i> spp
Duco	<i>Clusia glabra</i>
Floripondio	<i>Datura arbórea</i>
Gramolote	<i>Axonopus scoparius</i>
Guabo	<i>Inga chocaensis</i>
Guabo colorado	<i>Inga latifolia</i>
Guarango	<i>Parkia nítida</i>
Guarumo	<i>Cecropia magina</i>
Guayacán	<i>Mincuartia guianensis</i>
Guayabo	<i>Psidium guayaba</i>
Higuerón	<i>Ficus indica</i>
Helecho de árbol	<i>Alsophila</i> spp.
Hicundo	<i>Aechmea fascista</i>
Jagua	<i>Genipa americana</i>
Katsua	<i>Virola</i> spp
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>
Laguno	<i>Vochysia brasiliniae</i>
Lechero de Montaña	<i>Syphocampylus gingateus</i>
Llashipa	<i>Pteridium aquililum</i>
Mamey de monte	<i>Mammea americana</i>
Membrillo	<i>Psidium</i> spp.
Montaña	<i>Gingateus</i> spp.
Mortiño	<i>Rapanea guyanensis</i>
Mangle	<i>Olmedia aspera</i>
Mani de arbol (Inchi)	<i>Caryodendroum orinocence</i>
Manzano colorado	<i>Guarea grandiflora</i>
Marañon	<i>Anacardium occidentale</i>
Marcelo	<i>Hasseltia floribunda</i>
Mascarey, Cohuncho	<i>Hyeronima</i> spp.
Motelocaspi	<i>Abuta grandifolia</i>

Continuación Tabla 15 Flora de la parroquia Fátima

Mata palo	<i>Cousapoa rotunda</i>
Motilón	<i>Hyeronima macrocarpa</i>
Musgo	<i>Sphagnum</i> spp.
Naranjilla de monte	<i>Solanum ecuadoreense</i>
Orquídea	<i>Masdivalia</i> spp.
Orquídea	<i>Pleurothallis</i> spp.
Palma	<i>Ceroxylon ventricasum</i>
Palmito	<i>Geonoma densa</i>
Platanillo	<i>Heliconia bijai</i>
Porotón	<i>Eritrina</i> spp.
Punta de lanza	<i>Andropogon bicornis</i>
Roble	<i>Terminalia amazónica</i>
Sande	<i>Brosimu mutile</i>
Sangre de drago	<i>Crotontess mannii</i>
Sapote de monte	<i>Matisia cordata</i>
Sapotillo	<i>Masticia alata</i>
Sinchi	<i>Caryodendrum amazónica</i>
Suncho	<i>Cedrelinga cataeniformis</i>
Tangaré	<i>Carapa guianensis</i>
Tocota	<i>Guarea</i> spp.
Uvilla	<i>Cousapoa</i> spp.
Uva	<i>Pouroma chocoana</i>
Uña de gato	<i>Mamosa pigra</i>
Yaguarcaspi	<i>Warscewiezia coccínea</i>
Zarcillo	<i>Fucsia</i> spp.
Zapote	<i>Quararibea</i> spp.

**Fuente:** PDOT Fátima, 2012.

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015

Según el PDOT 2012, la fauna, depende fundamentalmente del estado de conservación de su hábitat, esto se evidencia por los cambios en el paisaje y por la disminución o desaparición de especies animales. Estos cambios se dan especialmente por deforestación (explotación forestal, avance de la zonas que realizan actividades productivas y por la expansión de la

población) y contaminación de los recursos que componen este hábitat. Por lo cual dentro de nuestra zona es evidenciable apreciar algunas especies nativas de la amazonia Tabla 16, 17 y 18:

**Tabla 16** Aves que se pueden encontrar en toda el área Parroquial.

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>
Carpintero Flavó	<i>Celeus flavus</i>
Caracara Negro	<i>Daptrius ater</i>
Lechuza de anteojos	<i>Pulsatrix perspicillata</i>
Garrapatero Piquiliso	<i>Crotophaga ani</i>
Garrapatero Grande	<i>Crotophaga major</i>
Golondrina Aliblanca	<i>Tachycineta albiventer</i>
Golondrina Fajiblanca	<i>Atticota fascista</i>
Oropéndula Crestada	<i>Psarocolius decumanus</i>
Gallito de Roca	<i>Rupicola peruviana</i>
Lorito del Oriente	<i>Pyrrhura melanura</i>

**Fuente:** PDOT Fátima, 2012.

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015

**Tabla 17** Mamíferos que se pueden encontrar en el Área Parroquial

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>
Chichico	<i>Sanguinus fuscicollis</i>
Mono nocturno	<i>Aotus vociferans</i>
Cuchucho	<i>Nasua nasua</i>
Armadillo	<i>Dasypus no vemcinctus</i>
Guanta	<i>Agouti paca</i>
Guatusa	<i>Dasyprocta punctata</i>

**Fuente:** PDOT Fátima, 2012.

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015

**Tabla 18** Peces que se pueden encontrar en las micro cuencas y riachuelos de la Parroquia

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>
Boca Chico	<i>Prochilodus nigricans</i>
Raspabalsa	<i>Loricaridae spp</i>
Viejas	<i>Aequidens rivulatus</i>
Chuti	--
Guanchinche	--

**Fuente:** PDOT Fátima, 2012.

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015

#### **4.1.2 Condiciones Actuales**

El centro parroquial de Fátima está totalmente urbanizado, encontrándose construcciones domiciliarias y de pequeños negocios. Cuenta con un sistema de alcantarillado mixto los mismos que descargan sin su tratamiento adecuado en los Ríos Puyo y Rio Arajuno, conexión de agua y electricidad a la red pública.

La vía principal es la arteria de la Troncal Amazónica, en centro poblado se encuentra totalmente adoquinado.

En la zona de influencia del proyecto, la topografía del terreno se caracteriza por ser plano, presentando ciertas pendientes moderadas, no se conocen fallas topográficas en el sector, al igual que no existen registros de inundaciones, razón por la cual se implementó en la zona el dique.



**Fotografía 2** Vista en Drone, fosa séptica parroquia Fátima.

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015

La población de la parroquia Fátima posee una infraestructura básica para el desarrollo de sus actividades, gozan de servicios básicos primordiales, obtienen agua mediante un sistema de dotación por medio de tuberías, proveniente desde los pozos de agua ubicados al noroeste de la parroquia, además poseen un sistema de alcantarillado sanitario básico, sin embargo la disposición final de las aguas residuales en el sector del Dique de Fátima está generando problemas socio ambientales (fotografía 3).



**Fotografía 3** Vista en Drone, Río Puyo, zona Dique de Fátima

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015

#### **4.2 Estudio caudal volumétrico**

Se analizó el caudal volumétrico utilizando el método del flotador para el punto de muestreo No. 3, y el método volumétrico para el punto de muestreo 1 y 4, para el punto de muestreo número 2 se realizó de manera directa la toma de muestras para el análisis en la jornada del medio día debido a que la zona no es apta para emplear las metodologías tomadas en cuenta en el presente estudio. Se estudió el caudal durante las tres jornadas de mayor demanda de descarga de aguas residuales para de ésta manera determinar el caudal máximo horario de descarga para la toma de muestras, de la fase de campo se obtuvieron los siguientes resultados Tabla 19 & 20. (Anexo 2):

**Tabla 19** Cálculo caudal en el punto de muestreo número 3 empleando el método del balde.

Caudal volumétrico					
Método	Punto No.	Jornada	Hora	P <sub>Qv</sub> (s)	Q (L/s)
Balde	3	1	6:30 AM	5.30	1.88
	3	2	12:30 PM	4.96	2.01
	3	3	6:00 PM	5.15	1.94

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015

Se obtiene como resultado que la jornada que presenta el mayor caudal volumétrico en el punto de muestreo No. 3, es la jornada número 2, correspondiente al medio día.

**Tabla 20** Medición del caudal Río Puyo Parroquia Fátima, puntos de muestreo No. 1 y 4. Método del flotador

Caudal volumétrico								
Método	Punto No.	Jornada	Hora	T (s)	P <sub>s/t</sub> (m)	V (m/s)	A <sub>s/t</sub> (m <sup>2</sup> )	Q (L/s)
Flotador	1	1	6:30 AM	17.95				
	1	2	12:30 PM	19.43	0,0046	0,51	0,043	22,28
	1	3	6:00 PM	18.13				
	4	1	6:30 AM	19,21				
	4	2	12:30 PM	19,75	0,0038	0,5	0,034	0,01
	4	3	6:00 PM	19,57				

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015.

Mediante el estudio de los caudales en diferentes jornadas, se puede obtener como resultado que el mejor horario para tomar las muestras es durante la hora del medio día, así se pueden observar y analizar en laboratorio los cambios en la calidad del agua que está siendo descargada de manera directa sobre el río Puyo.

### **4.3 Análisis de las aguas residuales de la zona de estudio**

De acuerdo a los objetivos planteados en el presente estudio, se realizaron los análisis de aguas residuales como medida de seguimiento y comprobación de la calidad del agua que está siendo descargada directamente sobre el río Puyo, en donde se desarrollan actividades de los poblados rurales de la parroquia Fátima, el muestreo de aguas residuales en el sector sirve como punto de partida para establecer una línea de monitoreo al buen funcionamiento del plan de monitoreo ambiental para el sistema de tratamiento de las aguas residuales propuesto en el presente estudio, a fin de que a través del tiempo sea una medida ambiental realmente efectiva, respondiendo a las necesidades reales de la población y de su medio ambiente. Los parámetros tomados en cuenta fueron: DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes fecales, sólidos totales, conductividad y potencial de hidrógeno, como parámetros que determinan la calidad del agua por contaminación de aguas residuales, se analizaron únicamente éstos factores debido al tipo de actividades realizadas en la zona de influencia directa (Fotografía 4 y 5).



**Fotografía 4** Vista en Drone, dique de Fátima, parroquia de Fátima, zona de influencia sujeta al presente estudio

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



**Fotografía 5** Vista frontal superior en Drone, dique de Fátima, parroquia de Fátima, zona de influencia sujeta al presente estudio

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015

Los análisis de las muestras tomadas en campo (Anexo 3) se obtiene en la tabla 21, los siguientes resultados:

**Tabla 21** Resultados análisis de las cuatro muestras de aguas residuales tomadas de la zona de influencia directa sujeta en el presente estudio.

