



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales**

**Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables y Ambiente**

**“EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN SAN  
MIGUEL DE URQUQUÍ, PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL  
AGUA DE ACUERDO A LA NORMATIVA AMBIENTAL”**

**Trabajo de grado como requisito previo a la obtención del Título de**

**Ingeniero en Recursos Naturales Renovables y Ambiente**

**Autor: Diego Martín Dibujes Salgado**

**Director: Ing. Jorge Granja**

**Ibarra – Ecuador**

**2016**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN URCUQUÍ, PARA  
GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO A LA NORMATIVA  
AMBIENTAL”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADO:

Ing. Jorge Granja

**DIRECTOR**

  
.....

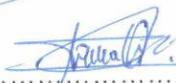
M Sc. Oscar Rosales

**ASESOR**

  
.....

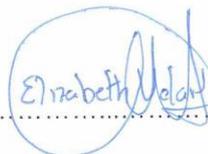
Ing. Tania Oña

**ASESOR**

  
.....

Ing. Elizabeth Velarde

**ASESOR**

  
.....

Ibarra – Ecuador

2016

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN URCUQUÍ, PARA  
GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO A LA NORMATIVA  
AMBIENTAL”**

**APROBACIÓN DEL DIRECTOR**

En calidad de Director del trabajo de grado presentado por el Señor Egresado Diego Martín Dibujes Salgado, como requisito previo para optar por el Título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, luego de haber revisado minuciosamente, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficiente para ser sometido a presentación privada y pública y evaluado por parte del Tribunal Calificador, siendo responsable de la dirección del trabajo de investigación contenido en el presente documento.

En la Ciudad de Ibarra, a los 25 días del mes de Julio de 2016.



.....  
Ing. Jorge Granja  
**DIRECTOR DE TESIS**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN URQUQUÍ, PARA  
GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO A LA NORMATIVA  
AMBIENTAL”**

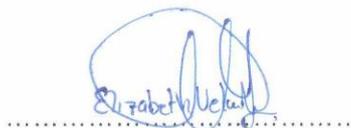
**APROBACIÓN DE ASESORES**

En calidad de Asesores del trabajo de grado presentado por el Señor Egresado Diego Martín Dibujes Salgado, como requisito previo para optar por el Título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, luego de haber revisado minuciosamente, damos fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficiente para ser sometido a presentación privada y pública y evaluado por parte del Tribunal Calificador.

En la Ciudad de Ibarra, a los 25 días del mes de Julio de 2016.

Ing. Elizabeth Velarde

**ASESORA**



Ing. Tania Oña

**ASESORA**



M Sc. Oscar Rosales

**ASESOR**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100279325-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Dibujes Salgado Diego Martín		
DIRECCIÓN:	José Nicolás Vaca 3-22 y Juan de Dios Navas		
EMAIL:	dmartin43@hotmail.es		
TELÉFONO FIJO:	062 953 315	TELÉFONO MÓVIL:	0993109782

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	<b>“EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO PARA LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN URCUQUI, PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO A LA NORMATIVA AMBIENTAL”</b>
AUTOR:	Dibujes Salgado Diego Martín
FECHA:	09 de Febrero de 2016.
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	

PROGRAMA:	X PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVALES
DIRECTOR:	Ing. Jorge Granja

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Diego Martín Dibujes Salgado, con cédula de ciudadanía Nro. 100279325-3; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizó a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Lay de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 25 de Julio de 2016.

**AUTOR:**



Diego Martín Dibujes Salgado.  
CI: 100279325-3

**ACEPTACIÓN:**



Ing. Betty Chavez  
**JEFE DE BIBLIOTECA**

v

v



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Diego Martín Dibujes Salgado, con cédula de ciudadanía Nro. 100279325-3; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominada **“EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN URCUQUÍ, PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO A LA NORMATIVA AMBIENTAL”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Diego Martín Dibujes Salgado.

CI: 100279325-3

Ibarra, 25 de Julio de 2016.

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha:

**DIBUJES SALGADO DIEGO MARTIN.** “EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN URCUQUÍ, PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO A LA NORMATIVA AMBIENTAL”. TRABAJO DE GRADO. Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra. EC. Julio 2016.

**DIRECTOR: Ing. Jorge Granja.**

La caracterización de las aguas residuales procedentes de las residencias urbanas y el medio en el cual se producen permite establecer el proceso básico para el tratamiento biológico y su utilización con un enfoque de desarrollo sustentable.

Fecha: 25 de Julio de 2016.



---

Ing. Jorge Granja

**Director de Tesis**



---

Diego Martín Dibujes Salgado

**Autor**

## **PRESENTACIÓN**

Yo Diego Martín Dibujes Salgado como autor del trabajo de grado Titulado **“EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN URCUQUÍ, PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO A LA NORMATIVA AMBIENTAL”. TRABAJO DE GRADO”** me hago responsable de los resultados, discusión, conclusiones y demás parte de la investigación; y pongo este documento como fuente de apoyo para consultas dirigidas a todos los estudiantes.

**Martín Dibujes Salgado**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo principalmente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis Padres, por darme la vida, especialmente a mi madre por quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste. Mami gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

A mi hermano Chelo que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A mi hijo, él ha venido a este mundo para darme el último empujón para terminar este trabajo. Es sin duda mi referencia para el presente y para el futuro.

**Martín Dibujes Salgado**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Quiero agradecer a mi madre: por brindarme la posibilidad de recibir la mejor educación y por ser el mejor ejemplo de vida, respeto, honestidad y cariño. Ella me ha guiado siempre para mantenerme firme en mis propósitos e ideales y me ha dado fuerza para vencer todos los obstáculos.

A mi hermano por ser un gran amigo y por ser un apoyo en mi carrera.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte y a todos los docentes que a lo largo de mis estudios han inculcado los conocimientos y la ética profesional que son la base en el ejercicio de la carrera, de forma especial al Ing. Jorge Granja por el apoyo brindado a lo largo del proceso que hoy se plasma en el presente documento.

Mi más sincero agradecimiento al GAD Municipal San Miguel de Urucuquí por sus aportes para mi formación como Ingeniero.

A las personas que de diferentes formas me han apoyado y han apoyado la culminación satisfactoria de este estudio, a quienes se han comprometido en ver más allá y creen en la trascendencia social y ambiental de la presente investigación.

**Martín Dibujes Salgado**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRESENTACIÓN .....	viii
DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTOS.....	x
ÍNDICE DE CUADROS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY .....	xvii
CAPÍTULO I.....	18
1. INTRODUCCIÓN.....	18
1.1. Objetivos.....	20
1.1.1. General .....	20
1.1.2. Específicos .....	20
1.2. Preguntas Directrices .....	20
CAPÍTULO II.....	21
2. REVISIÓN DE LITURATURA.....	21
2.1. Control de Calidad de las Aguas Residuales .....	21
2.1.1. Parámetros Físicos.....	22
2.1.2. Parámetros Químicos .....	23
2.1.3. Parámetros Biológicos.....	26
2.2. Métodos Naturales como Alternativa para el Tratamiento de Aguas Residuales	26
2.2.1. Planta de Tratamiento de Agua Residual .....	26
2.2.2. Uso de Macrófitas como Depuradores de Agua Residual.....	29
2.2.3. Métodos Naturales de Tratamiento: .....	29

2.3. Operación y Mantenimiento de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.	30
2.4. Algunos Consejos Importantes .....	42
2.5. Marco Legal del Proyecto .....	43
CAPÍTULO III .....	45
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
3.1. Materiales.....	45
3.2. Equipos .....	45
3.3. Infraestructura .....	46
3.4. Descripción del Área De Estudio.....	46
3.5. Selección de los Parámetros a Analizar .....	48
3.6. Funcionamiento actual de los Sistemas de Tratamiento .....	53
3.6.1. Fosa Séptica Azaya .....	54
3.6.2. Laguna de Oxidación Pablo Arenas .....	55
3.6.3. Planta de Tratamiento de Agua Residual Cahuasqui .....	56
3.6.4. Planta de Tratamiento de Agua Residual Urcuquí .....	56
3.7. Determinación de Criterios para Optimización .....	57
CAPÍTULO IV .....	60
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	60
4.1. Características del Área de Estudio .....	60
4.2. Condiciones de las Plantas de Tratamiento .....	62
4.3. Rehabilitación de los Sistemas de Tratamiento .....	64
4.4. Diagnóstico Actual de la Calidad de Agua .....	65
4.5. Análisis del Comportamiento, Remoción y Límites de Permisibilidad del Agua Tratada .....	69
4.5.2. Parámetros Físicos.....	69
4.5.3. Parámetros Químicos .....	71
4.5.4. Parámetros Biológicos.....	74

4.6. Propuesta de Optimización para el Manejo y Operación de los Sistemas de Tratamiento de las Unidades Depuradoras del Cantón San Miguel de Urucuquí .....	75
4.6.1. Mantenimiento Emergente de la Planta de Tratamiento .....	76
4.7. Estrategias para un Eficiente proceso de Depuración.....	84
4.8. Recomendaciones para un Eficiente Funcionamiento de las Plantas de Tratamiento del Cantón San Miguel de Urucuquí .....	85
CAPÍTULO V .....	89
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	89
5.1 Conclusiones .....	89
5.2. Recomendaciones .....	89
6. BIBLIOGRAFIA .....	90
ANEXOS .....	97

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Materiales.....	45
Cuadro 3.2 Equipos .....	46
Cuadro 3.3 Ubicación del área de estudio, (UTM WGS 84 zona 17 sur) .....	46
Cuadro 3.4 Parámetros analizados .....	48
Cuadro 3.5 Horario del primer muestreo.....	50
Cuadro 3.6 Horario del segundo muestreo .....	51
Cuadro 3.7 Modelo de etiqueta utilizado para la identificación de muestras.....	52
Cuadro 3.8 Formulario de registro de muestras y cadena de custodia .....	53
Cuadro 4.1 Matriz de funcionamiento actual de las plantas de tratamiento de Cahuasqui y Urcuquí.....	62
Cuadro 4.2 Matriz de funcionamiento actual de las plantas de tratamiento de Pablo Arenas y Azaya.....	63
Cuadro 4.3 Tratamiento primario del sistema de depuración de la PTAR Urcuquí.....	64
Cuadro 4.4 Análisis físicos, químicos y biológicos primer muestreo .....	66
Cuadro 4.5 Análisis físicos, químicos y microbiológicos primer muestreo .....	67
Cuadro 4.6 Análisis físicos, químicos y biológicos segundo muestreo.....	68
Cuadro 4.7 Análisis físicos, químicos y biológicos segundo muestreo.....	69
Cuadro 4.8 Comportamiento de conductividad eléctrica (mg/l) .....	70
Cuadro 4.9 Comportamiento de sólidos totales (mg/l).....	71
Cuadro 4.10 Comportamiento captación del pH .....	71
Cuadro 4.11 Comportamiento de DBO5 (mg/l) .....	72
Cuadro 4.12 Comportamiento de DQO (mg/l).....	73
Cuadro 4.13 Comportamiento de nitratos (mg/l).....	74
Cuadro 4.14 Comportamiento de nitratos (mg/l) de nitratos (mg/l).....	74
Cuadro 4.15 Niveles esperados de las unidades depuradores en tratamiento primario..	86
Cuadro 4.16 Niveles esperados de las unidades depuradores en tratamiento secundario .....	87
Cuadro 4.17 Niveles esperados de las unidades depuradores en tratamiento terciario ..	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Humedal artificial de flujo superficial .....	28
Figura 2.2 Plantas acuáticas .....	29
Figura 2.3 Equipo mínimo de un operador de una planta de tratamiento .....	33
Figura 2.4 Equipo para el mantenimiento de cámaras sépticas .....	34
Figura 2.5 Equipo para el mantenimiento de tanque sedimentador .....	37
Figura 3.1 Ubicación de las plantas de tratamiento de agua residual Cantón Urcuquí ..	47
Figura 3.2 Fotografía de la fosa séptica Azaya .....	54
Figura 3.3 Fotografía de la laguna de oxidación Pablo Arenas .....	55
Figura 3.4 Fotografía de la planta de tratamiento de agua residual Cahuasqui .....	56
Figura 3.5 Fotografía de la planta de tratamiento de agua residual Las Marías Urcuquí	57
Figura 4.1 Ubicación geográfica del cantón y las parroquias .....	61
Figura 4.2 Descripción de los sistemas Cahuasqui y Urcuquí .....	88

## RESUMEN

El estudio se realizó en las Parroquias ubicadas en el Cantón San Miguel de Urucuquí, en diferentes tipos de sistemas de depuración existentes, Planta de Tratamiento de Agua Residual Las Marías, Planta de Tratamiento de Agua Residual Cahuasqui, Laguna de Oxidación San José Pablo Arenas y Fosa Séptica Azaya Urucuquí; en el periodo de abril 2014 a noviembre 2014. El Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Urucuquí requiere optimizar el funcionamiento de estos sistemas de depuración con un enfoque sustentable; frente a esta problemática surgió la necesidad de implementar procesos orientados a la optimización de los sistemas de tratamiento en condiciones técnicas ambientales. El trabajo fue realizado a través de una investigación – acción del proceso, para identificar los puntos débiles, evaluar y determinar las mejores alternativas de optimización operativa en base a los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua residual, a través de la medición de los parámetros, sólidos, pH, DBO, DQO, nitratos, sulfatos, coliformes. Estos sistemas operan de forma deficiente, de acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio de las muestras tomadas. Llegándose a determinar que la ejecución de un mantenimiento mínimo de dos veces al año con personal calificado en instalaciones adecuadas de funcionamiento, mantienen un control óptimo de los procesos conservando los parámetros de funcionamiento dentro de los límites permisibles.