Parámetros	Método	Unidades	Límite permisible	Resultado Punto de muestreo 1	Resultado Punto de muestreo 2	Resultado Punto de muestreo 3	Resultado Punto de muestreo 4
Coliformes fecales	MEAG-36 APHA 9222 D	NMP/100ml	10000	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
Conductividad	MEAG-11 APHA 2510 B	µS/cm	----	146.3	41.0	430.0	141.7
DBO <sub>5</sub>	MEAG-08 APHA 5210 D	mg/l	100	< 1	2	48	1
DQO	MEAG-04 APHA 5220 D	mg/l	250	< 20	< 20	91	< 20
pH	MEAG-15 APHA 4500 H <sup>+</sup> B	Und. pH	6-9	5.49	6.40	6.03	5.40
Sólidos totales	MEAG-12 APHA 2540 B	mg/l	16000	74	80	220	116

Fuente: **Laboratorio Certificado Havoc, 2015**

Una vez realizados los análisis de laboratorio de las cuatro muestras de aguas residuales tomadas en la zona de influencia directa sujeta en el presente estudio, se puede interpretar lo siguiente:

Los coliformes fecales presentan un nivel bajo al límite permisible, lo cual no sería un indicador de contaminación, esto se debe a un control en el manejo de los residuos de uso doméstico.

El valor de la conductividad se encuentra dentro de los límites permisibles en las muestras 1, 2 y 4; a excepción de la muestra 3 que presenta un aumento debido a la mayor concentración de iones en soluciones.

El valor del pH, se encuentra dentro del rango de permisibilidad para aguas de tipo residual, lo cual es un indicador de los cationes y aniones disueltos en solución.

Los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO, se encuentran bajos al límite permisible de acuerdo a las Normas APHA, lo cual puede reflejarse en función de que existe una degradación y casi total de toda la cantidad de materia orgánica presente en todas las muestras de aguas residuales, efectuado por medios químicos y microorganismos.

#### **4.4 Diseño de la planta de tratamiento de lodos activados**

En base al cumplimiento de los objetivos secundarios señalados en el presente estudio se pueden obtener los parámetros y lineamientos básicos para crear un posible modelo tentativo de una planta de tratamiento de las aguas residuales, cambiando la realidad actual en la cual las aguas están siendo descargadas directamente sobre el río Puyo, violando la normativa ambiental nacional vigente y a la par atentando contra la salud y calidad de vida de los moradores del sector, la fauna y micro fauna del río Puyo y todos los poblados que se encuentran desplazados a las riberas del río a lo largo de su cauce.

Mediante los resultados de los análisis de aguas se toma en cuenta únicamente tratamientos primarios no convencionales para tratar las aguas residuales, para lo cual se propone implementar una planta de tratamiento de aguas residuales con lodos activados, ésta planta se considera de gran viabilidad puesto que sus costos son bajos en comparación a otros tipos de plantas de tratamiento, además las características de la zona de estudio se presentan como favorables para la implementación de una PTAR con lodos activados.

#### **4.4.1 Diseño planta de tratamiento de aguas residuales mediante el empleo de lodos activados.**

Los lodos activados son básicamente un proceso genérico, en el cual se concibe un crecimiento de biomasa en un medio aerobio, mediante diferentes fases dentro del proceso se trata el agua residual, dando paso a que bacterias aerobias establezcan su metabolismo y degraden la materia orgánica, como resultado al final del tratamiento se obtiene un líquido mixto, que es separado por gravedad, el resultado final libera el agua tratada y el lodo es recirculado para aumentar la eficiencia del proceso (Morales, 2013). En el anexo 4 y 5 correspondientemente se puede observar el diseño tentativo para la PTAR en la zona de estudio y el análisis económico para la implementación del mismo, debido a que el agua residual no poseen sustancias dañinas a la activación microbiana, grandes cantidades sólidos, valores anormales de pH, o grandes fluctuaciones de caudal y calidad de las aguas residuales incluyendo concentración de DBO, no se prevé tratamientos para acondicionar las aguas a ser tratadas, ya que presentan características físicas, químicas y microbiológicas que no inhiben el funcionamiento de la PTAR por lodos activados.

En el diseño se propone que la PTAR se conformará por 9 fases, las cuales son:

##### **1. Caja de revisión**

2. Vertedero triangular de 90°
3. Sedimentador primario
4. Filtro percolador
5. Tanque de lodos activados (reactor)
6. Lechado de lodos
7. Sedimentador secundario
8. Filtros y desinfección
9. Caja de salida



**Fotografía 6** Vista en Drone, ubicación tentativa para la implementación de la PTAR propuesta.

**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015

Se establece como periodo de diseño 30 años, debido a que la infraestructura civil emplea agua de una fuente superficial para lo cual se designan (20-30 años), además para obras de captación en diques o represas se consideran periodos de diseños de 30 a 50 años, para los cuales se fija un periodo de 10 a 15 años para la realización de posibles ampliaciones (en caso de ser necesario) (Velarde, 2010)

Según el INEC 2010, el índice poblacional de Fátima es del 3.41%, mediante lo cual se calcula:

Cálculo Población futura (método aritmético):

$$Pfa = Pa (1 + r * n)$$

Donde:

Pa: población actual

r: índice de crecimiento

n: período de diseño

$$Pfa = 863 (1 + 0,0341 * 30)$$

$$Pfa = 863 (2,02)$$

$$Pfa = 1745,84$$

Cálculo población futura (método geométrico):

$$Pfg = Pa (1 + r)^n$$

$$Pfg = 863 (1 + 0,0341)^{30}$$

$$Pfg = 863 (2,73)$$

$$Pfg = 2359,86$$

Cálculo población futura (método mixto):

$$Pfm = \frac{Pfa + Pfg}{2}$$

$$Pfm = \frac{1745,84 + 2359,86}{2}$$

$$Pfm = \frac{4105,7}{2}$$

$$Pfm = 2052,85$$

Se toma el resultado obtenido en el cálculo mediante el método mixto, se realiza el diseño de la Ptar para una población futura a ser beneficiada en un periodo de diseño equivalente a 30 años, cubriendo aproximadamente a 2052,85 habitantes, para lo cual se proyectaron datos con caudales de diseño a 30 años, tabla 22:

**Tabla 22** Valores proyectados de los parámetros necesarios en la Ptar

Periodo de diseño	Población beneficiada	Caudal de diseño	Parámetro	Valor
30 años	2052,85 habitantes	12,12 Lt/s	DBO <sub>5</sub>	62.6 mg/l
			SST	245.1 mg/l
			Øc,d	20-30
			DBO <sub>5</sub> /Kg. SSVLM.d	0.05 - 1.5
			Kg. DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> d	0.16-0.40
			SSLM mg/l	3000-6000
			Tiempo de retención hidráulica	72 – 96(horas)
			Coficiente de recirculación del sedimentado al reactor biológico	1-1.5
			Carga de superficie	1.0-1.33 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h
			Oxígeno necesario (KgsO <sub>2</sub> /KgDBO <sub>5</sub> )	2 a 2.5 Kgs.
			Carga de superficie	1.0-1.33 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h
			T°	17.4

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015

#### 4.4.1.1 Ingeniería del proceso.

Para la planta de tratamiento de lodos activados propuesta en el presente estudio se establece como fase inicial el punto de ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales mediante una caja de revisión, no se emplea ningún tratamiento de adecuación de las aguas residuales a ser tratadas, la caja de revisión debe ser de hormigón armado. El agua residual atravesará un vertedero triangular que es empleado para caudales inferiores a 10L/s, debido a que es el más preciso para medir caudales pequeños (Cea, 2004). En la tabla 23 se pueden observar las alturas recomendadas según el requerimiento del caudal.

**Tabla 23** Altura requerida para vertederos triangulares según al caudal presente.

Caudales en L/seg. para vertedero triangular de 90°											
H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]
1	0.01	6.5	1.51	12	6.98	17.5	17.94	23	35.52	28.5	60.71
1.5	0.04	7	1.81	12.5	7.73	18	19.24	23.5	37.48	29	63.40
2	0.08	7.5	2.16	13	8.53	18.5	20.61	24	39.51	29.5	66.17
2.5	0.14	8	2.53	13.5	9.37	19	22.03	24.5	41.60	30	69.01
3	0.22	8.5	2.95	14	10.27	19.5	23.51	25	43.75	30.5	70.01
3.5	0.32	9	3.40	14.5	11.21	20	25.04	25.5	45.97	31	71.01
4	0.45	9.5	3.89	15	12.20	20.5	26.64	26	48.26	31.5	72.01
4.5	0.60	10	4.43	15.5	13.24	21	28.29	26.5	50.61	32	73.01
5	0.78	10.5	5.00	16	14.34	21.5	30.01	27	53.03	32.5	74.01
5.5	0.99	11	5.62	16.5	15.48	22	31.78	27.5	55.52	33	75.01
6	1.23	11.5	6.28	17	16.68	22.5	33.62	28	58.08	33.5	75.01

Fuente: Cea, 2004

Se empleará un sedimentador primario, que debe ser un tanque rectangular con partículas orgánicas, el sedimentador sirve para reducir la velocidad de las aguas negras para que puedan sedimentar los sólidos y se utiliza como tratamiento primario. Su función principal será remover un 60 a 65% de los sólidos sedimentables y de 30 a 35% de los sólidos suspendidos en las aguas residuales. Tendrá una profundidad aproximada entre 3 y 4m y tiempos de detención entre 2 y 3 horas, sin embargo es importante tener presente que el

tamaño del sedimentador es función del caudal y velocidades de decantación de las partículas. La finalidad del sedimentador primario será someter al agua residual a condiciones de reposo para facilitar la sedimentación de los sólidos sedimentables (IMTA, 2009)

Posteriormente dentro del proceso de la PTAR, el agua tratada pasará por un filtro percolador con el fin de eliminar el floculo biológico del efluente secundario sedimentado. El desecado de los subproductos (lodos) del tratamiento de aguas, es otra de las aplicaciones del proceso (IMTA, 2009).

El filtro percolador se debe componer de una cama de grava o un medio plástico sobre el cual se rocían las aguas negras que ya han sido pre tratadas en el sedimentador. En el filtro percolador, los microorganismos se apegan al medio del lecho y forman una capa biológica sobre éste. A medida que las aguas negras se percolan por el medio, los microorganismos digieren y eliminan los contaminantes del agua, un filtro percolador puede tratar los parámetros DBO<sub>5</sub>, patógenos y coliformes fecales (Lesikar y Enciso, *s.f*). Posteriormente el agua pasará a un tanque reactor, que se compone de un sistema de lodos activados. En este sistema el agua residual entra en una tanda a un reactor único, donde se mantiene en suspensión un cultivo microbiano que después será aireado para satisfacer la demanda de oxígeno que necesitan las bacterias para dar paso a su metabolismo, en ésta fase las bacterias aerobias o facultativas utilizan parte de la materia del agua residual con el fin de obtener energía para la síntesis del resto de la materia orgánica en forma de células nuevas. El suministro de aire evitará que haya asentamiento de biomasa del reactor y mantendrá homogenizado el “licor” mezclado en el tanque. En el tanque reactor, el agua residual recibe tratamiento para remover componentes indeseables y luego el “licor” que se obtiene es descargado hacia un proceso de sedimentación secundaria. La homogenización de caudales,

la aireación y la sedimentación se logran en este reactor único (Lozano-Rivas, 2012). Una vez que la materia orgánica ha sido oxidada en el tanque reactor, el efluente se enviará a un sedimentador secundario, con el fin de separar en el “licor” obtenido el fango del agua. La composición del licor es ésta fase, principalmente, es de células bacterianas vivas y muertas, protozoos y otros organismos mayores, que permanecen aglomerados formando “flocs” capaces de flocular en condiciones relativamente quietas (Contreras, 2010). El sedimentador secundario tiene como prioridad realizar la separación del licor mezclado en las fases posteriores, el sedimentador debe estar formado por un espesador ubicado en la parte inferior, el cual producirá un flujo constante de los lodos de mayor densidad, los cuales serán recirculados hacia el tanque reactor, el sedimentador secundario estará además conformado por un clarificador, el cual producirá un efluente clarificado final y finalmente un estanque de almacenamiento de lodos (Ekama *et al.*, 1997 En Contreras, 2010). Una de las características de la ptar usando lodos activados es que es un proceso cerrado, donde parte de la biomasa obtenida (lodos) es recirculada al reactor con el fin de asegurar una buena concentración de microorganismos, y otra parte de la biomasa es desechada mediante un tratamiento evitando así depósitos excesivos de microorganismos en el sistema que pueden alterar los tiempos de retención celular, el buen funcionamiento de la planta de tratamiento y la vida útil de la misma (Lozano-Rivas, 2012).

En la fase final del diseño de a ptar por medio de lodos activados se propone un filtro con desinfección ultravioleta, empleando lámparas de vapor de mercurio, éstas lámparas tienen una longitud de onda de 253.7 nm., lo que hace que la banda de UV-C sea la más apropiada para la eliminación de microbios (Pietrobon, *s.f*). La desinfección mediante luz UV asegurará la reducción de la concentración de patógenos a niveles no infecciosos como resultado del

proceso de tratamiento de aguas residuales, la luz UV “destruirá” los microbios por la radiación alterando la capacidad reproductora de la célula, como efecto los microorganismos son inactivados, el proceso de lodos activados producirá agua tratada sin insumos químicos, de ésta manera, cuando el efluente es descargado en un cuerpo acuático, el agua está prácticamente libre de contaminantes; cumpliendo con los límites de microorganismos y no transmite subproductos nocivos al medio ambiente (Pietrobon, *s.f*).

## V. Discusión

A nivel mundial el agua se conforma como un líquido vital, lo cual compromete la necesidad de tratar a todos los efluentes que de alguna manera están contaminando los recursos hídricos, en base a los diferentes análisis que caracterizan el presente estudio se puede analizar que la parroquia Fátima está sujeta a un gran incremento poblacional, según datos publicados por el INEC, se realiza el diseño de la pta para una población futura a ser beneficiada a 30 años de aproximadamente 3699 habitantes, para lo cual se proyectaron datos con caudales de diseño a 30 años de 12.12 Lt/s.

Tomando en cuenta la población futura en relación a la población actual la necesidad de control, prevención, mitigación y saneamiento de las aguas residuales que están siendo descargadas de manera directa sobre el río Puyo un requerimiento emergente que no comprometa la calidad de vida de los moradores del sector y que asegure la preservación y conservación del ecosistema del río Puyo y sus alrededores. Se pudo observar que los parámetros analizados de las aguas residuales no están considerados bajo la necesidad urgente de un tratamiento, sin embargo debido a las diferentes constantes se debe implementar una planta de tratamiento de aguas residuales, ya que la normativa ambiental no acepta la descarga directa de aguas residuales sobre un cuerpo receptor de agua dulce. Dentro del presente estudio se planteó como objetivo principal la propuesta del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, mediante el análisis de factores y parámetros de las aguas y las características que se generaron como resultado y la naturaleza de los desechos, obteniendo como resultados dos puntos de contaminación directa. Al realizar el muestreo de aguas residuales se establecieron cuatro puntos de muestreo, dos de los cuales son muestras del agua corriente del río, y las otras dos muestras se conforman como muestras

de aguas residuales. Se pudo observar que el punto de muestreo 3 y 4 presenta alteraciones en sus resultados, básicamente esto se debe a la descarga directa de aguas residuales de origen residencial, en el punto de muestreo numero 4 (rio abajo) éstas aguas residuales afectan la composición propia del río observándose como han cambiado sus parámetros en relación al punto de muestreo 1 (rio arriba). Si se toma en cuenta el incremento poblacional al que está sujeto la parroquia sometida al presente estudio se puede fácilmente discutir sobre la necesidad de la implementación de una PTAR.

Se propone un tratamiento biológico primario conocido como “Lodos activados”, generalmente las aguas residuales domésticas son de fácil tratamiento, mediante la utilización de medios convencionales biológicos (Yáñez, *s.f*), se propone que la ubicación de la planta sea a 60 metros a partir del punto de descarga No. 2, como se muestra en la fotografía 6.

El tratamiento para aguas residuales por lodos activados es recomendado para pequeñas poblaciones, cuyas aguas residuales no presentan grandes alteraciones, y el caudal a ser tratado es menor. La tecnología de Lodos Activados es una de las más difundidas a nivel mundial. En 1914 se conoció por primera vez sobre éste tratamiento aplicado sobre efluentes industriales y efluentes municipales. El tratamiento por lodos activados es ideal para la zona de estudio debido a la flexibilidad de operación, la baja necesidad de mano de obra, el mantenimiento fácil sin necesidad de mano de obra calificada, la alta eficiencia de remoción de carga orgánica, ayuda a la minimización de olores y ausencia de insectos, si es necesario a futuro dentro del proceso se puede incorporar desnitrificación, el tratamiento presenta la posibilidad de regular energía consumida para variaciones de carga orgánica, los lodos generados son altamente mineralizados por lo que no requieren de tratamiento posterior, genera como resultado lodos secundarios “estabilizados” que al igual que los sistemas

convencionales pueden ser aprovechados por los moradores del sector como fertilizantes, mejoradores de suelo y obtención de biogás, entre otras, ayudando a la actividad económica del sector.

Por estas razones y los factores detallados con anterioridad la propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales por lodos activados se conforma como un proceso de gran viabilidad, que mejorará la calidad de vida de los moradores, disminuirá el riesgo de proliferación de organismos patógenos que comprometan la salud pública y afecten las condiciones ambientales propias de la zona.

## VI. Conclusiones

- Las aguas residuales producto de la actividad antrópica en la zona es descargada actualmente de manera directa sobre el río Puyo, se determinaron dos puntos de descarga directa, además existe una fosa séptica que tiene como resultado una descarga sobre un acuífero que desemboca en el río Puyo, por lo que la implementación de la PTAR propuesta en el presente estudio posee más importancia para los moradores del sector.
- Las aguas residuales, debido al tipo de actividades que se desarrollan en la zona no son consideradas de inmediato tratamiento, pero varios factores contribuyen a la necesidad de la implementación de la PTAR propuesta, así como el incremento poblacional y por ende demográfico, el alto grado de contaminación a nivel provincial sobre el río Puyo en todo su cauce, así como el diseño actual de la fosa séptica en la zona de influencia del presente estudio, no cumple con lo establecido en la legislación ambiental vigente.
- El plan de monitoreo ambiental permitirá analizar la efectividad, eficiencia y eficacia de la planta de tratamiento de lodos activados, asegurando el buen uso de la misma así como la calidad de vida de los pobladores y del ecosistema en general que se desarrolla en el río Puyo.
- La planta de tratamiento de lodos activados se compondrá de ocho fases básicas: Caja de revisión, vertedero triangular de 90°, sedimentador primario, filtro percolador, tanque de lodos activados (reactor), lechado de lodos, sedimentador secundario, filtros y desinfección, caja de salida. No se empleará una adecuación preliminar debido a las características de las aguas residuales del sector.
- Se propone una ptar con una proyección a 30 años, para abastecer una población aproximada de 3699 habitantes.

- La PTAR propuesta en el presente estudio es de gran interés socio ambiental y socio económico debido a que la inversión es más rentable que cualquiera de los modelos convencionales para caudales menores a 10 L/s., cumple con la normativa para aguas residuales, no requiere de mano de obra calificada o con conocimientos de ingeniería para supervisión, no requiere dosificación de insumos químicos, requiere únicamente de una supervisión de control, aire natural y energía eléctrica de baja demanda, no genera impacto ambiental por la descarga de aguas residuales que han sido tratadas con insumos químicos.

## VII. Recomendaciones

- Implementar el plan de monitoreo ambiental para controlar la calidad del agua que se está descargando sobre el río Puyo, asegurando la preservación y conservación de éste recurso, obedeciendo el Sumak Kausai enmarcado en el desarrollo sostenible, sobre el cual se rige la normativa nacional.
- Implementar una tubería pvc desde el punto de descarga madre No. 2 hacia el punto de descarga No. 1 para de ésta manera tener únicamente un punto general de descarga de aguas residuales, controlando así el caudal y direccionarlo con mayor facilidad hacia la PTAR propuesta.
- Realizar un muestreo complementario de aguas residuales en la zona sujeta al presente estudio tomando en cuenta todos los parámetros expresados en la tabla 10 del registro oficial 028, sobre límites permisibles para descargas sobre cuerpos hídricos de agua dulce.
- Realizar un análisis de suelos para conocer parámetros necesarios previos a la construcción de la Ptar, así como: permeabilidad, humedad.
- Complementar la presente investigación con un estudio de ingeniería civil/arquitectura/ingeniería sanitaria, para establecer medidas de construcción necesarias para implementar la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta.
- Usar la información establecida en la investigación para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales en la zona de estudio.

## VIII. Resumen

Las aguas residuales provenientes del centro parroquial Fátima, zona del dique de Fátima se componen como aguas residuales domiciliarias, mismas que actualmente son descargadas de manera directa sobre el cauce del río Puyo, mediante el análisis de aguas residuales se pudo observar que el agua residual puede crear afecciones en la flora y fauna que caracteriza al río Puyo, además el mayor impacto se puede generar varios kilómetros río abajo debido al establecimiento de poblados que emplean ésta agua para sus actividades, como por ejemplo la recreación. Actualmente la calidad de vida de los moradores del sector se encuentra comprometida y es fundamental emplear acciones preventivas y correctivas ante el problema expuesto en la presente investigación, ya que tomando en cuenta el incremento poblacional se creará una problemática ambiental de difícil remediación, poniendo en riesgo el cauce y la calidad de aguas del río Puyo, así como la salud de los moradores y su calidad de vida. Se propone, con el fin de atender las necesidades del sector el diseño para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales con lodos activados, conformado por sedimentadores, un filtro percolador, un tanque reactor, un lechado de lodo, y desinfección UV, teniendo como resultado final la descarga de agua bajo los estándares ambientales establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana vigente, conservando y preservando el recurso agua, enmarcado el desarrollo sostenible y el Sumak Kausai.