## SUMMARY

The study was conducted in the towns located in “San Miguel de Urququí”, in different types of existing treatment systems, wastewater treatment plant Las Marias, Silver Waste Water Treatment Cahuasquí, oxidation lagoon "Pablo Arenas" and septic tank Azaya; in the period April 2014 to November 2014. El Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Urququí, requires the functioning of these systems of debugging with a sustainable approach; with this problem arose the need to implement processes oriented to the optimization of the systems of treatment techniques in environmental conditions. The work was carried out through an investigation - action process, to identify weak points, evaluate and determine the best alternatives for operational optimization based on the physical analysis, chemical and microbiological of residual water, through the measurement of the parameters, solids, pH, BOD, COD, nitrates, sulfates, coliforms. These systems operate efficiently, according to the results of laboratory samples taken. Getting itself to determine that the implementation of a minimum maintenance twice a year with qualified personnel with appropriate facilities in operation, while maintaining an optimum control of the processes while maintaining operating parameters within the permissible limits.

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

El agua es un compuesto con características únicas, de gran significado para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan nuestro medio natural, siendo fundamental el cuidado y tratamiento específico a los efluentes residuales. El hombre ha alterado su disponibilidad con el afán de satisfacer sus crecientes necesidades, principalmente por las actividades agrícolas, industriales y domésticas (Muciño, 2001). Situación que ha provocado la contaminación con aguas residuales de los acuíferos someros y cuerpos de aguas superficiales. Según la Organización Mundial de la Salud (Salud., 1990), en el Ecuador solo 5 de cada 100 litros de aguas servidas son tratados antes de ser vertidos hacia los ríos, a pesar que las leyes prohíben verter aguas contaminadas, por otro lado es necesario establecer procesos articulados de manejo de las aguas residuales, las cuales después de un tratamiento adecuado, pueden ser utilizadas para reducir las demandas del sector municipal, industrial, agrícola y recreativo, particularmente con poca disponibilidad (Da Ros G. , 1995).

La expansión urbana y el aumento del consumo hídrico en el Cantón San Miguel de Urquí, ha provocado un crecimiento proporcional de las aguas residuales estas aguas se transforman en residuales vertiéndose en las redes de saneamiento, si las hay, o en drenajes de diverso tipo, para terminar aumentando los cuerpos de agua naturales, (Urquí, 2010), por esta razón El Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel

de Urcuquí se encuentra empeñado en desarrollar una buena gestión ambiental, basado en las competencias municipales expresadas en el art. 264 de la Constitución Política de la República del Ecuador, que reza: Numeral 4, Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellas que establezca la ley. (Constitucion Política del Ecuador, 2008).

El Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Urcuquí ha construido Plantas de Tratamiento de agua residual (PTAR), con el fin de tratar las aguas servidas provenientes de las actividades domésticas de las parroquias del cantón, estas plantas tienen un diseño básico, cuentan con tanque sedimentador y humedales de flujo superficiales (UGA, 2013). En la actualidad las PTAR del Cantón San Miguel de Urcuquí por falta de análisis previos de tipo fisicoquímicos y biológicos que permitan conocer la calidad del agua que se está descargando, para saber el funcionamiento de estas unidades depuradoras y si estas aguas residuales cumplen con los límites permisibles que establece la Legislación ambiental (TULSMA), al no contar con un registro de operación y mantenimiento de dichos sistemas de depuración. Por tal motivo se planteó determinar criterios para optimizar los sistemas de tratamiento bajo condiciones técnicas y ambientales con enfoque sustentable, optando por la ejecución de un programa de mantenimiento que mejore la calidad del recurso agua que cumpla con los límites admisibles de descargas, para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas, sus interrelaciones y del ambiente en general (TULSMA, 2015)

El análisis de la eficiencia técnica en las plantas de tratamiento de aguas residuales se muestra de una manera creciente en la actualidad. Son muchas las razones que justifican la necesidad de conocer en detalle las posibles ineficiencias existentes en los procesos de tratamiento. El término eficiente se asocia con un uso racional de los recursos disponibles, es decir, se utiliza para describir aquel proceso productivo que emplea de una manera óptima todos sus procesos de producción, según la tecnología existente; por tal motivo es necesario efectuar una serie de labores de supervisión en las diferentes fases de tratamiento. Estas labores son conocidas por el nombre de Control de la Calidad de las Aguas Residuales (Hernández, Saz, & Sala,., 2014).

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. General**

Evaluar el funcionamiento de las cuatro Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Cantón San Miguel de Urququí para un eficiente proceso de depuración.

### **1.1.2. Específicos**

- Establecer las características físicas, químicas y microbiológicas de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales del cantón San Miguel de Urququí.
- Determinar el estado de funcionamiento actual de las cuatro plantas de tratamiento existentes en el cantón San Miguel de Urququí.
- Proponer estrategias para un eficiente proceso de depuración de las cuatro plantas de tratamiento del cantón San Miguel de Urququí.

## **1.2. Preguntas Directrices**

¿El funcionamiento de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales del Cantón San Miguel de Urququí es eficiente en su proceso de depuración?

## **CAPÍTULO II**

### **2. REVISIÓN DE LITURATURA**

La siguiente información secundaria, resume conceptos científicos enfocados para la evaluación del funcionamiento de unidades depuradoras, saneamiento ambiental, tecnologías para tratamiento de agua residual, manejo y optimización de plantas de tratamiento, útiles en el desarrollo de la presente investigación.

#### **2.1. Control de Calidad de las Aguas Residuales**

Las plantas de tratamiento de agua residual y en general todo centro de producción de agua debe cumplir con el objetivo primordial de suministrar agua segura para la salud de los seres humanos, y la conservación de un medio adecuado para su sano desarrollo. Con este fin, es necesario efectuar una serie de labores de supervisión de las diferentes fases del producto final de la planta de tratamiento. Estas labores son conocidas por el nombre de Control de la Calidad de las Aguas Residuales. Para tener éxito en este Control de Calidad, es necesario conocer las propiedades del agua susceptibles al cambio, en las diversas formas en que esta existe y como la usa el hombre. Por lo tanto, se examina el agua para identificar sus principales propiedades y, en caso necesario, modificar sus características (Hernández, 2002) citado por (Mayorca Chávez, 2012) Para cuantificar los contaminantes los principales parámetros para caracterizar las aguas residuales son los siguientes.

### **2.1.1. Parámetros Físicos**

Inciden de forma directa sobre las condiciones estéticas del agua y se detectan fácilmente con los sentidos (Arellano Díaz & Guzmán Pantoja, 2011) los principales son:

#### **a) Temperatura**

La temperatura es una magnitud física que expresa el nivel de calor y está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura). La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento, como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. La temperatura de los efluentes urbanos no plantea grandes problemas, ya que oscila entre 10 y 20° C; facilitando así el desarrollo de una fauna bacteriana y una flora autóctona, ejerciendo una acción amortiguadora frente a la temperatura ambiente, tanto en época seca como en lluviosa, y en cualquier tipo de tratamiento biológico.

#### **b) Conductividad eléctrica**

Refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. Como la corriente eléctrica es transportada por iones en solución, el aumento de la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad.

#### **c) Sólidos**

Toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos, es considerada como materia sólida. La definición más generalizada de sólidos es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo de evaporación y secado bajo una temperatura entre 103-105 grados centígrados, generalmente estas aguas contienen sólidos disueltos, sólidos sedimentables los cuales son partículas muy gruesas que se depositan por gravedad en el fondo de cuerpos receptores. Material flotante como trozos de vegetales, animales, basuras, entre otros y aquellas que son visibles constituyen los sólidos en suspensión y sólidos en flotación.

- Sólidos totales (ST). Residuo remanente después de que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica.
- Sólidos volátiles totales. (SVT). Pueden ser volatizados e incinerados cuando los ST son calcinados.
- Sólidos fijos totales (SFT). Residuo permanente después de incinerar los ST.
- Sólidos suspendidos totales (SST). Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico medido después de que ha sido secada a temperatura específica.
- Sólidos disueltos totales (SDT). la cantidad total de sólidos disueltos en el agua, principalmente de las sales minerales. La medida comprende coloides y sólidos disueltos.
- Sólidos Sedimentables (SS). Expresados como ml/l que se sedimentan por fuera de la suspensión dentro de un periodo de tiempo específico.

### **2.1.2. Parámetros Químicos**

El agua es llamada el solvente universal y los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias. Su grado de concentración determina la calidad de agua, los principales son:

#### **a) Potencial hidrógeno (pH)**

El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de un agua, definiéndose como el logaritmo negativo de la concentración del Ion hidrógeno. La importancia dentro del agua residual radica en determinar la acidez de esta y tiende a ser muy corrosiva, la cual puede atacar químicamente tanto a los sistemas de distribución como a los órganos de las plantas de tratamiento y un agua residual básica provoca incrustaciones tanto en los sistemas de distribución como en las plantas de tratamiento. (Santiago, 1996). El rango de pH para la vida biológica es muy estrecho y crítico. Un agua residual con valores adversos de pH puede tener dificultades para su tratamiento biológico. Se considera como rango adecuado de pH para el desarrollo normal de la actividad microbiana un valor comprendido entre 6 y 8 (Barrera, 2000).

### **b) Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>)**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno ( DBO<sub>5</sub>), expresa la cantidad de oxígeno necesario para la degradación de las materias orgánicas por microorganismos, además permite apreciar la carga del agua en materias putrescibles y su poder auto depurador, el método de la determinación de la materia orgánica mediante su oxidación biológica se denomina Demanda bioquímica de Oxígeno ( DBO<sub>5</sub>), para valorar la carga orgánica de una estación depuradora de aguas residuales convencionales (EDAR), así como su capacidad de eliminación de la materia orgánica se utiliza generalmente el ensayo de la ( DBO<sub>5</sub>), y de ello se puede deducir la carga máxima aceptable, éste indicador se utiliza principalmente en el control del tratamiento primario en las estaciones depuradoras y en evaluar el estado de degradación de los vertidos que tengan carga orgánica (Seoáñez, 2005).

Los resultados de los ensayos de DBO<sub>5</sub> se emplean para: 1) determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente, 2) dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y 3) medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y 4) controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos. (Menéndez y Pérez, 2007).

### **c) Demanda química de oxígeno (DQO)**

La DQO es una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico y mineral (nitritos, amoníaco). En las aguas residuales, al verterse en un curso de agua, algunas sustancias captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras, satisfaciendo sus necesidades de oxígeno. (Seoáñez, 2005).

La Demanda Química de Oxígeno es “la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua”.

La DQO se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO<sub>2</sub>/l), Cuanto mayor es la DQO más contaminante es el agua.

Las concentraciones de DQO en las aguas residuales industriales pueden tener unos valores entre 50 y 2000 mgO<sub>2</sub>/l, aunque es frecuente, según el tipo de industria, valores de 5000, 1000 e incluso más altos.

#### **d) Relación entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO**

El valor de la (DQO), siempre será superior al de la (DBO<sub>5</sub>), debido a que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente pero no biológicamente.

La diferencia es que los gramos o miligramos de oxígeno se refieren, en el caso de la (DBO<sub>5</sub>), a los requeridos por la degradación biológica de la materia orgánica; mientras que en el caso de la (DQO), representan los necesarios para la degradación química de la materia orgánica.

La relación entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO nos da una idea del nivel de contaminación de las aguas. (DBO<sub>5</sub>/DQO), si la relación (DBO<sub>5</sub>/DQO) <0,2 entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza industrial, poco biodegradables y son convenientes los tratamientos físico-químicos, si la relación (DBO<sub>5</sub>/DQO) >0,5 entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza urbana, o clasificables como urbanos y tanto más biodegradables, conforme esa relación sea mayor. Estas aguas residuales, pueden ser tratadas mediante tratamientos biológicos.

#### **e) Nitrógeno (N)**

Se presenta en las aguas residuales en forma de nitrógeno orgánico, amoníaco y, en menor cantidad, de nitratos y nitritos. Para su cuantificación se recurre generalmente a métodos espectrofotométricos, las formas de interés en aguas residuales son las del nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y nitratos (Romero, 2000).

#### **f) Fósforo (P)**

Aparece principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos. Al igual que las distintas formas nitrogenadas, su determinación se realiza mediante métodos

espectrofotométricos. El fósforo en aguas superficiales genera un crecimiento incontrolado de algas, acelerando el proceso de eutrofización (Rodier, 1981).

### **2.1.3. Parámetros Biológicos**

Las aguas residuales contienen gran número de organismos vivos que son los que mantienen la actividad biológica, produciendo fermentación, descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica. Su importancia radica, en la existencia en residuos humanos, patogenicidad, uso como indicadores de contaminación y función como ejecutores del tratamiento biológico. (Romero, 2000) Y (Crites, 2000).

El análisis bacteriológico para determinar la calidad de agua residual que se va a tratar debe incluir Coliformes totales y coliformes fecales (*Escherichia*).

## **2.2. Métodos Naturales como Alternativa para el Tratamiento de Aguas Residuales**

En el medio ambiente natural, cuando interaccionan el agua, el suelo, las plantas, microorganismos y la atmósfera, se producen procesos físicos, químicos y biológicos. Los sistemas de tratamiento natural se diseñan para aprovechar estos procesos con objeto de proporcionar tratamiento al agua residual. Los procesos que intervienen en los sistemas de tratamiento natural incluyen muchos de los utilizados en las plantas de tratamiento sedimentación, filtración, transferencia de gases, adsorción, intercambio iónico, precipitación química, oxidación y reducción química, conversión y descomposición biológica junto con procesos propios de los sistemas de tratamiento natural tales como la fotosíntesis, la fotooxidación, y la asimilación por parte de las plantas. A diferencia de los sistemas mecánicos, en los que los procesos se llevan a cabo, de forma secuencial, en diferentes tanques y reactores a velocidades aceleradas como consecuencia del aporte energético, en los sistemas naturales los procesos se producen a velocidades naturales y tienden a realizarse de forma simultánea en un único ecosistema.