## **IX. Summary**

The wastewater from the parish center Fatima area dam Fatima up as domestic wastewater, same that are currently discharged directly on the bed of the Puyo river, by analyzing wastewater was observed that the residual water can create conditions for the flora and fauna that characterizes the Puyo river, and the greatest impact can generate several kilometers downstream due to the establishment of settlements that use this water for their activities, such as recreation. Currently the quality of life of the inhabitants of the sector is committed and is essential to use preventive and corrective actions to the problem outlined in this research, since taking into account population increase environmental remediation difficult problems will be created, risking the channel and the water quality of the River Puyo and the health of the inhabitants and their quality of life. It is proposed, in order to meet the design needs of the sector for the implementation of a treatment plant wastewater with activated sludge formed by sedimentation, a trickling filter, a reactor tank, a slurry grouting, and UV disinfection with the final result water discharge under environmental standards established by the Ecuadorian environmental regulations in force, maintaining and preserving water resources, sustainable development framed and Sumak Kausai.

## X. Bibliografía

- Araujo, H. Villanueva, D. y N. Tarquini. 2014. Proyecto de red colectora cloacal. Loteo Area 158. Villa María, Córdoba. *Pp*: 16-43
- Barrenchea M., A. *sf*. Aspectos físico químicos de la calidad del Agua. Capítulo 1.
- Cea E. C. 2004. Construcción de un vertedero. Taller a Celadores. Centro del agua para la agricultura. Ficha técnica 3. Universidad de Concepción. Chile
- Contreras Barrera, C. 2010. Modelación del sedimentador secundario en planta de lodos activados. Tesis de grado, Ingeniería civil. Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de ingeniería civil. Chile.
- Constitución de la República del Ecuador.
- CPE INEN 5 Parte 9-1:1992 Código ecuatoriano de la construcción. C.E.C. normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.
- Cubillos, A. *sf*. Parámetros y características de las aguas residuales. Proecto de desarrollo tecnológico de las instituciones de abastecimiento de agua potable y alcantarillado. CIDIAT. Lima, Perú. *Pp*: 2-16
- Fernández, R. R., 2008: “Nociones generales sobre el Diseño de Plantas para el Tratamiento de Residuales”. Pinar del Río, Cuba.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. Ecología y enseñanza rural. Tema cuatro: El Agua. Producido por el departamento de Montes.

- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Fátima. 2012. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Fátima 2022. Base de datos online, Sistema Nacional de Información. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Fátima, Ecuador.
- Guzmán, V. y R. Narváez. 2010. Línea base para el monitoreo de la calidad del agua de riego en la demarcación hidrográfica del Guayas. Secretaría Nacional del Agua. Informe técnico. Quito
- Hualpa S., D. Solano C., N. Ordoñez V., Y. González Z., J. Aguilar R., S. y I. Valdés R. 2010. Guía para la selección de tecnologías de depuración de aguas residuales por métodos naturales, en poblaciones menores a 5000 habitantes de la provincia de Loja. Universidad técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.
- Instituto para el Ecodesarrollo Regional Amazónico (ECORAE). 2010. Guía técnica para la utilización de la matriz de evaluación de los posibles impactos negativos que pudiera generar la construcción, operación y mantenimiento de un puente. Puyo, Ecuador.
- IMTA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2009. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de lodos activados. Séptima edición. Secretaría de Medio ambiente y recursos naturales. Cuernavaca, México.
- García, I. Betancort Rodríguez, J.R. Salas Rodríguez, J.J. Peñate Suárez, B. Pidre Bocado, J.R. y N. Sardón Martín. 2006. Guía sobre tratamientos de aguas urbanas para pequeños núcleos de población. Comunidad Autónomas de Canarias. España. *Pp:* 21-60
- ITDG. 2004. Evaluación de recursos Hidroenergéticos. Programa de energía, infraestructura y servicios básicos. Lima, Perú.

- Lesikar, B. y J. Enciso. *s.f.* Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras. Filtro percolador. Texas.
- Lozano-Rivas, W.A. 2012. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Módulo didáctico. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. UNAD. Bogotá
- Morales Haro, E. A. 2013. Estudio experimental y modelización de los parámetros biocinéticos en la evaluación de un reactor de lodos activados de una planta de tratamiento alimentaria. Tesis de grado. Ingeniero Químico. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Instituto de ciencias químicas ambientales. Guayaquil, Ecuador.
- Moreno Merino, L. 2003. La depuración de Aguas Residuales Urbanas de Pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno, Fundamentos y casos prácticos. 1ra. Edición. Ministerio de ciencia y tecnología, instituto Geológico y Ministerio de España. España
- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 226:2000
- Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. (Acuerdo ministerial N° 028 sustituyese el libro VI del texto unificado de legislación secundaria).
- Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro IV del Texto unificado de Legislación Secundaria.
- Organización Mundial para la Salud (OMS). *Sf.* Tipos y cantidades de aguas residuales. Tomo 1. *Pp* 10-49.
- Plan nacional para el buen vivir 2009-2013.
- Ramalho, R.S. 1996. Tratamiento de Aguas Residuales. Jiménez, D. De Lora, F. Sette, R. (*eds.*). Editorial Reverté, S. A. España.

- Rodríguez, S. 2006. Notas informativas del GW-MATE-Gestion sustentable del Agua Subterránea: Conceptos y herramientas, recarga del agua subterránea con aguas residuales urbanas: evaluación y manejo de los residuos y beneficios. Washington D.C, Estados Unidos. Nota N°12, traducido al español por Héctor Garduño. *Pp.* 1-5.
- Romero Rojas, J.A. 2000. Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño. Primera edición. Santafé de Bogotá: Editorial escuela colombiana de ingeniería. ISBN: 9588060133.
- Ruiz, B. Amarily, F. Parada, A. Martínez, R. y De Jesús, M. 2002. Nivel de eficacia de la normativa Jurídica sobre Ordenamiento Territorial en el área metropolitana de San Salvador. Trabajo de grado. Licenciado en Ciencias Jurídicas. Universidad de el Salvador. Ciudad Universitaria, San Salvador. *Pp* 1:276.
- Solís, S.C. 2014. Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Cunchibamba, Cantó Ambato. Tesis de Grado. Ingeniero en Biotecnología Ambiental. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. *Pp:* 17-53
- Valencia L., A.E. 2013. Diseño de un Sistema de Tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis-Provincia de Chimborazo. Tesis de Grado. Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. *Pp* 1:51.
- Yáñez, F. *s.f.* Criterios para la selección de procesos de tratamientos de aguas residuales. Centro Panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente. Panamá.

## XI. Anexos

### Anexo 1. Ficha ambiental

#### **FICHA DE CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL**

##### **Identificación del proyecto**

FECHA: Noviembre del 2015	<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> <i>Estudio para la propuesta del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Fátima.</i>
---------------------------	--

<b>LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO:</b>	PROVINCIA: Pastaza
	CANTÓN: Puyo
	PARROQUIA: Fátima
	COMUNIDAD: Fátima

<b>AUSPICIADO POR:</b>	Ministerio de:
	Gobierno Provincial:
	Gobierno Municipal:
	Org.de inversión/desarrollo (especificar):
	ECORAE
	Otro (especificar): Universidad Estatal Amazónica

<b>TIPO DEL PROYECTO:</b>	<input type="checkbox"/> Abastecimiento de agua
	<input type="checkbox"/> Agricultura y ganadería
	<input type="checkbox"/> Amparo y bienestar social
	<input type="checkbox"/> Protección áreas naturales
	<input checked="" type="checkbox"/> Educación
	<input type="checkbox"/> Electrificación
	<input type="checkbox"/> Hidrocarburos
	<input type="checkbox"/> Industria y comercio
	<input type="checkbox"/> Minería
	<input type="checkbox"/> Pesca
	<input checked="" type="checkbox"/> Salud
	<input type="checkbox"/> Saneamiento ambiental
	<input type="checkbox"/> Turismo

	Vialidad y transporte
	Otros: (especificar)

<b>DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO:</b>	
<p>Estudio del medio socio ambiental en la zona de influencia directa para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Fátima, sector del dique, debido a la generación de problemas socio ambientales debido a la descarga directa de aguas residuales sobre el río Puyo, mismo que se está transformando poco a poco en una zona que atenta contra la salud y calidad de vida íntegra de los moradores del sector.</p>	
NIVEL DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DEL PROYECTO:	Idea o prefactibilidad
	Factibilidad
	Definitivo

CATEGORÍA DEL PROYECTO:	Construcción
	Rehabilitación
	Ampliación o mejoramiento
	Mantenimiento
	Equipamiento
	Capacitación
	Apoyo
Otro (especificar):	

**Datos del Promotor/Auspiciante**

Nombre o Razón Social: Andrés Villacrése Cárdenas		
Representante legal: Universidad Estatal Amazónica		
Dirección: Puyo, km 2 1/2 vía Puyo-Tena		
Barrio/Sector: Km 2 1/2	Ciudad: Puyo	Provincia: Pastaza
Teléfono: (593 3) 3058265 / 0987116726	Fax: nn	E-mail: andres.villacreses@hotmail.com

**Características del Área de Influencia**

**Caracterización del Medio Físico**

**Localización**

Región geográfica:	Costa				
	Sierra				
	Oriente				
	Insular				
Coordenadas:	Geográficas (Especificar en los recuadros de abajo)				
	UTM				
	<b><u>Superficie del área de influencia directa</u></b>				
	Inicio	Longitud	-143.095.456	Latitud	-143.095.456
	Fin	Longitud		Latitud	
Altitud:	A nivel del mar				
	Entre 0 y 500 msnm				
	Entre 501 y 800 msnm				
	Entre 801 y 1.000 msnm				
	Entre 1.001 y 1.500 msnm				
	Más de 1.500 msnm				

#### **Clima**

Temperatura:	Tropical lluvioso				
	Subtropical				

#### **Geología, geomorfología y suelos**

Ocupación actual Área de influencia:	Asentamientos humanos				
	Áreas agrícolas o ganaderas				
	Áreas ecológicas protegidas				
	Bosques naturales o artificiales				
	Fuentes hidrológicas y cauces naturales				
	Manglares				
	Zonas arqueológicas				
	Zonas con riqueza hidrocarburífera				
	Zonas con riquezas minerales				
	Zonas de potencial turístico				
	Zonas de valor histórico, cultural o religioso				
	Zonas escénicas únicas				
	Zonas inestables con riesgo sísmico				
	Zonas reservadas por seguridad nacional				
Otra: (especificar)					
Pendiente del suelo:	Llano	El terreno es plano. Las pendientes son menores que el 30%.			

	Ondulado	El terreno es ondulado. Las pendientes son suaves (entre 30% y 100 %).
	Montañoso	El terreno es quebrado. Las pendientes son mayores al 100 %.
Tipo de suelo:	Arcilloso	
	Arenoso	
	Semi-duro	
	Rocoso	
Calidad del suelo:	Fértil	
	Semi-fértil	
	Poco fértil	
	Erosionado	
	Saturado	
	Otro: (especifique)	
Permeabilidad del suelo:	Altas	El agua se infiltra fácilmente en el suelo. Los charcos de lluvia desaparecen rápidamente.
	Medias	El agua tiene ciertos problemas para infiltrarse en el suelo. Los charcos permanecen algunas horas después de que ha llovido.
	Bajas	El agua queda detenida en charcos por espacio de días. Aparecen aguas estancadas.
Condiciones de drenaje:	Muy Buenas	No existen estancamientos de agua, aún en época de lluvias.
	Buenas	Existen estancamientos de agua que se forman durante las lluvias, pero que desaparecen a las pocas horas de cesar las precipitaciones.
	Malas	Las condiciones son malas. Existen estancamientos de agua, aún en épocas cuando no llueve.

### **Hidrología**

Fuentes:	Agua superficial	
	Agua subterránea	
	Agua de mar	
	Ninguna	
Nivel freático:	Alto	
	Profundo	

Precipitaciones:	Altas	Lluvias fuertes y constantes
------------------	-------	------------------------------

	Medias	Lluvias en época invernal o esporádicas
	Bajas	Casi no llueve en la zona

**Aire**

Calidad del aire:	Pura	No existen fuentes contaminantes que lo alteren
	Buena	El aire es respirable, presenta malos olores en forma esporádica o en alguna época del año. Se presentan irritaciones leves en ojos y garganta.
	Mala	El aire ha sido poluído. Se presentan constantes enfermedades bronquio-respiratorias. Se verifica irritación en ojos, mucosas y garganta.
Recirculación de aire:	Muy Buena	Brisas ligeras y constantes Existen frecuentes vientos que renuevan la capa de aire.
	Buena	Los vientos se presentan sólo en ciertas épocas y por lo general son escasos.
	Mala	
Ruido:	Bajo	No existen molestias y la zona transmite calma.
	Tolerable	Ruidos admisibles o esporádicos. No hay mayores molestias para la población y fauna existente.
	Ruidoso	Ruidos constantes y altos. Molestia en los habitantes debido a intensidad o por su frecuencia. Aparecen síntomas de sordera o de irritabilidad.

**Caracterización del Medio Biótico**

**Ecosistema**

	Páramo
	Bosque pluvial
	Bosque húmedo
	Bosque tropical
	Ecosistemas marinos
	Ecosistemas lacustres

**Flora**

Tipo de cobertura vegetal:	Bosques
	Arbustos
	Pastos
	Cultivos
	Matorrales
	Sin vegetación
	Común del sector

Importancia de la cobertura vegetal:	Rara o endémica
	En peligro de extinción
	Protegida
	Intervenida
Usos de la vegetación:	Alimenticio
	Comercial
	Medicinal
	Ornamental
	Construcción
	Fuente de semilla
	Mitológico
	Otro: (especifique)

**Fauna silvestre (especificar nombres comunes)**

Tipología:	Microfauna
	Insectos
	Anfibios
	Peces
	Reptiles
	Aves
	Mamíferos
Importancia:	Común
	Rara o única especie
	Frágil
	En peligro de extinción

**Caracterización del Medio Socio-**

**Cultural**

**Demografía**

Nivel de consolidación del área de influencia:	Urbana
	Periférica
	Rural
Tamaño de la población:	Entre 0 y 500 habitantes
	Entre 501 y 1.000 habitantes
	Entre 1.001 y 1.500 habitantes
	Más de 1.500 habitantes
Características étnicas de la población:	Mestizos
	Indígenas
	Negros

	Otro (especificar):
--	---------------------

**Infraestructura social**

Abastecimiento de agua:	Agua potable
	Conex. domiciliaria
	Agua de lluvia
	Grifo público
	Servicio permanente
	Racionado
	Tanquero
	Acarreo manual
Evacuación de aguas Servidas:	Ninguno
	Alcantarilla. sanitario
	Alcantarilla. Pluvial
	Fosas sépticas
	Letrinas
Evacuación de aguas Lluvias:	Ninguno
	Alcantarilla. Pluvial
	Drenaje superficial
	Ninguno

Desechos sólidos:	Barrido y recolección
	Botadero a cielo abierto
	Relleno sanitario
	Otro (especificar):
Electrificación:	Red energía eléctrica
	Plantas eléctricas
	Ninguno
Transporte público:	Servicio Urbano
	Servicio intercantonal
	Rancheras
	Canoa
	Otro (especifique): Vehículos privados
Vialidad y accesos:	Vialidad y accesos
	Vías secundarias
	Caminos vecinales
	Vías urbanas

	Otro (especifique):
Telefonía:	Red domiciliaria
	Cabina pública
	Ninguno

**Actividades socio-económicas**

Aprovechamiento y uso de la tierra:	Residencial
	Comercial
	Recreacional
	Productivo
	Baldío
	Otro (especificar):
Tenencia de la tierra:	Terrenos privados
	Terrenos comunales
	Terrenos municipales
	Terrenos estatales

**Organización social**

	Primer grado	Comunal, barrial
	Segundo grado	Pre-cooperativas, cooperativas
	Tercer grado	Asociaciones, federaciones, unión de organizaciones
	Otra	

**Aspectos culturales**

Lengua:	Castellano
	Nativa
	Otra (especificar):
Religión:	Católicos
	Evangélicos
	Otra (especificar):
Tradiciones:	Ancestrales
	Religiosas
	Populares
	Otra (especificar):

**Medio Perceptual**

Paisaje y turismo:	Zonas con valor paisajístico
	Atractivo turístico
	Recreacional
	Otro (especificar):

**Riesgos Naturales e inducidos**

Peligro de deslizamientos:	Inminente	La zona es muy inestable y se desliza con relativa frecuencia
	Latente	La zona podría deslizarse cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias.
	Nulo	La zona es estable y prácticamente no tiene peligro de deslizamientos.
Peligro de inundaciones:	Inminente	La zona se inunda con frecuencia
	Latente	La zona podría inundarse cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias.
	Nulo	La zona, prácticamente, no tiene peligro de inundaciones.
Peligro de terremotos:	Inminente	La tierra tiembla frecuentemente
	Latente	La tierra tiembla ocasionalmente (está cerca de o se ubica en fallas geológicas).
	Nulo	La tierra, prácticamente, no tiembla.

Elaboración: **Andrés Villacreses, 2015**

**Anexo 2.** Cálculos del caudal volumétrico en los puntos de muestreo.

**Tabla 24** Medición de Caudal Volumétrico Jornada 1 (6:30am), Punto de muestreo 3

<b>Caudal Volumétrico J1<sub>p3</sub></b>	
<b>T1</b>	5.42 s
<b>T2</b>	5.56 s
<b>T3</b>	5.04 s
<b>T4</b>	5.48 s
<b>T5</b>	5.01 s
<b>Promedio</b>	<b>5.30 s</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

$$Q_{\text{Caudal}} = \frac{10}{5.30 \text{ s}} = 1.88 \text{ L/s}$$

**Tabla 25** Medición de Caudal Volumétrico Jornada 2 (12:30 pm), punto de muestro 3

<b>Caudal Volumétrico J2<sub>p3</sub></b>	
<b>T1</b>	4.56 s
<b>T2</b>	4.84 s
<b>T3</b>	4.99 s
<b>T4</b>	5.07 s
<b>T5</b>	5.34 s
<b>Promedio</b>	<b>4.96 s</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

$$Q_{\text{Caudal}} = \frac{10}{4.96 \text{ s}} = 2.01 \text{ L/s}$$

**Tabla 26** Medición de Caudal Volumétrico Jornada 3 (6:00 pm), punto de muestreo 3

<b>Caudal Volumétrico J3<sub>p3</sub></b>	
<b>T1</b>	4.57 s
<b>T2</b>	5.26 s
<b>T3</b>	5.43 s
<b>T4</b>	5.00 s
<b>T5</b>	5.53 s
<b>Promedio</b>	<b>5.15 s</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

$$Q_{\text{Caudal}} = \frac{10}{5.15 \text{ s}} = 1.94 \text{ L/s}$$

**Medición del caudal Río Puyo Parroquia Fátima, método del flotador:**

**Tabla 27** Medición caudal, punto de muestreo No.1, jornada 1 (6:30 am)

<b>LONGITUD</b>		<b>TIEMPO ( Segundos )</b>
10,0 m	T1	17,34
	T2	15,54
	T3	17,47
	T4	18,42
	T5	18,53
	T6	17,58
	T7	19,52
	T8	18,42
	T9	18,26
	T10	18,47
<b>PROMEDIO</b>		<b>17,95</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 28** Medición caudal, punto de muestreo No. 1, jornada 2 (12:30 am)

<b>LONGITUD</b>		<b>TIEMPO ( Segundos )</b>
10,0 m	T1	22,11
	T2	16,67
	T3	18,94
	T4	20,73
	T5	18,44
	T6	20,22
	T7	21,09
	T8	17,29
	T9	18,28
	T10	20,53
<b>PROMEDIO</b>		<b>19,43</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 29** Medición caudal, punto de muestreo No. 1, jornada 3 (6:30 pm)

<b>LONGITUD</b>		<b>TIEMPO ( Segundos )</b>
10,0 m	T1	19,25
	T2	16,27
	T3	17,58
	T4	18,52
	T5	18,25
	T6	17,57
	T7	20,49
	T8	17,47
	T9	17,58
	T10	18,35
<b>PROMEDIO</b>		<b>18,13</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 30** Cálculo profundidad zona de estudio, punto de muestro 1.

<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>1 SECCIÓN 0 - 60 cm</b>
H1	0,29 cm
H2	0,48 cm
H3	0,58 cm
H4	0,54 cm
H5	0,43 cm
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,46 cm</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

Sección Transversal total: 9.50 m  
Tiempo tomado para el cálculo: 19,43 m/s

**Tabla 31** Cálculo velocidad punto 1

---

**CALCULO DE LA VELOCIDAD**

$$V = L/T$$

$$V = 10m / 19,43$$

$$V = 0,51 \text{ m/s}$$

---

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 32** Cálculo área punto 1

---

**ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL**

$$A = AT * T$$

$$A = 9,50 \text{ m} * 0,46 \text{ cm}$$

$$A = 4,37 \text{ m}^2$$

---

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 33** Cálculo Caudal, punto de muestreo 1

---

**CAUDAL**

$$Q = V * A$$

$$Q = 0,51 \text{ m/s} * 4,37 \text{ m}^2$$

$$Q = 2,2287 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 34** Medición caudal, punto de muestreo No.4, jornada 1 (6:30 am)

<b>LONGITUD</b>		<b>TIEMPO ( Segundos )</b>
10 m	T1	20,15
	T2	18,14
	T3	17,21
	T4	19,47
	T5	19,26
	T6	20,42
	T7	19,51
	T8	19,27
	T9	19,24
	T10	19,52
<b>PROMEDIO</b>		<b>19,21</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 35** Medición caudal, punto de muestreo No. 4, jornada 2 (12:30 am)

<b>LONGITUD</b>		<b>TIEMPO ( Segundos )</b>
10,0 m	T1	20,14
	T2	19,51
	T3	19,15
	T4	20,16
	T5	19,27
	T6	20,15
	T7	21,54
	T8	19,24
	T9	18,23
	T10	20,11
<b>PROMEDIO</b>		<b>19,75</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 36** Medición caudal, punto de muestreo No. 4, jornada 3 (6:30 pm)

<b>LONGITUD</b>		<b>TIEMPO ( Segundos )</b>
10,0 m	T1	21,02
	T2	17,32
	T3	18,41
	T4	20,02
	T5	21,46
	T6	19,52
	T7	20,09
	T8	18,59
	T9	18,23
	T10	21,06
<b>PROMEDIO</b>		<b>19,57</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 37** Cálculo profundidad, punto de muestreo 4.