### **2.2.1. Planta de Tratamiento de Agua Residual**

La planta de tratamiento de Agua Residual es un conjunto integrado de equipos e instalaciones que cumple procesos físicos, químicos y biológicos, adecuados para

depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final. La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos establecidos para el efluente resultante (Arellano Díaz & Guzmán Pantoja, 2011). En el diseño de una planta de tratamiento hay que considerar, como objetivos importantes, la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno, fósforo, sustancias inorgánicas disueltas, sólidos suspendidos y microorganismos patógenos. De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (1997), las instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales urbanas constan de las siguientes fases principales:

- **Pre-tratamiento o tratamiento preliminar**

Son sistemas auxiliares cuyo objetivo es retener sólidos gruesos y finos con densidad mayor al agua. Estas unidades evitan problemas por el paso de arena, basura, plásticos, entre otros, hacia los procesos de tratamiento posteriores (Crites, 2000), para este proceso de desbaste se utiliza rejillas, además esta primera etapa permite distribuir el caudal de forma continua y constante hacia la planta (Kuklinski, 2011).

- **Tratamiento primario**

Consiste en la remoción de los sólidos orgánicos sedimentables y material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción permite quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% a 70% de  $DBO$  presente en el agua residual. Se emplea tanque Imhoff, tanques de sedimentación primaria, tanques de flotación, entre otros.

- **Tratamiento secundario**

Consiste en la remoción de la carga orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes mediante la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en la remoción de entre el 50% y 95% de  $DBO$ . Los sistemas más empleados son: humedales artificiales, filtros-percoladores, filtros rotatorios o biodiscos, entre otros (ONU-HABITAT., 2008).

- **Humedales artificiales**

De acuerdo a Celis (2005), son sistemas, que emulan los pantanos o humedales naturales en el tratamiento de aguas residuales industriales, negras y lixiviados. Los humedales tienen tres funciones básicas; estas son: fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica, utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos, y lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento Ver figura 2.1.

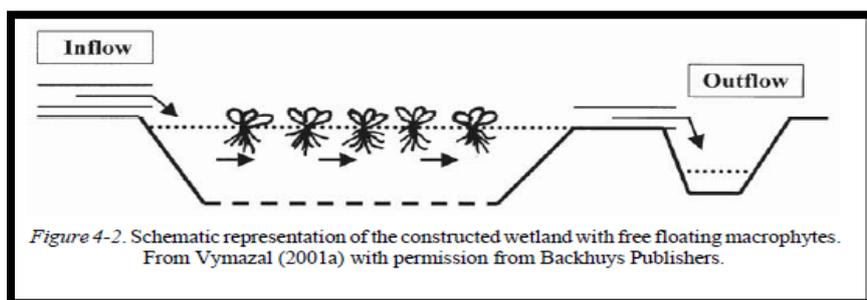


Figura 2.1 Humedal artificial de flujo superficial  
Fuente: (Caicedo, 1995)

El más utilizado es el humedal de flujo libre donde el nivel de agua está sobre la superficie del terreno; la vegetación está sembrada emergiendo o flotando sobre la superficie del agua (Caicedo, 2008). El medio filtrante elimina sólidos, fija las bacterias, y a la vegetación que desarrolla raíces profundas (Delgadillo, 2010).

- **Tratamiento terciario**

Tiene como objetivo eliminar agentes patógenos del efluente cuya finalidad es prevenir que la descarga del agua residual tratada previamente, contamine cultivos o cuerpo de agua receptor. Los sistemas más utilizados en desinfección son la clorificación o el empleo de radiación UV.

- **Reutilización o vertimiento**

De acuerdo a Tchobanoglous & Burton (1995), a medida que el nivel de tratamiento aumenta, la potencialidad de un uso benéfico para las aguas tratadas también aumenta.

En los sistemas de manejo de aguas residuales, las formas más posibles de reutilización son para riego agrícola, tratamientos en el suelo y recarga de acuíferos.

### 2.2.2. Uso de Macrófitas como Depuradores de Agua Residual

Las macrófitas están adaptadas a crecer bajo condiciones de suelos saturados por agua. Ver figura 2.2.

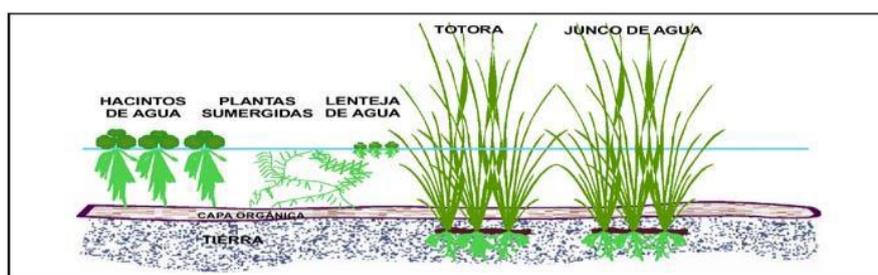


Figura 2.2 Plantas acuáticas  
Fuente: (León & Lucero, 2009)

Básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres y se pueden clasificar en: flotantes, sumergidas y emergentes (Caicedo, 1995; J. Glynn & Gary. W, 1999).

### 2.2.3. Métodos Naturales de Tratamiento

La depuración del agua residual se consigue mediante procesos físicos, químicos y biológicos naturales que se desarrollan en el ecosistema agua, suelo, atmósfera, plantas y microorganismos, como los utilizados en plantas de tratamiento mecánicas: sedimentación, filtración, transferencia de gases, adsorción, intercambio iónico, precipitación química, oxidación y reducción química, conversión y descomposición biológicas junto con procesos propios de los sistemas naturales tales como la fotosíntesis, fotooxidación y la asimilación por parte de las plantas, con la ventaja adicional que ocurren de forma simultánea en un único reactor ecosistema, los sistemas naturales son capaces de eliminar casi todos los constituyentes del agua residual considerados como contaminantes, sólidos suspendidos, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, elementos de traza, compuestos orgánicos de traza y microorganismos.

- **Sistemas Acuáticos**

Son ecosistemas de terrenos inundados o saturados, que permiten la existencia de vegetación especial (macrófita), adaptada a este nicho ecológico. Esta vegetación está constituida por plantas que germinan en condiciones de humedad considerable, que desarrollan su ciclo vegetativo, por lo menos en parte, dentro del agua. Se clasifican en tres grandes grupos: flotantes (buchón o Jacinto de agua); sumergida (elodea, cola de zorro); y emergentes (cáñamo o chuscal, juncos, totora).

En estos sistemas se utilizan plantas emergentes arraigadas el suelo o el medio granular de soporte que emergen o penetran la superficie libre del agua, la cual todo el tiempo está bajo el nivel del suelo, manteniéndolo siempre en condición saturada.

- **Filtros Bio integrados**

Es un humedal artificial (Wetland), de flujo sub-superficial, con sustrato de crecimiento constituido por material inerte como roca, arena y biomasa. En la parte superior se planta el cáñamo apropiado (género: *phragmites communis*, especie: gramíneas, nombre común: chuscal), la cual desempeña un papel integral en el sistema, ya que transfiere oxígeno a la parte inferior de los depósitos de tratamiento a través de raíces y rizomas brindando un medio de soporte de los microorganismos responsables de gran parte del tratamiento biológico.

### **2.3. Operación y Mantenimiento de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales**

A continuación de detalla como operar de manera correcta las unidades depuradoras:

- Operar es hacer funcionar en forma correcta el sistema de alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales a través de un trabajo permanente y responsable en las instalaciones y equipos, para tener un servicio constante, evitar la contaminación del ambiente y, sobre todo, asegurar la satisfacción de los usuarios.
- Si el sistema no funciona bien, los usuarios no estarán contentos y rehusaran pagar sus tarifas. Si no pagan las tarifas, no habrá recursos para operar y

mantener el sistema. De esta manera se genera un círculo vicioso que terminara con la destrucción del sistema de alcantarillado y la frustración de la comunidad.

- Por otra parte, es necesario que, una vez instalado el sistema de alcantarillado y su planta de tratamiento, el mayor número de habitantes de la población construya sus baños y se conecten a la red. Si el número de usuarios es reducido, el sistema no está siendo apropiadamente y se deteriorara, además el monto recaudado por tarifa será insuficiente para la operación y mantenimiento del servicio. La gente que no se conecta a un sistema de alcantarillado está perjudicando a toda la población.
- Para poner un sistema de alcantarillado y su planta de tratamiento es necesario contar con los planos de construcción, los cuales deben ser entregados por la empresa constructora o el financiador al Gobierno Municipal y a la entidad responsable de la operación del sistema. No tener los planos del sistema es cómo manejar un camión sin volante o caminar a ciegas. (Ministerio del Agua Bolivia, 2007).

- **Responsabilidades de los usuarios**

Los usuarios de un sistema de alcantarillado tienen una gran parte de responsabilidad en su operación y mantenimiento. A continuación se presentan algunas recomendaciones que los responsables del sistema deben comunicar permanentemente a los usuarios:

- No debe utilizarse el sistema de alcantarillado sanitario para evacuar aguas de lluvia. Las aguas de lluvia arrastran algunas partículas de arena que sedimentan en las tuberías y con el tiempo pueden bloquearlas (la fuerza de arrastre mínima de diseño de las tuberías permite la auto limpieza de partículas de 2.0 mm).
- El sistema de desagües de la cocina o los lugares donde se cocina y se lava enseres de cocina y comedor, debe contar con cámaras desgrasadoras que deben ser limpiadas cada cuatro meses. La grasa es otra de las sustancias cuya acumulación bloquean las tuberías del alcantarillado.
- Las tapas de las cámaras de inspección o cámaras desgrasadoras deben ser herméticas para evitar que ingresen aguas de lluvia o aguas de lavado de patios, que luego se acumulen y bloqueen las tuberías.

- Si existen pilas en los patios y un sistema de desagüe, deben construirse cámaras desarenadoras, antes del ingreso al sistema domiciliario.
  - No deben arrojarse bolsas plásticas, pañales desechables, toallas higiénicas, papel periódico u objetos similares en los inodoros.
  - Los usuarios deben verter, cada cuatro meses, agua hervida en su inodoro para disolver y eliminar residuos de gras (Ministerio del Agua Bolivia, 2007).
- **Construcción de conexiones domiciliarias**

Las construcciones domiciliarias deben estar adecuadas y bien construidas para que no haya problemas posteriores.

- Las condiciones domiciliarias solo podrán ser construidas por el operador del sistema o albañiles autorizados.
  - Los escombros que se produzcan al picar la tubería cuando se construyan las conexiones domiciliarias con la tubería del colector, pues a menudo se presentan filtraciones en dicho sector, o se introduce mortero al interior de la tubería.
  - Se recomienda que el responsable del servicio, cuente con un menú o una variedad de diseños de baños sanitarios, de diferentes costos, para asesorar a las familias que deseen construir su baño. De esta manera puede asegurarse que las instalaciones interiores sean adecuadamente construidas, previéndose tuberías de ventilación, cámaras de registro y cámaras desgrasadoras.
- **Puesta en marcha de una cámara séptica**

Antes de iniciar la operación de una planta debe verificarse que:

- La estructura de la cámara séptica no presenta infiltraciones. Para ello debe efectuarse una prueba hidráulica, lo cual consiste en llenar con agua la estructura y comprobar, durante un periodo de 24 horas, que no baja el nivel del agua. Si baja el nivel del agua, no debe efectuarse la recepción de las obras siendo responsabilidad de la empresa constructora el encontrar y corregir fallas.
- Para iniciar la operación, la cámara séptica deben encontrarse llenos con agua.

- Como los micro-organismos que descomponen la materia orgánica del agua residual necesitan tiempo para desarrollarse, se recomienda agregar lodos aproximadamente un turril de 200 litros – provenientes de otra cámara séptica que ya se encuentra en funcionamiento.
- Los lodos son frescos y todavía contienen micro-organismos que causan enfermedades, por ello esta tarea es peligrosa para los operadores, por el riesgo que entraña para su salud. Su manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes y botas. Una vez concluida esta tarea, debe lavarse y desinfectarse todos los materiales empleados.
- Los operadores deben contar como mínimo con el siguiente equipo de protección (Ver figura 2):

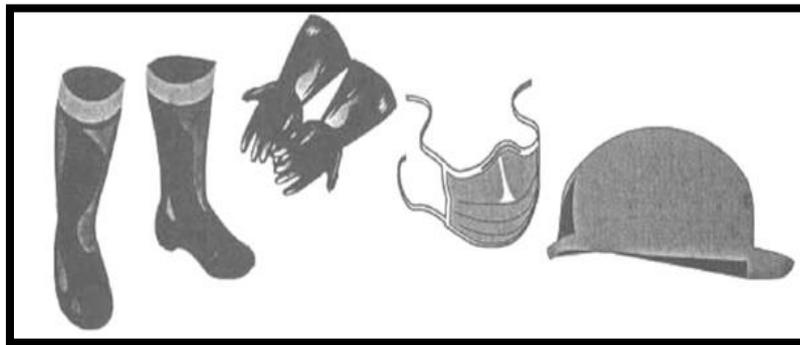


Figura 2.3 Equipo mínimo de un operador de una planta de tratamiento  
Fuente: (Ministerio de Agua Bolivia, 2007)

- Debe incentivarse la conexión de los habitantes de la población a fin de que ingrese el material orgánico suficiente para iniciar el funcionamiento de la planta.
- **Operación y mantenimiento de una cámara séptica**

Las cámaras sépticas son estaciones donde se realiza el tratamiento secundario se debe operar de la siguiente manera:

- La cámara séptica debe ser revisada cada tres meses. Al abrir las tapas de registro para hacer la inspección o limpieza, se debe dejar ventilando al menos

30 minutos para la evacuación de los gases producidos en la planta. Nunca deben encenderse fósforos ni cigarrillos.

- La inspección tiene por objeto determinar: (a) La distancia del fondo de la nata al extremo inferior del tubo de salida o deflector, que no debe ser inferior a 10 cm. (b) El espesor de los lodos acumulados. (c) Que la cámara de inspección de salida no presente sedimentos, hecho que indicaría un mal funcionamiento de la cámara séptica.
- **Extracción de natas o espuma**

Las natas o espumas deben ser retiradas de la siguiente manera:

- El espesor de la capa de natas se mide con un bastón o pértiga al cual se ha fijado una aleta con una bisagra como se presenta en la (Ver figura 2.4).

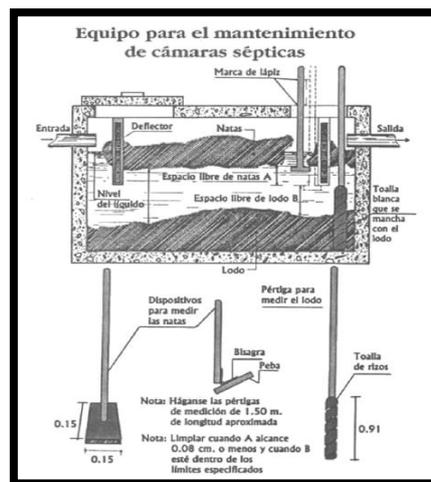


Figura 2.4 Equipo para el mantenimiento de cámaras sépticas  
Fuente: (Ministerio de Agua Bolivia, 2007)

- La nata se debe enterrar en una zanja por lo menos a una profundidad de 60 cm y cubrirla posteriormente con tierra. Hay que cuidar que a dicha profundidad no se encuentre el nivel freático.
- La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantas y botas y mascarilla. Una vez concluida esta tarea, deben lavarse y desinfectarse

todos los materiales empleados y el operador debe realizar un buen aseo personal.

- **Extracción de lodos**

Los lodos deben ser retirados de manera técnica de la siguiente manera:

- Para medir la altura de los lodos se utiliza un bastón en cuya parte inferior se envuelve guaipe o una tela blanca. Después de varios minutos, el bastón se iza con cuidado y se puede distinguir la línea de lodos por las partículas que quedan adheridos a los tejidos. Será necesario evacuar todos los lados cuando la altura útil, disponible entre el extremo inferior del tubo de salida o el deflector y la base de la cámara, se haya reducido en un 40 o un máximo de 50%.
- Comúnmente la extracción de lodo se realiza por medio de un balde provisto con un mango largo, mediante una bomba manual de succión de lodos (de diafragma) o una bomba de succión disponible en el mercado. Para llevar a cabo esta tarea, se recomienda escoger un día de sol (época de verano) cuando la entrada de aguas residuales sea mínima.
- No se debe extraer todos los lodos, sino dejar una pequeña cantidad que servirá para el proceso en la planta no sea interrumpido; en general debe dejar de extraerse lodo cuando se vea que está muy diluido o el nivel del agua en la cámara ha bajado a la mitad.
- Asimismo, la cámara séptica no se debe lavar ni desinfectar después de haber extraído el lodo.
- Los lodos deben ser dispuestos en lechos de secado o ser enterrados. En caso de ser enterrados, debe hacérselo en zanjas, tipo trinchera, con una profundidad de 60 cm, y 40 cm de ancho. Posteriormente se debe tapar con tierra. Debe evitarse el acceso de gente y animales a los sitios de enterramiento de los lodos y natas. Asimismo, debe asegurarse que el nivel freático diste al menos 2 metros de la profundidad de enterramiento de los lodos.
- La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes, botas y mascarilla, una vez concluida esta tarea, debe lavarse y desinfectarse

todas las herramientas empleadas y el operador debe realizar un buen aseo personal.

- Una vez concluidas estas tareas, debe dejarse la planta con todos sus componentes limpios para evitar que se genere un foco de infección y malos olores. Las tapas de inspección deben encontrarse aseguradas.
  - Las cámaras de inspección dañadas deben ser reparadas de inmediato, usando una buena dosificación de cemento. Se recomienda contar con tapas de cámaras de repuesto para reemplazar las dañadas por vehículos u otras causas. Las tapas no deben permitir filtraciones de aguas superficiales que arrastren sólidos. (Ministerio del Agua Bolivia, 2007).
- 
- **Extracción de natas o espuma y mantenimiento periódico**

Las natas o espumas deben ser retiradas de la siguiente manera:

- Si la acumulación de natas o espumas es apreciable (unos 20 cm) en la cámara de sedimentación, se las debe retirar con un cernidor de malla milimétrica fina de plástico.
  - La nata se debe enterrar en una zanja de por lo menos 60 centímetros y cubrir posteriormente la zanja con tierra. Hay que cuidar que a dicha profundidad no se encuentre el nivel freático.
  - Deben rasparse quincenalmente los lados inclinados de la cámara de sedimentación, utilizando un cepillo (raspador) de goma (Figura 2.4) para quitar los sólidos que se hayan adherido.
  - Limpiar quincenalmente la ranura de la cámara de sedimentación con una rastra de cadenas.
  - La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes, botas y mascarilla. Posteriormente, deben lavarse y desinfectarse todos los materiales empleados y el operador debe realizar un buen aseo personal.
- 
- **Extracción de lodos**

Los lodos deben ser retirados de manera técnica de la siguiente manera:

- Usualmente al cabo de dos años de funcionamiento, o cuando se presentan solidos en la camara de salida o el efluente, sera necesario efectuar la primera extraccion de lodos. Para llevar a cabo esta tarea, se recomienda escoger un dia de sol (en epoca de verano) cuando la entrada de aguas residuales sea minima (Ver figura 2.4).
- Cuando el tanque séptico tenga una válvula para el drenaje de lodos, deberá abrirse esta y dejar salir el lodo hasta que para el flujo por sí solo. Si no tiene válvula para el drenaje de lodos, será necesario usar una bomba manual de succión de lodos (de diafragma) o una bomba (Ministerio de Agua Bolivia, 2007).



Figura 2.5 Equipo para el mantenimiento de tanque sedimentador  
Fuente: (Ministerio de Agua Bolivia, 2007)

- De succión. En caso de emplearse una bomba de succión de lodos debe extraerse los lodos que están en la parte inferior del tanque porque son los que se encuentran más digeridos; debe dejarse una pequeña cantidad de lodos para que el proceso en la planta no sea interrumpido.

- Asimismo, el tanque séptico no debe ser lavado ni desinfectado después de haberse extraído el lodo.
- Los lodos deben ser dispuestos en lechos de secado o ser enterrados. En caso de ser enterrados, debe hacerse en zanjas, tipo trinchera, con una profundidad de 60 cm y 40 cm de ancho. Posteriormente se debe tapar la zanja con tierra. Debe evitarse el acceso de gente y animales en sitios de enterramiento de los lodos y natas. Asimismo, debe asegurarse que el nivel freático diste al menos 2 metros de la profundidad de enterramiento de los lodos.
- La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes, botas y mascarilla. Una vez concluida esta tarea, debe lavarse y desinfectarse todas las herramientas empleadas y el operador debe realizar un buen aseo personal.
- Una vez concluidas estas tareas, debe dejarse la planta con todos sus componentes limpios, para evitar que se genere un foco de infección y de malos olores. El operador debe asegurarse que las tapas de inspección se encuentren aseguradas.

- **Control de olores en cámaras sépticas.**

Cuando se tengan olores fuertes (olor a podrido), deberán efectuarse las siguientes tareas:

- Preparar agua con cal, colocando en un recipiente por cada diez litro media libra de cal. Mezclar y dejar reposar por un tiempo de cinco minutos.
- Arrojar suficiente cantidad de esta solución en la entrada, sea de la cámara séptica, poco a poco aproximadamente un balde de 20 litros en media hora.
- Si el olor persiste, repetir el mismo procedimiento al día siguiente.
- Operación y mantenimiento de lagunas de oxidación puestas en marcha
- Para indicar el funcionamiento de las lagunas, se recomiendan las siguientes acciones:

- **Lagunas anaeróbicas**

Para la instalación de lagunas anaeróbicas son estaciones que deben estar en un control periódico después de la instalación de la siguiente manera:

- Las lagunas deberán ser llenadas con aguas negras crudas. De ser posible, una vez que estén llenas por la mitad deberán recibir como inóculo los lodos de una fosa séptica u otras lagunas anaeróbicas. Alrededor de 100-200 litros de lodo serán suficientes.
- Durante las primeras semanas de funcionamiento deberá verificarse que el pH del agua no baje de 7. De ser así, deberá agregarse cala soda caústica para mantenerlo entre 7 y 8.

- **Lagunas facultativas**

Las lagunas facultativas deben tener un control de la siguiente manera:

- De ser posible, las lagunas serán llenadas hasta la mitad con agua dulce y luego, comenzarán a recibir los efluentes de las lagunas anaeróbicas o las cámaras sépticas/tanques imhoff.
- De no disponer de agua dulce, serán llenadas con los efluentes de las lagunas anaeróbicas desde el principio. En este caso puede desarrollarse un tipo de fermentación denominada “cadavérica”, que da lugar a malos olores (como de un cadáver en putrefacción). En caso de que esto ocurra, deberá suspenderse la entrada de efluentes de las lagunas anaeróbicas por algunas semanas, hasta que desaparezca el mal olor. Este fenómeno solo ocurre durante la puesta en marcha y desaparece totalmente con el tiempo.

- **Lagunas de maduración**

Serán llenadas con los efluentes de las lagunas facultativas. No requieren de ningún cuidado particular.

- **Remoción de lodos**

Los lodos deben ser removidos técnicamente de la siguiente manera:

- Será necesario remover los lodos de las lagunas anaeróbicas cada tres o más años, cuando la altura de lodos a  $1/3$  de la profundidad de la laguna.
- La altura de lodos se mide con un bastón de varios metros de largo, envuelto con un guaipe o tela blanca. Se introduce en bastón hasta el fondo de la laguna, se retira y se mide la altura de lodo en la tela.
- En sistemas con más de una laguna de maduración, los lodos de las lagunas anaeróbicas pueden descargarse en la última laguna de la serie.
- En todos los casos, debe efectuarse periódicamente la limpieza de los diques o taludes de las lagunas, evitando la acumulación de vegetación y la proliferación de mosquitos y otros insectos.

- **Operación y mantenimiento de filtros biológicos**

Los filtros biológicos son de mucha importancia para el tratamiento de aguas residuales y se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- El funcionamiento apropiado de los filtros biológicos depende en gran medida de que el fondo falso, a través del cual asciende el agua residual hasta el lecho de grava, este bien construido; así como de la calidad del relleno de grava o de piedra. Este relleno debe ser de grava o cuarcítica y no pizarrosa o de un material que se disgregue fácilmente; así mismo debe encontrarse limpio de material fino como arcilla o limo. En el lapso entre la recepción provisional y definitiva de obras, debe comprobarse el funcionamiento correcto de estas unidades; de no ser así, es responsabilidad del constructor efectuar las correcciones necesarias.
- La puesta en marcha de los filtros biológicos no presenta problemas particulares. Una vez en operación debe cuidarse que el relleno de grava no se colme o desbloquee. De presentarse esta situación o al cabo de dos o tres años, deberá reducirse el caudal en una de las unidades en paralelo para posibilitar que la capa

de organismos que rodea a las piedras o gravas reduzca su volumen. Una vez logrado esto se hará similar tarea con las otras unidades en paralelo.

- Deben limpiarse quincenalmente las canaletas de recolección del agua filtrada y las cámaras de salida, para evitar focos de infección.
- **Mantenimiento de zanjas de infiltración**

El mantenimiento de las zanjas de infiltración debe hacerse técnicamente como se describe a continuación:

- Revisar las cámaras de inspección cada 6 meses para verificar si se presenta acumulación del agua residual proveniente de la cámara séptica o tanque séptico.
- Si se observa acumulación del agua residual, debe verificarse si está ingresando agua de otras fuentes además de las plantas de tratamiento, como escurrimiento de aguas lluvias, cunetas o zanjas. De existir estos escurrimientos, debe evitarse su ingreso a las zanjas de infiltración.
- Si a pesar de estas acciones continuas la acumulación de aguas, deberán construirse nuevas zanjas de infiltración y cerrar el campo de infiltración anterior.
- Las cámaras de inspección dañadas deben ser reparadas de inmediato usando una buena dosificación de cemento. Se recomienda contar con tapas de cámaras de repuesto para reemplazar las dañadas por vehículos u otras causas; asimismo, las tapas no deben permitir filtraciones de aguas superficiales que arrastren sólidos.
- **Operación de lechos de secado para lodos**

Los lechos de secado son de mucha importancia y deben estar como se describe a continuación:

- Los lechos de secado deben llenarse con lodos en verano o durante la temporada seca del año. Los lodos pueden extenderse en el lecho con una profundidad máxima de 20 cm.

- Una vez que su consistencia permita que puedan ser recogidos con una pala, los lodos pueden ser retirados del lecho de secado. Nunca se debe colocar más lodo antes de haber retirado los lados secos.
- Una vez retirados los lodos se debe realizar la limpieza del lecho.
- La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando guantes, botas y mascarilla. Una vez concluida esta tarea, se lavara y desinfectara todas las herramientas empleadas y el operador deberá realizar un buen aseo personal.

#### **2.4. Algunos Consejos Importantes**

Los consejos descritos a continuación son de mucha importancia para que una unidad depuradora funcione correctamente:

- Toda la planta de tratamiento de aguas residuales recién construidas, debe ser sometida no solo a pruebas no solo de carácter constructivo, como pruebas de impermeabilidad, sino que debe verificarse su funcionamiento hidráulico, considerando la cámara de rejillas, las diversas unidades que la integran (por ejemplo: cámara séptica y laguna de estabilización) y su descarga.
- Las plantas de tratamiento deben encontrarse convenientemente cerradas, de manera de evitar el ingreso de personas no autorizadas o animales. Es recomendable arborizar el perímetro de la planta para proteger las condiciones sanitarias del área.
- Si la planta de tratamiento no es operada y mantenida correctamente, se generara un gran daño a la salud de los habitantes y las poblaciones adyacentes.
- Si la planta es abandonada por uso terminal, deberá ser cerrada y rellenada con piedra y tierra.
- Todo sistema de alcantarillado debe cumplir con requisitos de protección al medio ambiente, previstos en los Estudios de Evaluación de Impactos Ambientales (Ministerio de Agua Bolivia, 2007).