<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>1 SECCIÓN 0 - 60 cm</b>
H1	0,23 cm
H2	0,31 cm
H3	0,46 cm
H4	0,55 cm
H5	0,39 cm
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,38 cm</b>

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

Sección Transversal total: 9.20 m

**Tabla 38** Cálculo velocidad, punto de muestreo 4

**CALCULO DE LA VELOCIDAD**

$$V = L/T$$

$$V = 10m / 19,75$$

$$V = 0,50 \text{ m/s}$$

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 39** Cálculo área, punto de muestreo 4

**ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL**

$$A = AT * T$$

$$A = 9,20 \text{ m} * 0,38 \text{ cm}$$

$$A = 3,49 \text{ m}^2$$

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

**Tabla 40** Cálculo caudal, punto de muestreo 4

---

**CAUDAL**

$$Q = V * A$$

$$Q = 0,50 \text{ m/s} * 3,49 \text{ m}^2$$

$$Q = 1,745 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Elaboración:** Andrés Villacreses, 2015.

### Anexo 3. Análisis de muestras realizadas en el laboratorio certificado Havoc



### INFORME DE RESULTADOS CONFIDENCIAL



IR-CT1502748-1

<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b>	ING. ANDRÉS VILLACRÉSES CÁRDENAS	<b>REPRESENTANTE:</b>	Ing. Andrés Villacrés Cárdenas
<b>DIRECCIÓN:</b>	Puyo	<b>TELÉFONO:</b>	0987116726
<b>INFORMACIÓN CLIENTE</b>		<b>CÓDIGO HAVOC:</b>	A15100755
<b>CÓDIGO DE LA MUESTRA:</b>	PUNTO DE DESCARGA N°1	<b>FECHA DEL MUESTREO:</b>	23 de Octubre del 2015
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	PUNTO DE DESCARGA N°1	<b>PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:</b>	APHA 1060
<b>LUGAR DE MUESTREO:</b>	PARROQUIA FATIMA	<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	24 de Octubre del 2015
<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b>	Cesar Andrés Villacrés Cárdenas		
<b>RECEPCIONADO POR:</b>	Mireya Terán		
<b>ANALIZADO POR:</b>	Edelmira Verdezoto, Pablo Villacís		
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	Del 24 de Octubre al 4 de Noviembre del 2015		
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	4 de Noviembre del 2015		

#### ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL

ENSAYOS	MÉTODOS	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE TABLA 10. AM 028	RESULTADOS
*Coliformes Fecales	MEAG-36 APHA 9222 D	NMP/100ml	10000	<1.8
Conductividad	MEAG-11 APHA 2510 B	µS/cm	---	430.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	MEAG-08 APHA 5210 D	mg/l	100	48
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	MEAG-04 APHA 5220 D	mg/l	200	91
Potencial Hidrógeno	MEAG-15 APHA 4500 H <sup>+</sup> B	Und. pH	6-9	6.03
Sólidos Totales	MEAG-12 APHA 2540 B	mg/l	1600	220

ENSAYOS	NIVELES	INC. EXPANDIDA
Conductividad	22 µS/cm	11.6 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	1 mg/l	17.1 %
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	20 mg/l	16.0 %
Potencial Hidrógeno	4.01 Und. pH	0.04 Und. pH
	7.00 Und. pH	0.05 Und. pH
	10.00 Und. pH	0.09 Und. pH
Sólidos Totales	17 mg/l	2.8 %

#### NOTAS IMPORTANTES:

- El Laboratorio HAVOC no realizó la toma de muestra.
- Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis realizados.
- Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra detallada y codificada en el presente informe.

Atentamente,



<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b>	ING. ANDRÉS VILLACRÉSES CÁRDENAS	<b>REPRESENTANTE:</b>	Ing. Andrés Villacrés Cárdenas
<b>DIRECCIÓN:</b>	Puyo	<b>TELÉFONO:</b>	0987116726
<b>INFORMACIÓN CLIENTE</b>		<b>CÓDIGO HAVOC:</b>	A15100756
<b>CÓDIGO DE LA MUESTRA:</b>	PUNTO DE DESCARGA N°2	<b>FECHA DEL MUESTREO:</b>	23 de Octubre del 2015
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	PUNTO DE DESCARGA N°2	<b>PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:</b>	APHA 1060
<b>LUGAR DE MUESTREO:</b>	PARROQUIA FATIMA	<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	24 de Octubre del 2015
<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b>	Cesar Andrés Villacrés Cárdenas		
<b>RECEPCIONADO POR:</b>	Mireya Terán		
<b>ANALIZADO POR:</b>	Edelmira Verdezoto, Pablo Villacís		
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	Del 24 de Octubre al 4 de Noviembre del 2015		
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	4 de Noviembre del 2015		

**ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL**

ENSAYOS	MÉTODOS	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE TABLA 10. AM 028	RESULTADOS
*Coliformes Fecales	MEAG-36 APHA 9222 D	NMP/100ml	10000	<1.8
Conductividad	MEAG-11 APHA 2510 B	µS/cm	---	41.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	MEAG-08 APHA 5210 D	mg/l	100	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	MEAG-04 APHA 5220 D	mg/l	200	<20
Potencial Hidrógeno	MEAG-15 APHA 4500 H <sup>+</sup> B	Und. pH	6-9	6.40
Sólidos Totales	MEAG-12 APHA 2540 B	mg/l	1600	80

**INCERTIDUMBRES DE MÉTODOS**

ENSAYOS	NIVELES	INC. EXPANDIDA
Conductividad	22 µS/cm	11.6 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	1 mg/l	17.1 %
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	20 mg/l	16.0 %
Potencial Hidrógeno	4.01 Und. pH	0.04 Und. pH
	7.00 Und. pH	0.05 Und. pH
	10.00 Und. pH	0.09 Und. pH
Sólidos Totales	17 mg/l	2.8 %

**NOTAS IMPORTANTES:**

- El Laboratorio HAVOC no realizó la toma de muestra.
- Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis realizados.
- Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra detallada y codificada en el presente informe.

Atentamente,

<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b>	ING. ANDRÉS VILLACRÉSES CÁRDENAS	<b>REPRESENTANTE:</b>	Ing. Andrés Villacrés Cárdenas
<b>DIRECCIÓN:</b>	Puyo	<b>TELÉFONO:</b>	0987116726
<b>INFORMACIÓN CLIENTE</b>		<b>CÓDIGO HAVOC:</b>	A15100757
<b>CÓDIGO DE LA MUESTRA:</b>	DESCARGA AR 300 M RÍO ABAJO	<b>FECHA DEL MUESTREO:</b>	23 de Octubre del 2015
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	DESCARGA AR 300 M RÍO ABAJO	<b>PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:</b>	APHA 1060
<b>LUGAR DE MUESTREO:</b>	PARROQUIA FATIMA	<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	24 de Octubre del 2015
<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b>	Cesar Andrés Villacrés Cárdenas		
<b>RECEPCIONADO POR:</b>	Mireya Terán		
<b>ANALIZADO POR:</b>	Edelmira Verdezoto, Pablo Villacís		
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	Del 24 de Octubre al 4 de Noviembre del 2015		
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	4 de Noviembre del 2015		

**ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL**

ENSAYOS	MÉTODOS	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE TABLA 10. AM 028	RESULTADOS
*Coliformes Fecales	MEAG-36 APHA 9222 D	NMP/100ml	10000	<1.8
Conductividad	MEAG-11 APHA 2510 B	µS/cm	---	141.7
Demanda Bloquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	MEAG-08 APHA 5210 D	mg/l	100	1
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	MEAG-04 APHA 5220 D	mg/l	200	<20
Potencial Hidrógeno	MEAG-15 APHA 4500 H <sup>+</sup> B	Und. pH	6-9	5.40
Sólidos Totales	MEAG-12 APHA 2540 B	mg/l	1600	116

**INCERTIDUMBRES DE MÉTODOS**

ENSAYOS	NIVELES	INC. EXPANDIDA
Conductividad	22 µS/cm	11.6 %
Demanda Bloquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	1 mg/l	17.1 %
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	20 mg/l	16.0 %
Potencial Hidrógeno	4.01 Und. pH	0.04 Und. pH
	7.00 Und. pH	0.05 Und. pH
	10.00 Und. pH	0.09 Und. pH
Sólidos Totales	17 mg/l	2.8 %

**NOTAS IMPORTANTES:**

- El Laboratorio HAVOC no realizó la toma de muestra.
- Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis realizados.
- Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra detallada y codificada en el presente informe.

Atentamente,



<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b>	ING. ANDRÉS VILLACRÉSES CÁRDENAS	<b>REPRESENTANTE:</b>	Ing. Andrés Villacrés Cárdenas
<b>DIRECCIÓN:</b>	Puyo	<b>TELÉFONO:</b>	0987116726
<b>INFORMACIÓN CLIENTE</b>		<b>CÓDIGO HAVOC:</b>	A15100758
<b>CÓDIGO DE LA MUESTRA:</b>	300 M RÍO ARRIBA CABECERA R/PUYO	<b>FECHA DEL MUESTREO:</b>	23 de Octubre del 2015
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	300 M RÍO ARRIBA CABECERA R/PUYO	<b>PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:</b>	APHA 1060
<b>LUGAR DE MUESTREO:</b>	PARROQUIA FATIMA	<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	24 de Octubre del 2015
<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b>	Cesar Andrés Villacrés Cárdenas		
<b>RECEPCIONADO POR:</b>	Mireya Terán		
<b>ANALIZADO POR:</b>	Edelmira Verdezoto, Pablo Villacís		
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	Del 24 de Octubre al 4 de Noviembre del 2015		
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	4 de Noviembre del 2015		

**ANÁLISIS DE AGUA NATURAL**

ENSAYOS	MÉTODOS	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE TABLA 10. AM 028	RESULTADOS
*Coliformes Fecales	MEAG-36 APHA 9222 D	NMP/100ml	10000	<1,8
Conductividad	MEAG-11 APHA 2510 B	µS/cm	---	146.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	MEAG-08 APHA 5210 D	mg/l	100	<1
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	MEAG-04 APHA 5220 D	mg/l	200	<20
Potencial Hidrógeno	MEAG-15 APHA 4500 H* B	Und. pH	6-9	5.49
Sólidos Totales	MEAG-12 APHA 2540 B	mg/l	1600	74