## 2.5. Marco Legal del Proyecto

Todo proyecto de desarrollo debe regirse en base a la normativa tal como lo expresa la Constitución de la República Ecuatoriana; como se cita en el Título II-derechos, capítulo segundo, Sección segunda-Ambiente sano **Art. 14 y Art. 15** 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, declarando de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. Además el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Por otra parte para este tipo de proyectos en el Título VI: Régimen de Desarrollo, Capítulo primero - Principios generales, el **Art. 276** establece al régimen de desarrollo como objetivo Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural. En base a esto en el Título VII – régimen del buen vivir, **Art. 411** el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

De igual importancia se presenta Ley De Prevención Y Control De La Contaminación Ambiental, donde el **Art. 6** establece que queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades. Todo en bases al Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente (**TULS-MA- Recurso agua-Libro VI-Anexo 1**), con los literales: **4.1.4** Criterios de calidad de aguas

de uso agrícola o de riego, **4.2.3** Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina.

Finalmente todo proyecto debe regirse tomando en cuenta los objetivos del Plan Nacional para el Buen Vivir (2013-2017), para plantas de tratamiento de aguas residuales se rige el **Objetivo 7:** para Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global. Guiándose por la **Política 7.6.** Gestionar de manera sustentable y participativa el patrimonio hídrico, con enfoque de cuencas y caudales ecológicos para asegurar el derecho humano al agua; y **Política 7.6 g** Establecer un registro de descargas de aguas residuales por sectores, en afluentes, para regular, controlar y sancionar la contaminación del recurso hídrico, así como desarrollar acciones específicas para su tratamiento y reposición de agua de calidad.

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de evaluación ha sido estructurada para determinar cualitativamente y cuantitativamente el funcionamiento de las plantas de tratamiento; el objetivo de la investigación es determinar la eficiencia de las 4 unidades depuradoras del cantón San Miguel de Urququí.

#### 3.1. Materiales

El listado de materiales utilizados se detalla clasificado por fase campo y fase de laboratorio, el detalle se presenta en el siguiente cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Materiales

FASE DE CAMPO	
<b>Materiales de Protección Personal:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mascarilla</li><li>• Guantes de caucho y quirúrgicos</li><li>• Botas de caucho</li><li>• Jabón, gel antiséptico</li></ul>	<b>Materiales Generales:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Frascos</li><li>• Etiquetas</li><li>• Cooler</li><li>• Libretas de campo</li><li>• Fundas</li></ul>
FASE DE LABORATORIO	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Imagen Quickbird de las parroquias Urququí, Cahuasqui y Pablo Arenas</li></ul>	

Elaboración El Autor, 2014

#### 3.2. Equipos

En el siguiente cuadro se indican los equipos utilizados en las diferentes fases del proyecto.

Cuadro 3.2 Equipos

FASE DE CAMPO	FASE DE LABORATORIO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara fotográfica</li> <li>• GPS Garmin navegador</li> <li>• Calculadora</li> <li>• Vehículo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scanner</li> <li>• Software ArcGIS 10.0</li> </ul>

Elaboración: El Autor, 2014

### 3.3. Infraestructura

El cuadro 3.1 detalla la ubicación en las parroquias de las plantas de tratamiento de agua residual del cantón San Miguel de Urcuquí en coordenadas UTM WGS 84 zona 17 sur.

Cuadro 3.3 Ubicación del área de estudio, (UTM WGS 84 zona 17 sur)

PUNTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
1	810872	10056362	Planta de tratamiento de agua residual Cahuasqui
2	812593	10043903	Planta de tratamiento de agua residual Urcuquí
3	811928	10054684	Laguna de oxidación San José Pablo Arenas
4	809617	10047929	Fosa séptica Azaya

Elaboración: El Autor, 2014

### 3.4. Descripción del Área De Estudio.

Los datos para la caracterización de la zona de estudio se recopilaron de información secundaria obtenida del INEC, (2010) y por parte de la Unidad de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Urcuquí Proyecto SIG Tierras (2010). Mientras tanto la ubicación se obtuvo mediante el levantamiento de coordenadas utilizando GPS navegador, esta información se editó utilizando imagen satelital y el programa ArcGis 10.0 cartografiando el mapa de ubicación y mapa base. La figura 3.1 muestra la ubicación de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual en las parroquias Urcuquí,



### 3.5. Selección de los Parámetros a Analizar

La selección de parámetros depende del destino de las aguas tratadas y las exigencias de la normativa legal de acuerdo al (TULS-MA Recurso agua-Libro VI-Anexo 1), teniendo en cuenta que estas aguas se utilizaran en cultivos o descargas que van hacia cuerpos de agua dulce. En el cuadro 3.4 se indican los parámetros que se analizaron y los métodos oficiales.

Cuadro 3.4 Parámetros analizados

PARÁMETRO	VARIABLES	UNIDADES	METODOLOGÍA
FÍSICO	Densidad	mg/l	Gravimétrico
	Conductividad Eléctrica	us/cm	Conductimétrico
	Turbidez	NTU	Nefelométrico
QUÍMICO	Ph	-	Potenciométrico
	Sólidos totales	mg/l	Gravimétrico
	Fosfatos	mg/l	Fotométrico
	Nitratos	mg/l	Fotométrico
	Nitritos	mg/l	Fotométrico
	Amonio	mg/l	Fotométrico
	Sulfatos	mg/l	Fotométrico
BIOLÓGICO	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/l	Cuantificación respirométrica
	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	Oxidación Química
MICROBIOLÓGICO	Coliformes totales	NMP/100ml	-----
	E Coli	NMP/100ml	-----

Fuente: Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad Católica, 2014

- **Metodología de Recolección de Muestras**

En el muestreo se recolectó una porción de agua representativa al material original, cuidando la manipulación de la muestra de forma tal que no se produzcan cambios significativos hasta su análisis (Andreu, 2002) . Para el análisis del agua residual se tomó un litro de volumen siguiendo los requerimientos de manejo, almacenamiento y preservación (Cárdenas, 2005). La frecuencia de los muestreos se realizó en dos fases.

- **Fase Preliminar – Muestra Puntual**

La muestra puntual, representa un punto de muestreo en un momento determinado y son tomadas para su análisis individual. Es adecuada para representar cuerpos de agua con una composición estable en el tiempo, y para cuando es requerido representar un pico máximo o mínimo de la composición o de un indicador de calidad de agua (Delgadillo, 2010).

- **Fase Complementaria – Muestra Compuesta**

La muestra compuesta resulta de la mezcla de muestras puntuales recogidas en un mismo punto a lo largo de un periodo, de gran utilidad para evaluar la capacidad promedio de aguas cuya composición varía en el tiempo, y por ende determinar la eficiencia de la PTAR (Cárdenas, 2005).

Tomando un periodo de 30 minutos desde las 9: 00 am hasta las 12: 00 pm en cada planta de tratamiento, es decir; a la entrada, después del tanque sedimentador y a la salida en el caso de la planta de URCUQUÍ y Cahuasqui, para el caso de Pablo Arenas y Azaya se realizó a la entrada y salida. Dicho esto para garantizar una confiabilidad al momento de la toma de muestras es importante que la contribución de cada muestra sea proporcional al caudal registrado al momento de su recolección, considerando la siguiente formula.

$$V_m = \frac{(Qt \times V_t)}{Q_{mxNm}} \quad (2) \text{ (Bruno Calvay, 2014)}$$

Dónde:

$V_m$  = Volumen de muestra que se toma (alícuota)

$Q_t$  = Caudal en el momento que se toma la muestra

$V_t$  = Volumen final de la muestra compuesta

$Q_m$  = Caudal promedio

$N_m$  = número de muestras que se tomaron para considerar la muestra compuesta

A continuación el cuadro 3.5 detalla el plan de muestreo realizado en las unidades depuradoras Cahuasqui y Urcuquí, en las cuales se realizó el muestreo de acuerdo a la metodología descrita por el laboratorio encargado de realizar los análisis físicos químicos y bacteriológicos, después de las indicaciones se procedió con el plan de muestreo.

Cuadro 3.5 Horario del primer muestreo

UNIDAD DEPURADORA	LOCALIZACIÓN DEL MUESTREO	LUGAR MUESTREO	FECHA	HORA	MUESTRA PUNTUAL	MUESTRA COMPUESTA
Planta de tratamiento de agua residual Cahuasqui	X: 810872 Y: 10056362	Captación del afluente	21/04/2014	10:00am	1	1
				10:30am	1	
				11:00am	1	
				11:30am	1	
		Descarga efluente		12:00pm	1	1
				12:30pm	1	
				13:00pm	1	
				13:30pm	1	
Planta de tratamiento de agua residual las marías Urcuquí	X: 812593 Y: 10043903	Captación del afluente	14/04/2014	10:00am	1	1
				10:30am	1	
				11:00am	1	
				11:30am	1	
		Descarga efluente		12:00pm	1	1
				12:30pm	1	
				13:00pm	1	
				13:30pm	1	

Elaboración: El Autor, 2014

A continuación el cuadro 3.6 detalla el plan de muestreo realizado en las unidades depuradoras Laguna de Oxidación Pablo Arenas y Fosa Séptica Azaya, se procedió de acuerdo a la metodología indicada por el laboratorio y al cronograma propuesto.

Cuadro 3.6 Horario del segundo muestreo

UNIDAD DEPURADORA	LOCALIZACIÓN DEL MUESTREO	LUGAR MUESTREO	FECHA	HORA	MUESTRA PUNTUAL	MUESTRA COMPUESTA
Laguna de oxidación Pablo Arenas	X: 811928 Y: 10054684	Captación del afluente	22/04/2014	10:00am	1	1
				10:30am	1	
				11:00am	1	
				11:30am	1	
		Descarga efluente		12:00pm	1	1
				12:30pm	1	
				13:00pm	1	
				13:30pm	1	
Fosa séptica azaya	X: 809617 Y: 10047929	Captación del afluente	15/04/2014	09:00am	1	1
				09:30am	1	
				10:00am	1	
				10:30am	1	
		Descarga efluente		11:00pm	1	1
				11:30pm	1	
				12:00pm	1	
				12:30pm	1	

Elaboración: El Autor, 2014

- **Recolección de Agua Residual**

De acuerdo a la norma NTE INEN 2169 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte, las muestras que se van a utilizar en el análisis microbiológico, los recipientes, no deben llenarse completamente de modo que se deje un espacio de aire después de colocar la tapa. Esto permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental. En el proceso de recolección de agua residual hay que tomar en cuenta las

medidas de seguridad o previsiones que deben aplicar el personal para evitar contaminarse o enfermarse. (Delgadillo, 2010), indica que todas las partes en contacto con el líquido o gases, deben estar totalmente protegidas con material impermeable, por tal motivo al recolectar las muestras, utiliza guantes, botas de caucho, ropa de protección, mascarillas, gafas, entre otros. Es necesario contar con un botiquín de primeros auxilios acordes con los riesgos que implica el muestreo de aguas residuales.

- **Procedimiento de Etiquetado y Registro**

Para que el muestreo tenga éxito es imprescindible una buena identificación, conviene pegar tarjetas en cada frasco de muestreo con el mínimo de información necesaria, como se indica en la cuadro 3.7.

Cuadro 3.7 Modelo de etiqueta utilizado para la identificación de muestras

<b>EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MUESTREO PARA CONTROLAR Y VIGILAR LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN URCUQUÍ</b>			
			
			
<b>GOBIERNO AUTONOMO DENTRALIZADO DE SAN MIGUEL DE URCUQUI</b>			
<b>FICHA TÉCNICA PUNTO DE TOMA</b>			
<b>CÓDIGO:</b>			
<b>MUESTRADO POR:</b>			
<b>FECHA:</b>			
<b>HORA:</b>			
<b>CAUDAL:</b>			
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>			
<b>LOCALIZACIÓN PUNTO DE MUESTREO</b>			
<b>DIRECCIÓN:</b>			
<b>PARROQUIA:</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ALTITUD</b>
<b>Dir. Calle Guzmán y Antonio Ante (esq.) Casilla 216 Telf.: (593) 62 939 211 / 212</b>			
<b>Telefax: (6) 2 939 125 E-mail: <a href="mailto:municipiourcuqui@andinanet.net">municipiourcuqui@andinanet.net</a></b>			

- **Cadena de Custodia**

El cuadro 3.8 detalla los procesos de muestreo, movilización, entrega y recepción de las muestras, cadena de custodia utilizada durante el monitoreo de agua residual.

Cuadro 3.8 Formulario de registro de muestras y cadena de custodia

FORMULARIO DE REGISTRO DE MUESTRAS Y CADENA DE CUSTODIA											
PROYECTO	CRITERIOS DE OPTIMIZACION EN LA OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CANTON SAN MIGUEL DE URCUQUI, PROVINCIA DE IMBABURA										
MUESTREADO POR:							FIRMA				
Muestra N°	IDENTIFICACION	VOLUMEN	TIPO DE MUESTRA					ANALISIS REQUERIDO			
			AGUA	SUELO	LODO	SIMPLE	COMPUESTA	FISICO-QUIMICO	BIOLOGICOS	OTROS	
	NOMBRE	INSTITUCION	FIRMA	HORA	MUESTRA INTACTA			SI	NO		
ENTREGADO POR:					RECIPIENTE ADECUADO						
					TIEMPO ADECUADO DE ENTREGA						
RECIBIDO POR:					CONSERVACION DE MUESTRAS	FRIO					
						AMBIENTE					

Elaboración: El Autor, 2014

### 3.6. Funcionamiento actual de los Sistemas de Tratamiento

Las características de los Sistemas de Tratamiento de Agua Residual del Cantón San Miguel de Urcuquí. Mientras tanto para detallar las condiciones de las plantas, al inicio de la investigación fueron realizadas inspecciones *in situ* de los procesos de tratamiento y su interacción con el lodo y agua residual, tomando en cuenta el control realizado, la

presencia de malos olores y proliferación de mosquitos. Identificados los problemas se procedió a la rehabilitación de todas las instalaciones, incluyendo áreas verdes y exteriores.

### **3.6.1. Fosa Séptica Azaya**

La unidad depuradora presenta un tanque pequeño en la entrada del caudal, un tanque sedimentador que permite la retención de espumas, grasas, y sedimentación de la materia orgánica y un tanque anaeróbico, fabricada de hormigón armado con 15 años de vida útil. El tanque cuenta con dos tapas de revisión que permiten verificar la reacción anaerobia que es evidente por la formación de burbujas; sin embargo el actual estado no permite la libre circulación del agua en el interior del tanque, ni el correcto funcionamiento del mismo por lo que el agua presenta un aspecto cloacal y se encuentran colapsando debido al rebosamiento del agua hacia la superficie del tanque, el difícil acceso a la misma no permite un control y mantenimiento continuo (Ver figura 3.2).



Figura 3.2 Fotografía de la fosa séptica Azaya

### 3.6.2. Laguna de Oxidación Pablo Arenas

Este sistema no cuenta con un tratamiento primario el cual consiste en un grupo de trampas que atrapan y separan los elementos sólidos, el agua y sus residuos pasan directamente a la laguna donde permanece en contacto con el entorno, principalmente el aire, experimentando un proceso de oxidación y sedimentación, transformándose así la materia orgánica en otros tipos de nutrientes que pasan a formar parte de una comunidad diversa de plantas y ecosistemas bacterianos acuáticos, por la falta de mantenimiento es evidente que la carga orgánica es tan grande que predomina la fermentación sin oxígeno, producen gases malolientes las plantas acuáticas invasoras y los vectores (por ejemplo los zancudos o mosquitos). La acumulación de sedimento se presenta como un problema en la laguna de oxidación que ha sido bien diseñada y operada por lo que muy raramente o nunca se necesita dragar estos ecosistemas (Ver figura 3.3).



Figura 3.3 Fotografía de la laguna de oxidación Pablo Arenas

### 3.6.3. Planta de Tratamiento de Agua Residual Cahuasqui

Su funcionamiento depende primordialmente de su capacidad receptora y de las unidades de tratamiento que posee. Es necesario que la estación depuradora de aguas residuales cuente con estructuras de tratamiento preliminar de llegada, la planta de tratamiento Cahuasqui presenta las rejillas y las trampas de grasa colapsadas, la cámara séptica la cual consta de tres tanques sedimentadores se encuentran llenos de lodos y espumas y el humedal artificial se encuentra lleno de vegetación que no tiene nada que ver con la depuración de aguas residuales, es evidente la falta de mantenimiento (Ver figura 3.4).



Figura 3.4 Fotografía de la planta de tratamiento de agua residual Cahuasqui

### 3.6.4. Planta de Tratamiento de Agua Residual Urcuquí

Su funcionamiento depende primordialmente de su capacidad receptora y de las unidades de tratamiento que posee. Es necesario que la estación depuradora de aguas residuales cuente con estructuras de tratamiento preliminar de llegada, la planta de tratamiento de Urcuquí tiene el canal repartidor de caudales y el desarenador totalmente colapsados, las rejillas se encuentran llenas de basura igual que las trampas de grasa, los tanques sedimentadores están llenos, el agua pasa al humedal artificial sin tratamiento alguno (Ver figura 3.5).



Figura 3.5 Fotografía de la planta de tratamiento de agua residual Las Marías Urcuquí

### **3.7. Determinación de Criterios para Optimización**

Para recomendar criterios de optimización operativa de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) fueron analizados varios aspectos técnicos referentes al funcionamiento, aprovechamiento y mantenimiento de los elementos integrantes de los elementos integrantes del pretratamiento, tratamiento primario y secundario, fueron analizados los resultados del monitoreo de agua residual para identificar el tipo de agua que se está tratando:

#### **a). Pretratamiento.**

Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejas, tamices, desarenadores y desengrasadores.

#### **b). Tratamiento primario o tratamiento físico-químico.**

Busca reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química.

#### **c). Tratamiento secundario o tratamiento biológico**

Se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final.

#### **d). Tratamiento terciario, de carácter físico-químico o biológico:**

Desde el punto de vista conceptual no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características. Si se emplea

intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización (reciclaje de efluentes).

#### **d). Seguridad industrial y riesgo ocupacional**

Mediante información secundaria recopilada por distintos autores y tomando en cuenta la experiencia al realizar la investigación al estar en exposición directa a los factores infecciosos que pueden ocasionar durante el trabajo directo, seleccionando todas las normas que deben registrarse para cuidar las buenas prácticas de Seguridad Industrial y Riesgo Ocupacional en las tareas asociadas en el manejo de plantas de tratamiento; determinando un conjunto de recomendaciones destinadas a controlar el riesgo de exposición.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Este capítulo pone en consideración los resultados del diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Cantón San Miguel de Urucuquí, que engloba la determinación en eficiencia de los sistemas de tratamiento, caudales, capacidad depuradora, control de calidad, límites permisibles según parámetros permisibles de acuerdo al Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente (**TULS-MA-Recurso agua-Libro VI-Anexo 1**), y medidas de seguridad industrial. Las plantas de tratamiento fueron diseñadas para cumplir un tiempo de vida útil de 20 años, tomando en cuenta la población al momento de la construcción.

#### **4.1. Características del Área de Estudio**

El presente estudio se realizó en las Parroquias ubicadas en el Cantón San Miguel de Urucuquí, (Ver figura 4.1), en diferentes tipos de sistemas de depuración existentes, Planta de Tratamiento de Agua Residual Las Marías, Planta de Tratamiento de Agua Residual Cahuasqui, Laguna de Oxidación San José y Fosa Séptica Azaya, provincia de Imbabura; las cuales reciben el agua residual proveniente de las parroquias y comunidades, el agua tratada es utilizada primordialmente como agua de riego. En base a datos del INEC, (2010) el Cantón tiene una población aproximada de 17.301 habitantes con un índice de crecimiento de 1.2%, presenta una topografía irregular, con una precipitación anual de 250-500 mm y una temperatura media de 14 - 22 °C, con un déficit hídrico establecido en un rango entre 200-400mm (PDOT, 2010 - 2031).



Figura 4.1 Ubicación geográfica del cantón y las parroquias  
Elaboración: El Autor, 2015

## 4.2. Condiciones de las Plantas de Tratamiento

A continuación el cuadro 4.1 describe las características de los Sistemas de Tratamiento de Cahuasqui y Urcuquí, al inicio de la investigación fueron realizadas inspecciones *in situ* de los procesos de tratamiento.

Cuadro 4.1 Matriz de funcionamiento actual de las plantas de tratamiento de Cahuasqui y Urcuquí

UNIDAD DEPURADORA	TRATAMIENTOS	LUGAR	ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	IMAGENES
Planta de tratamiento de agua residual Cahuasquí	<p><b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b> (Rejillas, Trampa de grasas)</p> <p><b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b> (3 tanques sementadores)</p> <p><b>TRATAMIENTO Terciario</b> (Humedal artificial Wetland)</p>	CAHUASQUI	<p>En el tratamiento primario las rejillas y la fosa trampa grasas están totalmente colapsadas, en el tratamiento secundario los 3 tanques sedimentadores se encuentran colapsados por lodo residual, el tratamiento terciario que es un humedal artificial (wetland) está incompleto no se ha terminado el diseño.</p>	
Planta de tratamiento de agua residual las Marías Urcuquí	<p><b>TANQUE REPARTIDOR DE CAUDALES</b></p> <p><b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b> (Rejillas, Trampa de grasas)</p> <p><b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b> (3 tanques sementadores)</p> <p><b>TRATAMIENTO Terciario</b> (Humedal artificial Wetland)</p>	URCUQUÍ	<p>Esta planta tiene un tratamiento preliminar que es una caja repartidora de caudales, en el tratamiento primario las rejillas y la fosa trampa grasas están totalmente colapsadas, en el tratamiento secundario los 3 tanques sedimentadores se encuentran colapsados por lodo residual, el tratamiento terciario que es un humedal artificial (wetland) está incompleto no se ha terminado el diseño.</p>	

Elaboración: El Autor, 2014

El cuadro 4.2 describe las características de los Sistemas de Tratamiento de Pablo Arenas y Azaya, en la investigación se realizaron inspecciones *in situ* de los procesos de tratamiento para ver cómo funcionaban los sistemas en estudio.

Cuadro 4.2 Matriz de funcionamiento actual de las plantas de tratamiento de Pablo Arenas y Azaya

UNIDAD DEPURADORA	TRATAMIENTOS	LUGAR	ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	IMAGENES
Laguna de oxidación Pablo Arenas	<p><b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b> (Rejillas, Trampa de grasas)</p> <p><b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b> (3 tanques sementadores)</p> <p><b>TRATAMIENTO Terciario</b> (Humedal artificial Wetland)</p>	PABLO ARENAS	Esta laguna de estabilización y oxidación está totalmente colapsada, el agua y sus residuos pasan directamente a la laguna donde permanecen en contacto con el entorno, principalmente el aire, experimentando un proceso de oxidación y sedimentación.	
Fosa séptica Azaya	<p><b>TANQUE REPARTIDOR DE CAUDALES</b></p> <p><b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b> (Rejillas, Trampa de grasas)</p> <p><b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b> (3 tanques sementadores)</p> <p><b>TRATAMIENTO Terciario</b> (Humedal artificial Wetland)</p>	URCUQUÍ	La unidad depuradora presenta un tanque pequeño en la entrada del caudal, un tanque sedimentador y un tanque anaeróbico, fabricada de hormigón armado con 15 años de vida útil.	

Elaboración: El Autor, 2014

El cuadro 4.3 detalla el número de personas que tiene cada parroquia, de acuerdo al INEC (2010).

Cuadro 4.3 Tratamiento primario del sistema de depuración de la PTAR Urcuquí

Parroquia	Número de personas	Caudal	Tiempo retención	Sedimentador				
		Diseño		Volumen	Altura	Área	Ancho	Lago
		l/seg	(horas)	m <sup>3</sup>	m	m <sup>2</sup>	m	M
Azaya	340	1,41	2	10,13	2,5	4,82	2,45	2,75
Urcuquí	3700	8,65	1,3	20,25	2,5	9,64	2,45	3,94
Cahuasqui	1200	5,83	1,3	13,65	2,5	6,5	2,45	2,75

Fuente: Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad Católica, 2014

### 4.3. Rehabilitación de los Sistemas de Tratamiento

Con la participación de operarios del Municipio de Urcuquí se trabajó en la rehabilitación de las plantas. Las actividades realizadas fueron:

- Limpieza de rejillas, caja de captación del afluente y brazos distribuidores del caudal.
- Mantenimiento del tanque sedimentador, mediante bombeo extrayendo los lodos acumulados y mediante agua a presión se lavó las estructuras internas.
- Limpieza de los lechos de secado.
- Limpieza general exterior de los sistemas de tratamiento, obras civiles y espacios verdes.

#### 4.4. Diagnóstico Actual de la Calidad de Agua

El monitoreo del agua residual permitió evaluar el funcionamiento, y detectar las causas del proceso de tratamiento que garanticen el cumplimiento o no de los objetivos propuestos en cuanto a la calidad de agua y sus límites permisibles.

Siguiendo la metodología indicada, el plan de muestreo compuesto, en cada fase de tratamiento; aplicando la ecuación para la toma de volumen, cuyos datos concluyeron que no existe mayor dispersión entre los valores obtenidos del caudal con el volumen de cada alícuota; esto permitió obtener una muestra representativa a la real garantizando la confiabilidad del muestreo.

Los resultados de estos análisis, demuestran que el proceso depurador efectuado en cada sistema de tratamiento esta deficiente en ciertos parámetros, pero para la optimización no disminuye la concentración de contaminantes especialmente en DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos y nutrientes, estos parámetros no cumplen con los límites permisibles de descarga para riego agrícola y hacia fuentes de agua dulce.

- **Muestreo de las plantas de tratamiento Cahuasqui y Urcuqui**

Los resultados del cuadro 4.4 de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Cahuasqui, presentan una remoción baja en (DQO), como se observa en la relación de las medidas de la entrada y salida, la (DBO<sub>5</sub>), presenta una remoción 3 veces mayor que la Demanda Química de Oxígeno, situación que indica que esta agua contiene sustancias inorgánicas tóxicas, razón por la cual tenemos valores altos de (DQO), Cuanto mayor es la DQO más contaminante es el agua. La relación  $(DBO_5/DQO) = \frac{590}{935} = 0,5$ , cuando es  $>0,5$  entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza urbana, o clasificables como urbanos y tanto más biodegradables, conforme esa relación sea mayor, estas aguas residuales, pueden ser tratadas mediante tratamientos biológicos.

El caudal de la PTAR Cahuasqui fue de 5,83 l/s al momento del muestreo, según el diseño del consultor esta unidad depuradora es ideal para soportar este caudal, al momento que el agua ingresa al tanque sedimentador se pudo observar que estos tanques se encontraban colapsados, el tiempo o periodo de retención es muy corto, no

hay remoción de materia orgánica y el agua prácticamente pase y sale sin tratamiento alguno.