**INCERTIDUMBRES DE MÉTODOS**

ENSAYOS	NIVELES	INC. EXPANDIDA
Conductividad	22 µS/cm	11.6 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	1 mg/l	17.1 %
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	20 mg/l	16.0 %
Potencial Hidrógeno	4.01 Und. pH	0.04 Und. pH
	7.00 Und. pH	0.05 Und. pH
	10.00 Und. pH	0.09 Und. pH
Sólidos Totales	17 mg/l	2.8 %

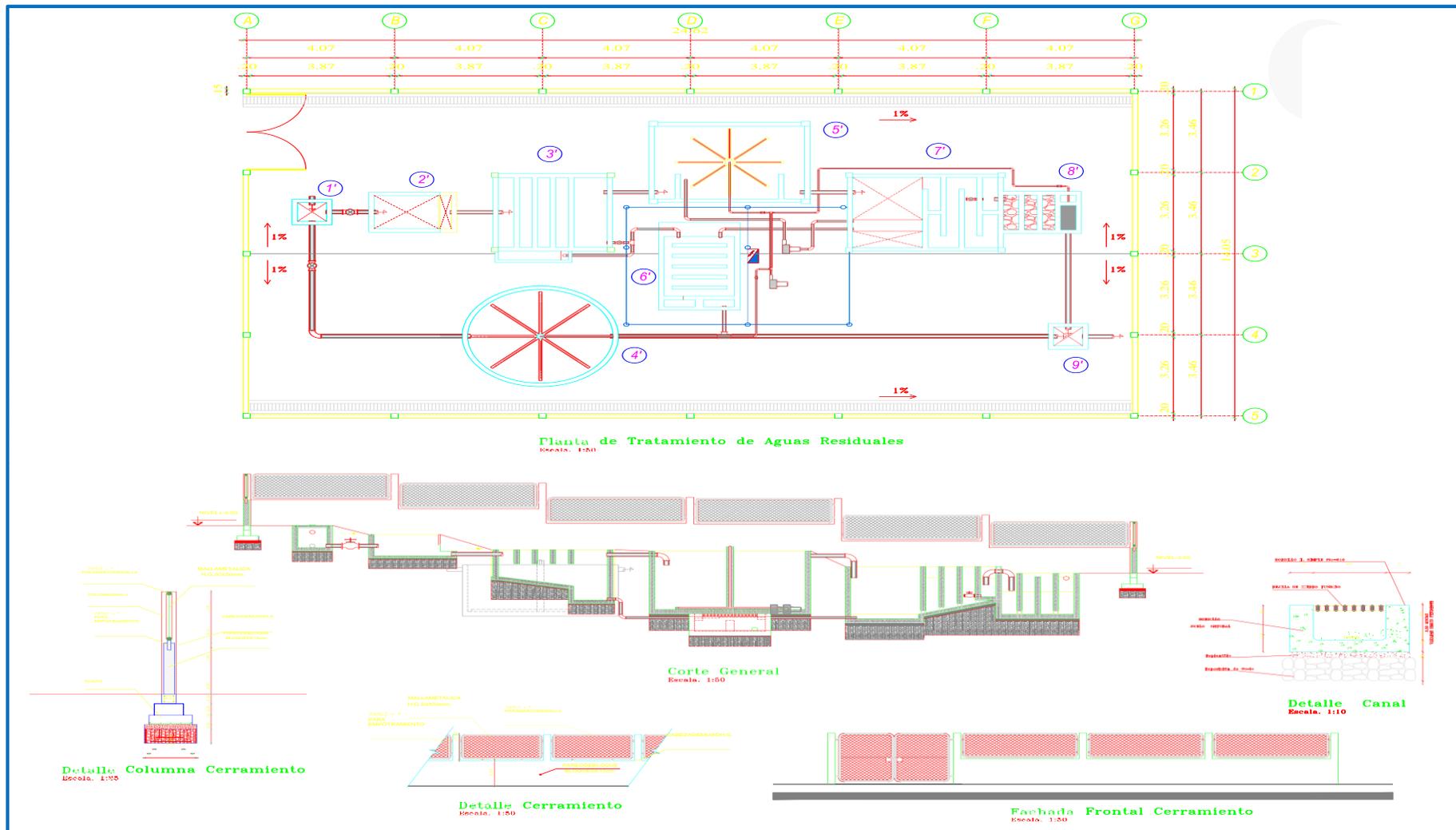
**NOTAS IMPORTANTES:**

- El Laboratorio HAVOC no realizó la toma de muestra.
- Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis realizados.
- Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra detallada y codificada en el presente informe.

Atentamente,



**Anexo 4.** Diseño tentativo planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Fátima mediante el empleo de lodos activados.



**Anexo 5.** Presupuesto tentativo planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Fátima mediante el empleo de lodos activados.

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARROQUIA FÁTIMA

**TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS**

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
	<b>Planta de tratamiento</b>				
PT1	Replanteo y nivelación	m2	345.90	1.87	646.83
PT2	Excavación a máquina	m3	220.31	4.07	896.66
PT3	Replantillo de h.simple	m3	6.47	116.82	755.83
PT4	Relleno compactado/mejoramiento*capas=20cm	m3	43.58	17.04	742.60
PT5	H. simple f'c=210 kg/cm2	m3	49.00	256.39	12,563.11
PT6	Hierro estructural fy=4200 kg/cm2	kg	3,642.24	1.59	5,791.16
PT7	Contrapiso h.s. f'c=180 kg/cm2 e=5cm	m2	236.90	14.81	3,508.49
PT8	Masillado de piso	m2	236.90	6.45	1,528.01
	<b>Cerramiento perimetral</b>				
PT9	Replanteo y nivelación	m2	77.34	1.87	144.63
PT10	Excavación manual suelo natural	m3	21.50	4.74	101.91
PT11	Relleno compactado/mejoramiento*capas=20cm	m3	4.32	17.04	73.61
PT12	Replantillo de h.simple	m3	1.44	116.82	168.22
PT13	Hormigón ciclópeo(60% h.s.f'c=180 kg/cm2-40%p)	m3	9.47	143.39	1,357.90
PT14	H. simple en cadenas f'c=210 kg/cm2	m3	2.90	217.35	630.32
PT15	H. simple en columnas f'c=210 kg/cm2	m3	2.12	236.79	501.99
PT16	Hierro estructural fy=4200 kg/cm2	kg	813.61	1.59	1,293.64
PT17	H. simple en canal f'c=210 kg/cm2	m3	4.92	186.52	917.68
PT18	Mampostería de bloque e=15 cm	m2	72.60	12.69	921.29
PT19	Enlucido vertical (paleteado)mortero 1:3	m2	196.58	10.24	2,012.98
PT20	Estucado de paredes	m2	196.58	5.54	1,089.05
PT21	Pintura de caucho(dos manos/limpieza)permalatex	m2	196.58	3.08	605.47
PT22	Cerramiento malla 50x50mm y tubo h.g. 3"	m2	57.00	46.41	2,645.37
PT23	Puerta de malla hg 50x50mm y tubo 3"	m2	6.30	80.35	506.21
PT24	Tubería pvc de 160 mm desagüe	ml	37.00	14.20	525.40
PT25	Codo 90° pvc 160 mm	u	7.00	13.84	96.88
PT26	Llave hf de 160 mm	u	2.00	35.41	70.82
PT27	Tubería pvc de 90 mm desagüe	ml	17.00	6.52	110.84
PT28	Codo 90° pvc 90 mm	u	5.00	3.78	18.90
PT29	Llave hf de 90 mm	u	3.00	32.53	97.59
PT30	Tee pvc 90mm	u	1.00	5.01	5.01
PT31	Tubería pvc de 50 mm desagüe	ml	14.00	4.02	56.28
PT32	Tubería pvc de 110 mm desagüe	ml	15.00	7.02	105.30
PT33	Tee reductor 160mm a 110mm	u	1.00	14.47	14.47
PT34	Tubería de hierro galvanizado 50mm	ml	45.00	9.62	432.90
PT35	Codo 90 ° de hierro galvanizado 50mm	u	18.00	5.75	103.50
PT36	Tee de hierro galvanizado 50mm	u	2.00	9.68	19.36
PT37	Llave hf de 50mm	u	4.00	24.25	97.00
PT38	Acometida eléctrica/cable #10 sólido	ml	100.00	7.32	732.00
PT39	Instalación eléctrica (tomacorrientes dobles)	pto	1.00	25.37	25.37
PT40	Tablero de control de 4 a 8 puntos	u	1.00	117.42	117.42
PT41	Reflector	u	4.00	89.53	358.12
PT42	Bomba 2hp para retorno de lodos	u	1.00	2,079.23	2,079.23
PT43	Bomba 1hp para aireación	u	1.00	1,505.73	1,505.73
PT44	Estructura para invernadero (marquesina)	u	1.00	562.40	562.40
PT45	Kit para análisis de agua	u	1.00	1,798.00	1,798.00
PT46	Espejo 4mm	m2	5.00	24.38	121.90
PT47	Filtros	u	1.00	417.90	417.90
PT48	Piedra caliza para tanque de desinfección	m3	1.60	408.08	652.93
PT49	Carbon activado	m3	1.60	472.07	755.31
PT50	Pancarta informativa	u	2.00	267.67	535.34
				<b>TOTAL:</b>	<b>50,818.86</b>

**Anexo 6.** Galería fotográfica fase de campo.



Centro parroquial Fátima.  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



Punto de descarga directa, punto de muestreo No. 3  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



Punto de descarga directa, punto de muestreo No.2  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



Toma de datos para medición de caudal, punto de muestreo No. 3  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



Punto de muestreo 2  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



Punto de muestreo 3  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



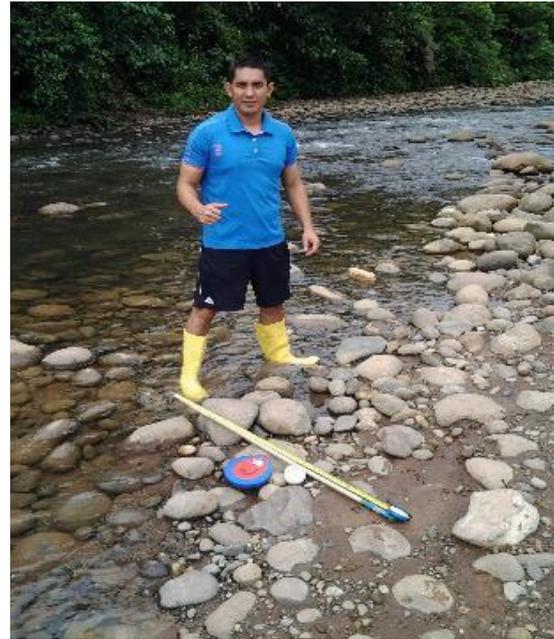
Muestras previo envío a Laboratorio Havoc  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



Envases con las muestras de campo de AR  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