Cuadro 4.4 Análisis físicos, químicos y biológicos primer muestreo

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CAHUASQUI					
FECHA DE MUESTREO : 14 de Abril de 2014			UBICACIÓN: URCUQUI		
Parámetros Físicos	Unidad	Entrada	Salida	Límite Máximo Permisible	Criterio de resultados
Conductividad eléctrica	us/cm	406	476	2000	Cumple
Sólidos Totales	mg/l	785	345	1600	Cumple
Parámetros Químicos					
pH		7,68	7,17	5 a 9	Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	935	691	250	No cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	590	135	100	No cumple
N - Nitratos (NO <sub>3</sub> -)	mg/l	0,26	0,07	10	Cumple
N - Nitritos (NO <sub>2</sub> -)	mg/l	0,2	0,39	10	Cumple
Parámetros Microbiológicos					
Recuento de Coliformes totales	NPM/100 ml	MNPC	MNPC	1000	No cumple
Recuento de Coliformes fecales	NPM/100 ml	MNPC	MNPC	99,9%	No cumple

**Fuente:** Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad Católica, 2014

$$\text{Demanda Química de Oxígeno } DQO = \frac{935}{691} = 1,353 \quad \text{Demanda Bioquímica de Oxígeno } DBO_5 = \frac{590}{135} = 4,370$$

Los resultados del cuadro 4.5 de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Las Marías Urcuquí, presenta una remoción baja en (DQO), como se observa en la relación de las medidas de la entrada y salida, la (DBO<sub>5</sub>), presenta una remoción similar que la Demanda Química de Oxígeno, situación que indica que esta agua contiene sustancias inorgánicas tóxicas, razón por la cual tenemos valores altos de (DQO), Cuanto mayor es la DQO más contaminante es el agua. La relación  $(DBO_5/DQO) = \frac{700}{1247} = 0,56$ , cuando es  $>0,5$  entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza urbana, o clasificables como urbanos y tanto más biodegradables, conforme esa relación sea mayor, estas aguas residuales, pueden ser tratadas mediante tratamientos biológicos.

El caudal de la PTAR Las Marías de Urcuquí fue de 8,65 l/s al momento del muestreo, según el diseño del consultor esta unidad depuradora es ideal para soportar este caudal, al momento que el agua ingresa al tanque sedimentador se pudo observar que estos tanques se encontraban colapsados, el tiempo o periodo de retención es muy corto, no

hay remoción de materia orgánica y el agua prácticamente pase y sale sin tratamiento alguno.

Cuadro 4.5 Análisis físicos, químicos y microbiológicos primer muestreo

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE URCUQUI					
FECHA DE MUESTREO : 14 de Abril de 2014			UBICACIÓN: URCUQUI		
Parámetros Físicos	Unidad	Entrada	Salida	Límite Máximo Permisible	Criterio de resultados
Conductividad eléctrica	us/cm	492	570	2000	Cumple
Sólidos Totales	mg/l	1020	320,0	1600	Cumple
Parámetros Químicos					
pH		7,42	7,65	5 a 9	Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	1247	912	250	No cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	700	480	100	No cumple
N - Nitratos (NO3)-	mg/l	0,67	0,84	10	Cumple
N - Nitritos (NO2)-	mg/l	0,2	0,24	10	Cumple
Parámetros Microbiológicos					
Recuento de Coliformes totales	NPM/100 ml	MNPC	MNPC	1000	No cumple
Recuento de Coliformes fecales	NPM/100 ml	MNPC	MNPC	99,9%	No cumple

**Fuente:** Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad Católica, 2014

$$\text{Demanda Química de Oxígeno } DQO = \frac{1247}{912} = 1,36 \quad \text{Demanda Bioquímica de Oxígeno } DBO = \frac{700}{480} = 1.458$$

- **Muestreo de la fosa séptica Azaya y la laguna de oxidación Pablo Arenas**

El cuadro 4.6 detalla los resultados del segundo muestreo, cuyos valores demuestran que la tecnología existente no mantiene controlada la depuración del agua residual.

Los resultados del cuadro 4.6 de la Fosa Séptica Azaya, presentan una remoción más elevada en (DQO) y (DBO5), que las demás unidades depuradoras, como se observa en la relación de las medidas de la entrada y salida, los resultados al igual que las demás unidades depuradoras indican que esta agua contiene sustancias inorgánicas tóxicas, razón por la cual tenemos valores altos de (DQO), Cuanto mayor es la DQO más contaminante es el agua. La relación  $(DBO_5/DQO) = \frac{970}{1529} = 0,6$ , cuando es  $>0,5$  entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza urbana, o clasificables como urbanos y tanto más biodegradables, conforme esa relación sea mayor, estas aguas residuales, pueden ser tratadas mediante tratamientos biológicos.

El caudal de la Fosa Séptica Azaya fue de 1,43 l/s al momento del muestreo, según el diseño del consultor esta unidad depuradora es ideal para soportar este caudal, al momento que el agua ingresa al tanque sedimentador se observó que estos tanques no estaban colapsados, el tiempo o periodo de retención es mayor al de los demás sistemas de depuración, existe remoción de materia orgánica, pese a que los valores no cumplen con lo permisibles.

Cuadro 4.6 Análisis físicos, químicos y biológicos segundo muestreo

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL DE LA FOSA SEPTICA AZAYA					
FECHA DE MUESTREO : 14 de Abril de 2014			UBICACIÓN: URCUQUI		
Parámetros Físicos	Unidad	Entrada	Salida	Límite Máximo Permisible	Criterio de resultados
Conductividad eléctrica	us/cm	526	506	2000	Cumple
Sólidos Totales	mg/l	635	390	1600	Cumple
<b>Parámetros Químicos</b>					
pH		8,68	7,43	5 a 9	Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	1529	475	250	No cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	970	210	100	No cumple
N - Nitratos (NO3)-	mg/l	0,53	0,07	10	Cumple
N - Nitritos (NO2)-	mg/l	0,36	0,04	10	Cumple
<b>Parámetros Microbiológicos</b>					
Recuento de Coliformes totales	NPM/100 ml	MNPC	MNPC	1000	No cumple
Recuento de Coliformes fecales	NPM/100 ml	MNPC	MNPC	99,9%	No cumple

**Fuente:** Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad Católica, 2014

$$\text{Demanda Química de Oxígeno } DQO = \frac{1529}{475} = 3,218 \quad \text{Demanda Bioquímica de Oxígeno } DBO = \frac{970}{210} = 4,619$$

Los resultados del cuadro 4.7 de la Laguna de oxidación San José de Pablo Arenas, presentan una remoción baja en (DQO), como se observa en la relación de las medidas de la entrada y salida, la (DBO<sub>5</sub>), presenta una remoción similar que la Demanda Química de Oxígeno, situación que indica que esta agua contiene sustancias inorgánicas tóxicas, razón por la cual tenemos valores altos de (DQO), Cuanto mayor es la DQO más contaminante es el agua. La relación  $(DBO_5/DQO) = \frac{189}{612} = 0,3$ , cuando es <0,3 pueden existir constituyentes tóxicos y se requieren microorganismos aclimatados para la estabilización.

El caudal de la Laguna de oxidación San José de Pablo Arenas fue de 2,62 l/s al momento del muestreo, este sistema es totalmente diferente al de los demás ya que se

encuentra en contacto con el entorno, experimenta un proceso de oxidación y sedimentación, transformándose así la materia orgánica en otros tipos de nutrientes que pasan a formar parte de una comunidad diversa de plantas y ecosistemas bacterianos acuáticos, es evidente que la carga orgánica es tan grande que predomina la fermentación sin oxígeno.

Cuadro 4.7 Análisis físicos, químicos y biológicos segundo muestreo

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA DE OXIDACION PABLO ARENAS					
FECHA DE MUESTREO : 14 de Abril de 2014			UBICACIÓN: URCUQUI		
Parámetros Físicos	Unidad	Entrada	Salida	Límite Máximo Permisible	Criterio de resultados
Conductividad Eléctrica	us/cm	424	498	2000	Cumple
Sólidos Totales	mg/l	535	480	1600	Cumple
Parámetros Químicos					
pH		7,42	7,23	5 a 9	Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	612	534	250	No cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	189	145	100	No cumple
N - Nitratos (NO3)-	mg/l	4	4	10	Cumple
N - Nitritos (NO2)-	mg/l	0,15	0,09	10	Cumple
Parámetros Microbiológicos					
Recuento de Coliformes totales	NPM/100 ml	MNPC	MNPC	1000	No cumple
Recuento de Coliformes fecales	NPM/100 ml	MNPC	MNPC	99,9%	No cumple

**Fuente:** Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad Católica, 2014

$$\text{Demanda Química de Oxígeno } DQO = \frac{612}{534} = 1,146 \quad \text{Demanda Bioquímica de Oxígeno } DBO = \frac{189}{145} = 1,303$$

#### 4.5. Análisis del Comportamiento, Remoción y Límites de Permisibilidad del Agua Tratada

En base a los resultados de los análisis de agua realizados en los muestreos compuestos antes mencionados fue realizada la interpretación de los parámetros como se detalla a continuación.

El comportamiento de cada parámetro analizado fue en base a la capacidad de remoción que sufrieron dichos contaminantes respecto a su concentración como afluente y efluente durante el transcurso hacia cada sistema dentro del proceso de tratamiento y a la vez ver si cumplen con los límites permisibles de descarga que exige el TULSMA en Ecuador.

##### 4.5.2. Parámetros Físicos

Son características que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua (Arellano Díaz & Guzmán Pantoja, 2011).

- **Conductividad eléctrica**

El cuadro 4.8 muestra que los valores de conductividad o sales disueltas en los muestreos son similares en cada planta de tratamiento, el valor más alto es 570 us/cm, y el más bajo es 406 us/mc, observándose un nivel bajo de remoción de conductividad; los valores de los resultados cumplen con los límites permisibles para ser descargadas en efluentes dulceacuícolas, pero para la flora y fauna debería tener niveles mucho más bajos. En base a estos resultados los sistemas de tratamiento primario y secundario no degradan los iones presentes en el agua.

Cuadro 4.8 Comportamiento de conductividad eléctrica (mg/l)

<b>Conductividad eléctrica</b>			
Unidades Depuradoras	Entrada	Salida	Límite Máximo Permisible
PTAR Cahuasqui	406	476	2000
PTAR Urcuquí	492	570	2000
Fosa Séptica Azaya	526	506	2000
Laguna de Oxidación Pablo Arenas	424	498	2000

Elaborado por: El Autor 2014

- **Sólidos totales**

El Cuadro 4.9 presenta los valores de concentración en sólidos totales y los resultados de los muestreos en cada fase de tratamiento, el valor más alto es 1020 mg/l representando una concentración alta de la captación, después del tratamiento baja a 320 mg/l siendo un nivel medio de depuración. En base a los resultados, la eliminación de sólidos totales en el tratamiento primario y secundario alcanza un nivel bajo de degradación; y al no tener un tratamiento terciario no existe mayor degradación de los sólidos totales. Esto determina que los sólidos totales no pueden ser separados fácilmente del agua por procesos de sedimentación y filtrado en estos sistemas, en los humedales no existe lechuguines (*Eichhornia crassipes*) que por adsorción y absorción disminuirían la concentración de sólidos totales.

Cuadro 4.9 Comportamiento de solidos totales (mg/l)

<b>Sólidos totales</b>			
<b>Unidades Depuradoras</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	<b>Límite Máximo Permisible</b>
PTAR Cahuasqui	785	345	1600
PTAR Urcuquí	1020	320	1600
Fosa Séptica Azaya	635	390	1600
Laguna de Oxidación Pablo Arenas	535	480	1600

Elaborado por: El Autor 2014

#### 4.5.3. Parámetros Químicos

Son parámetros relacionados con la capacidad del agua para disolver, las concentraciones en el agua, que se deben a la presencia e interacción de varias sustancias (Arellano Díaz & Guzmán Pantoja, 2011).

- **Potencial hidrógeno**

En el cuadro 4.10 se indica el comportamiento del pH, los niveles para los muestreos realizados no tienen cambios significativos durante cada fase de tratamiento, el afluente con pH 8,68 representa un valor neutro a básico; el efluente del tratamiento primario produce una disminución a pH 7.43; considerado un rango neutro ideal a ser descargado a fuentes de agua; por tal motivo los sistemas de tratamiento mantienen los niveles de pH a una escala de control óptimo, cumpliendo con los límites permisibles de descarga de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente **(TULS-MA-Recurso agua-Libro VI-Anexo 1)**.

Cuadro 4.10 Comportamiento captación del pH

pH
----

Unidades Depuradoras	Límite Máximo Permissible	Entrada	Salida	Límite Máximo Permissible
PTAR Cahuasqui	5	7,68	7,17	9
PTAR Urcuquí	5	7,42	7,65	9
Fosa Séptica Azaya	5	8,68	7,43	9
Laguna de Oxidación Pablo Arenas	5	7,42	7,23	9

Elaborado por: El Autor 2014

- **Demanda bioquímica de oxígeno**

El cuadro 4.11 indica que los valores de concentración en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) para los muestreos realizados, corresponden a un nivel alto de contaminación en todos los tratamientos, el sistema de tratamiento con el valor más alto es 970 ml/g que representa un valor de contaminación alto, los sistemas de depuración presenta valores altos de contaminación antes y después del tratamiento, la demanda bioquímica de oxígeno es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y residuales, esto determina que las condiciones de oxígeno dentro de los procesos de tratamiento residual no son óptimos para que las bacterias oxiden y estabilicen la materia orgánica biodegradable, que se utiliza conforme se consumen los desechos orgánicos por la acción de las bacterias en el agua, y no cumple con los parámetros permisibles de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (**TULS-MA-Recurso agua-Libro VI-Anexo 1**), los sistemas en estudio al no tener una capacidad depuradora, no degradan materia orgánica y por esta razón los sistemas tienen un funcionamiento deficiente.