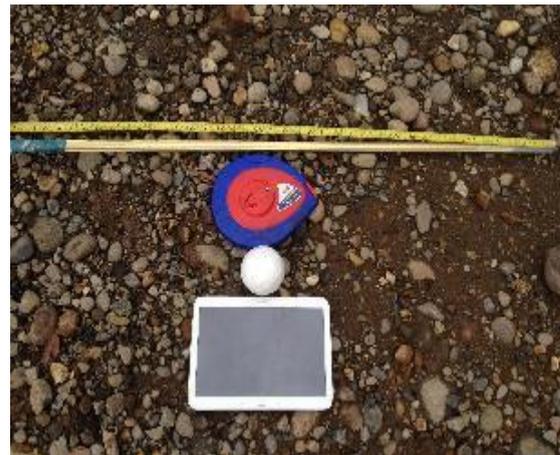
Toma de datos área transversal  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



Fase de campo  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



Toma de datos caudal punto de muestreo No 1  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



Materiales fase de campo, método flotador  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015

CADENA DE CUSTODIA

MUESTREADOR: Cesar Andrés Villacreses Cárdenas				Localización: Parroquia Fátima		Tabla 10/ANM-028	Número de envases	Comentarios (tipo de muestra)
MUESTRA #	FECHA (Día, mes, año)	HORA	Descripción (Nombre)	UBICACIÓN (Código/descripción/latido)				
1	23/10/2015	14 :00 pm	Punto de Descarga N° 1	Aguas Residuales / Parroquia Fatima		X	1	Muestreo AR Parroquia Fatima/ Tesis
2	23/10/2015	14 :05 pm	Punto de Descarga N° 2	Aguas Residuales / Parroquia Fatima		X	2	Muestreo AR Parroquia Fatima/ Tesis
3	23/10/2015	14 :10 pm	Descarga AR 300 m río Abajo	Descarga AR/ Río Puyo/ P-Fatima		X	3	Muestreo AR Parroquia Fatima/ Tesis
4	23/10/2015	14 :15 pm	300 m río arriba cabecera R/Puyo	Cabecera Río Puyo / P-Fatima		X	4	Muestreo AR Parroquia Fatima/ Tesis
 Enviado por: (Nombre y firma) Andrés Villacreses				Laboratorio HAVOC		Enviado por:		Recibido por: (Nombre y firma)
Fecha:		23 /10/2015	Hora: 14 :00 pm	Recibido en Laboratorio: (firma y sello)		Fecha:	Hora:	Comentarios:

Pedido análisis de muestras, laboratorio Havoc  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015



Vista en Drone, centro parroquial Fátima.  
**Fuente:** Andrés Villacreses, 2015

## **Anexo 7. Plan de monitoreo ambiental**

### **Plan de Monitoreo Ambiental de Calidad de Aguas Residuales, aplicando la Normativa Vigente para la Parroquia Fátima Provincia de Pastaza.**

El programa de monitoreo ambiental de aguas residuales de la parroquia Fátima, tiene como finalidad, entre otras, desarrollar e impulsar actividades para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de la parroquia Fátima y por lo tanto es importante con fines de prevención y mitigación, monitorear la calidad de dichas descargas a través de parámetros e indicadores que se establecen en la normativa ambiental vigente, (Acuerdo Ministerial N°. 028 sustituyese el libro VI del texto unificado de legislación secundaria), con la finalidad de minimizar la contaminación que generan impactos Ambientales en el Río Puyo (Tabla 3: criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios).

#### **❖ Objetivos del programa de monitoreo ambiental.**

##### **❖ Objetivo general:**

Verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental, sobre los vertimientos realizados a las corrientes de agua existente en la zona.

##### **❖ Objetivos específicos:**

- 1.** El programa de monitoreo aportará y arrojará resultados antes durante y después del punto de descarga, para verificar la calidad de agua que se descarga hacia el río puyo.
- 2.** Incorporar la normativa ambiental vigente directamente relacionada a la calidad de las descargas de aguas residuales (NTE INEN 2 226:2000, Calidad del agua. muestreo. diseño de los programas de muestreo).
- 3.** Incorporar conceptos básicos y textos de consulta sobre aguas residuales y contaminación al recurso agua.

### **Colectores Residuales:**

De acuerdo a la línea base, existen dos descargas puntuales de contaminación hacia el río Puyo, con distancias diferenciadas de aproximadamente 180 m.

El punto de contaminación N° 1 que se encuentra a 70 m del parque central de la parroquia Fátima y desemboca en un acuífero con dirección al Río Puyo.

El punto de contaminación madre N° 2 que se encuentra a la altura del Dique de Fátima y desemboca directamente en el Río Puyo.

En el presente proyecto se aplicará un colector de 200 mm PVC, se direccionará el punto de contaminación de descarga N°1 al punto de contaminación de descarga madre N° 2 que se encuentra en el Dique de Fátima, con la finalidad de canalizar todas las descargas que genera la parroquia Fátima hacia el Río Puyo en un solo punto de descarga que será la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para que estas sean tratadas bajo la normativa ambiental vigente y posteriormente sean vertidas el Río Puyo de forma segura y dentro de los parámetros establecidos (CPE INEN 5 Parte 9-1:1992).

### **Normativa Ambiental Vigente para el Monitoreo de Aguas Residuales.**

❖ **Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.**

#### **5.2 Criterios generales para la descarga de efluentes**

##### **5.2.1 Principios básicos para descarga de efluentes**

5.2.1.1 Los laboratorios que realicen los análisis de muestras agua de efluentes o cuerpos receptores deberán estar acreditados por la OAE.

5.2.4.6 En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, falta de definición de usos del agua (como es el caso de pequeñas municipalidades que no pueden afrontar el costo de los estudios), se utilizarán los valores de la TABLA 10 de limitaciones a

las descargas a cuerpos de agua dulce, en forma temporal, con el aval de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

5.2.4.10 Las aguas residuales que no cumplan, con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.

(Acuerdo ministerial N°. 028 sustituyese el libro VI del texto unificado de legislación secundaria)

### **Consideraciones Sobre el Muestreo de Aguas Residuales.**

Entre las principales acciones que determinan el éxito de un programa de monitoreo, se encuentra la medición en campo in – situ y el desarrollo de ensayos en laboratorio esto es la caracterización de las muestras. (Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 226:2000)

### **Identificación del sitio de Monitoreo y Parámetros.**

1. El lugar ideal para el muestreo sería el punto exactamente antes de que la descarga ingrese a un curso de agua receptor (es decir, una corriente natural o río). (Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 226:2000)
2. Todos los puntos de muestreo deberán estar previamente identificados. (Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 226:2000)
3. Los monitoreos responderán a un cronograma en cual se determine en cada caso en específico: Los sitios de muestreo, el número de muestras, los días designados para la ejecución del trabajo. (Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 226:2000)
4. Para la verificación de los niveles permisibles se consideraran los establecidos en las siguientes tablas:
  - ❖ TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. (Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua)

- ❖ TABLA 1: Criterios de calidad de fuentes de agua que para consumo humano y doméstico requieren tratamiento convencional. (Acuerdo Ministerial N°. 028 sustituyese el libro VI del texto unificado de legislación secundaria)
- ❖ TABLA 3: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. (Acuerdo Ministerial N°. 028 sustituyese el libro VI del texto unificado de legislación secundaria)

### **Procedimiento de Recolección de Muestras y su almacenamiento Temporal.**

- ❖ La recolección de muestras se realizara en campo, in situ, se realizara por personal técnico calificado, empleando la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 226:2000; agua. calidad del agua. muestreo. diseño de los programas de muestreo.
- ❖ Se realizará una recolección de muestras simples es decir una muestra aleatoria, discreta individual, puntual, recolectada dentro de un periodo de corto tiempo. (Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 226:2000)
- ❖ El material para toma de muestras de agua residuales debe estar previamente acondicionado, es decir esterilizado e identificado. (rotulado con nombre, fecha y hora de recolección y nombre del personal técnico que tomo las muestras.) De igual manera se debe observar el uso de los respectivos protocolos de cadena de custodia y el uso de ficha o bitácora de campo. (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 226:2000 )
- ❖ Para las actividades de muestreo siempre se utilizara guantes de protección.
- ❖ La botella para muestras deben ser llenadas completamente a menos de que sea necesario un espacio de aire para permitir la expansión térmica durante el transporte (Esto deberá ser indicado por el Laboratorio).
- ❖ Todas las muestras se deben preservar refrigeradas y a oscuras a 4°C, poniéndolas luego de la recolección en hieleras.

### **Frecuencia de Monitoreo**

Para la presente investigación se realizarán tres muestreos según los caudales horarios máximos, en tres jornadas diferentes, cada muestreo se realizará en los puntos de descarga, y adicionalmente se tomarán muestras río arriba(a partir del punto 1) y río abajo (después del punto 2), de ésta manera se conocerá de manera preliminar el estado actual del río.

Se recomienda que el primer año de aplicación del programa de monitoreo el muestreo y los reportes respectivos sean realizados semestralmente, para luego pasar a la entrega trimestral a partir del segundo año. Adicionalmente, se recomienda la autoridad Ambiental Competente podrá solicitar muestreos especiales en los casos en los que se considere necesario verificar la calidad de la descarga de aguas residuales.

### **Parentación de Resultados.**

El laboratorio será el responsable de emitir un informe detallado de los resultados Obtenidos de las muestras analizadas. Igualmente, el informe contendrá una breve evaluación directa y concisa de los resultados presentados.

**Plan de Monitoreo Ambiental de Calidad de Aguas Residuales, aplicando la Normativa Vigente**

**Parroquia Fátima.**

		Monitoreo Ambiental de Calidad de Aguas Residuales Parroquia Fatima Programa de Monitoreo de Descargas Líquidas																													
		I SEMESTRE DE 2016																													
LOCACION	Codificación de la Muestra	Tipo de Descarga	Muestra/Análisis Tabla		No. De Muestras	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				Total	Total
			Descarga	Inmisión 300m		Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4		
Parroquia Fátima	PF/ANG/DPT	AARR	Tabla 3	--	2	X				X				X				X				X				X				6	12
	PF /DPT	VDAARR	Tabla 1		2		X			X				X				X				X				X				6	12
	PF/ PT	VDAARR	Tabla 10		2		X			X				X				X				X				X				6	12
<b>TOTAL DE MONITOREOS</b>					<b>6</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>36</b>
II SEMESTRE DE 2016																															
LOCACION	Codificación de la Muestra	Tipo de Descarga	Muestra/Análisis Tabla		No. De Muestras	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				Total	Total
			Descarga	Inmisión 300m		Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4		
Parroquia Fátima	PF/ANG/DPT	AARR	Tabla 3	--	2	X				X				X				X				X				X				6	12
	PF /DPT	VDAARR	Tabla 1		2		X			X				X				X				X				X				6	12
	PF/ PT	VDAARR	Tabla 10		2		X			X				X				X				X				X				6	12
<b>TOTAL DE MONITOREOS</b>					<b>6</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>36</b>