Cuadro 4.11 Comportamiento de DBO<sub>5</sub> (mg/l)

Demanda bioquímica de oxígeno			
Unidades Depuradoras	Entrada	Salida	Límite Máximo Permissible

PTAR Cahuasqui	590	135	100
PTAR Urcuquí	700	480	100
Fosa Séptica Azaya	970	210	100
Laguna de Oxidación Pablo Arenas	189	145	100

Elaborado por: El Autor 2014

- **Demanda química de oxígeno**

El cuadro 4.12 muestra la concentración en Demanda Química de Oxígeno (DQO), para los muestreos los valores de contaminación permanecen altos antes y después del tratamiento, la demanda química de oxígeno (DQO), es utilizada para medir el grado de contaminación del agua, y corresponde a la cantidad de oxígeno requerida para oxidar completamente por medios químicos los compuestos orgánicos a dióxido de carbono y agua, el valor de 1529 mg/l es el más alto en la captación, y el valor de 474 mg/l es el más bajo en los sistemas analizados. Esto determina que los procesos dentro de las unidades de tratamiento residual no oxidan el total de la materia orgánica, dióxido de carbono y agua de manera óptima y no cumple con los parámetros permisibles de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (**TULS-MA-Recurso agua-Libro VI-Anexo 1**), la relación DBO<sub>5</sub>/DQO, se utiliza para controlar y operar la planta de tratamiento, en este caso es evidente que los sistemas no están funcionando de manera óptima por el alto grado de contaminación de estos dos parámetros.

Cuadro 4.12 Comportamiento de DQO (mg/l)

<b>Demanda química de oxígeno</b>			
<b>Unidades Depuradoras</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	<b>Límite Máximo Permisible</b>
PTAR Cahuasqui	935	691	250
PTAR Urcuquí	1247	912	250
Fosa Séptica Azaya	1529	475	250
Laguna de Oxidación Pablo Arenas	189	145	250

Elaborado por: El Autor 2014

- **Nitratos**

El cuadro 4.13 detalla que los valores de concentración para nitratos son bajos, y cumplen con los límites permisibles de acuerdo al Texto Unificado de Legislación

Secundaria del Ministerio del Ambiente (**TULS-MA-Recurso agua-Libro VI-Anexo 1**).

Cuadro 4.13 Comportamiento de nitratos (mg/l)

<b>Nitratos</b>			
<b>Unidades Depuradoras</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
PTAR Cahuasqui	0,26	0,07	10
PTAR Urcuquí	0,67	0,84	10
Fosa Séptica Azaya	0,53	0,07	10
Laguna de Oxidación Pablo Arenas	4	4	10

Elaborado por: El Autor 2014

- **Nitritos**

El cuadro 4.14 detalla que los valores de concentración para nitritos son bajos, y cumplen con los límites permisibles de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (**TULS-MA-Recurso agua-Libro VI-Anexo 1**).

Cuadro 4.14 Comportamiento de nitratos (mg/l) de nitratos (mg/l)

<b>Nitritos</b>			
<b>Unidades Depuradoras</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
PTAR Cahuasqui	0,2	0,39	10
PTAR Urcuquí	0,2	0,24	10
Fosa Séptica Azaya	0,36	0,04	10
Laguna de Oxidación Pablo Arenas	0,15	0,09	10

Elaborado por: El Autor 2014

#### **4.5.4. Parámetros Biológicos**

Los resultados microbiológicos se expresan en logaritmo, puesto que son valores muy altos y no se representan adecuadamente. Para los criterios de calidad se utilizaron los límites permisibles de aguas destinadas a aguas de riego.

- **E coli (ufc/100 ml)**

Los valores registrados en las Plantas de Tratamiento de Agua Residual del Cantón San Miguel de Urququí, indican que existe una cantidad que es muy numerosa para ser contado “MNPC”, por tal razón se entiende que estas aguas tienen un número muy grande de bacterias patógenas, este parámetro es un indicador de bacterias patógenas, de acuerdo a este valor se puede determinar un método adecuado de desinfección.

- **Coliformes totales (ufc/100 ml)**

Indica el número de microorganismos patógenos y no patógenos presentes en el agua, de acuerdo al análisis, se establece que existe una cantidad muy numerosa para ser contado “MNPC”, en todas las Plantas de Tratamiento de Agua Residual del Cantón San Miguel de Urququí.

Los resultados obtenidos y comparados con los límites permisibles de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (**TULS-MA-Recurso agua-Libro VI-Anexo 1**), describen que una vez que el agua residual doméstica ingresa a los sistemas de tratamiento biológico, los procesos depurativos que se ejecutan no son capaces de disminuir la concentración de contaminantes, y la calidad del agua residual no puede ser reutilizada para riego agrícola o ser descargada hacia otros afluentes, destacando que algunos datos se mantienen bajo el límite permisible, pero los parámetros más importantes sobrepasan los límites permisibles por esta razón los sistemas de depuración no están operando de manera óptima.

#### **4.6. Propuesta de Optimización para el Manejo y Operación de los Sistemas de Tratamiento de las Unidades Depuradoras del Cantón San Miguel de Urququí**

Los criterios de optimización de los Sistemas de Tratamientos de Agua Residual del Cantón Urququí, determinaron de acuerdo al diagnóstico actual de la infraestructura, procesos de manejo, mantenimiento e inspecciones, análisis físico-químicos y microbiológicos, implicarán el desarrollo de procesos de mejora para lograr el

funcionamiento óptimo de los Sistemas de Tratamiento, la investigación se basó en la ejecución de un programa de mantenimiento emergente de la planta en su conjunto, relacionado con el drenado y limpieza de lodos acumulados en el sedimentador y filtros, disposición de aguas, lodos y mantenimiento de los estanques, todo en función del diseño de la planta tomando en cuenta la proyección del incremento del caudal de agua residual a tratar en relación a la tasa de crecimiento poblacional, para mantener un normal funcionamiento.

#### **4.6.1. Mantenimiento Emergente de la Planta de Tratamiento**

Como se describió anteriormente, la falta de un adecuado mantenimiento y control ha provocado que las condiciones de los Sistemas de Tratamientos no operen eficientemente. Las principales normas a tomar en cuenta en el mantenimiento emergente de las plantas son: la identificación de los procesos básicos de operación y mantenimiento de cada uno de los componentes y la determinación de los requisitos de seguridad industrial e higiene que deben reunir las plantas de tratamiento contribuyendo así a mejorar la calidad del agua tratada, la protección de la población aledaña y protección del personal encargado. Por tal motivo para evitar posibles problemas de funcionamiento a futuro se ha determinado criterios de optimización para el mantenimiento.

En base a la metodología aplicada, el mantenimiento de todas las unidades de tratamiento inicia con la inspección para verificar que los procesos están con normalidad y en caso de ser necesario realizar la limpieza de las unidades que lo ameriten y de esta forma actuar rápidamente evitando problemas o riesgos sanitarios. Cuando es el caso de un mantenimiento emergente se debe iniciar la operación desviando el caudal que ingresa a la planta, con el fin de facilitar y efectivizar un correcto mantenimiento de la misma. El desvío tendrá que ser controlado en toda la descarga hasta el receptor inicial, para descargas de los sistemas primario y secundario que corresponden a tratamientos de tipo anaerobio es necesario abrir las tapas de revisión y dejar ventilar el exceso de gas metano y evitar cualquier propagación de fuego cerca a estos, lo que garantizará la salud ocupacional de los operarios. A continuación se resumen las actividades de mantenimiento y control que se debe ejecutar según la unidad de tratamiento.

- **Mantenimiento de las unidades del pretratamiento**

El permanente control de estas unidades mantendrá en condiciones óptimas y constantes las funciones de los sistemas depurativos, las actividades a realizar son:

**a) Mantenimiento preventivo de la rejilla**

La función de esta unidad es retener objetos y sólidos de mayor tamaño que son arrastrados en el flujo del agua residual a través de la red de alcantarillado generalmente trozos de madera, material sintético, plásticos, papel, vidrio, materia fecal, entre otros. Por tal motivo durante el mantenimiento de rutina se debe realizar lo siguiente:

- Las rejillas tienen que ser limpiadas manualmente una vez por día, en la mañana, esto debido al incremento de caudal de ingreso, periodo de tiempo donde se produce mayor cantidad de sólidos de gran tamaño. Si esta actividad no se ejecuta regularmente, puede impedir el paso del agua y en consecuencia se puede provocar un refluo, alterando el proceso depurativo del agua hacia cada sistema de tratamiento. En periodos de lluvias la limpieza de una planta de tratamiento debería realizarse dos o tres veces al día. Al proceder al mantenimiento se debe utilizar un rastrillo metálico cuya función será únicamente para este trabajo.
- Con el fin de proteger la salud de cada persona que realiza la limpieza se debe dotar de overol, botas, mascarilla y guantes de protección de hule.
- Los residuos retirados de la rejilla se colocan en recipientes adecuados y clasificados para su disposición final según sea el caso, utilizando recipientes móviles y cubiertos. De igual manera es recomendable revisar la rejilla para identificar puntos de corrosión y proceder a limpiar y pintar con pintura anticorrosiva.

**b) Mantenimiento preventivo de la caja distribuidora de caudal**

La función de esta unidad es captar el afluente residual desde la rejilla para distribuir hacia cada tanque sedimentador, donde se observa acumulación de sedimentos que

perjudican la adecuada repartición del caudal hacia los sistemas. Por tal motivo durante el mantenimiento de rutina siguiendo la metodología antes descrita para las rejillas, se debe:

La caja distribuidora de caudal debe ser limpiada manualmente una vez por día, (por la mañana), juntamente con las rejillas esto debido al incremento de caudal, para evitar la acumulación y por ende el taponamiento de agua residual hacia los sedimentadores. Al proceder al mantenimiento se debe utilizar un rastrillo metálico cuya función será únicamente para este trabajo.

- **Mantenimiento del tanque sedimentador**

Como se describió anteriormente, el funcionamiento del tanque se ha visto alterado por presencia de rebosamientos de agua residual, esto debido al exceso en la acumulación de lodos por falta de mantenimiento y extracción oportuna de los mismos. En base a las inspecciones y manejo periódico realizados en el sedimentador se sugiere extraer los lodos acumulados mínimo cada 6 meses, cantidad correspondiente a unidades de 0,20 m<sup>3</sup> actividad que evitará posibles problemas operativos en la unidad. Esta actividad se debe realizar aplicando los siguientes criterios de manejo:

**a) Extracción de la capa superficial**

Utilizando un cernidor o malla fina se debe retirar la capa superficial acumulada, y colocarlas en un recipiente adecuado hasta la deshidratación y manejo en los lechos de secado.

**b) Extracción de agua y lodos**

La evacuación de lodos y agua se realizará utilizando el hidrosuccionador a base de bombeo.

- Al momento de efectuar esta tarea es recomendable realizarlo en un día en condiciones ambientales adecuadas. La extracción de lodos se realiza mediante una bomba de succión, a través de la tubería de mantenimiento de

la unidad. Generalmente para este caso no se debe extraer todos los lodos, se suele dejar una pequeña cantidad (20%) que servirá para que el proceso en la planta no sea interrumpido dejando de extraer el lodo cuando este muy diluido o el nivel del agua en la cámara ha bajado a la mitad. Asimismo, la cámara séptica se debe lavar y desinfectar. Concluida esta labor los lodos deben ser dispuestos a los lechos de secado para el manejo.

- Posterior al mantenimiento, debe dejarse al sedimentador, con todos los componentes limpios para evitar que se genere un foco de infección y malos olores. Las tapas de inspección deben encontrarse aseguradas de manera hermética y no deben permitir filtraciones de aguas superficiales que arrastren sólidos. Se recomienda contar con tapas de cámaras de repuesto para remplazar las dañadas y evitar el acceso de personas y animales a las instalaciones.
- La manipulación de lodos debe efectuarse con protocolos de seguridad más rigurosos, empleando overol impermeable, casco, guantes, botas, gafas y mascarilla para gases. Una vez concluida esta tarea, debe lavarse y desinfectarse las herramientas empleadas y el operador debe realizar un buen aseo personal.

- **Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente**

Durante la operación del filtro ascendente suele presentarse problemas de taponamiento u obstrucción en el material filtrante, esto se debe a la presencia de rebosamientos de agua residual en el tratamiento primario ya que impide el paso del agua hacia el filtro. Para lograr el funcionamiento apropiado de los filtros es importante tener en cuenta que dicho proceso depende de que el fondo, a través del cual asciende el agua residual hasta el lecho de grava no esté saturado, por tal motivo el mantenimiento de esta unidad evitará la colmatación del medio filtrante por la acumulación de partículas en la arena y grava, evitando rebosamientos o presencia sustancias en la capa superficial, lo que pudiere ocasionar eutrofización en la unidad.

Por tal motivo en base a las inspecciones y manejo periódico que se realiza en el filtro se debe proceder a extraer los lodos acumulados cada 6 meses, cantidad correspondiente a unidades de 0,10 m<sup>3</sup>, esta actividad evitará posibles problemas operativos en las

unidad. El mantenimiento del filtro y la manipulación de lodos deben efectuarse con protocolos de seguridad rigurosos, empleando overol impermeable, casco, guantes, botas, gafas y mascarilla para gases. Una vez concluida esta tarea, debe lavarse y desinfectarse las herramientas empleadas y el operador debe realizar un buen aseo personal. Dicho esto es preciso realizar las inspecciones y limpieza del material filtrante siguiendo el procedimiento a continuación:

#### **a) Mantenimiento preventivo del filtro**

Para un eficiente proceso de las unidades depuradoras se debe realizar lo siguiente:

- Se procederá a abrir las tapas de revisión para liberar el exceso de gases acumulados, posteriormente se verificará la presencia de grasas en la superficie del agua, y en caso de existir utilizando un cernidor o malla fina se debe retirar la capa superficial de grasas acumuladas.
- Como ya se mencionó el principal control que se debe realizar en el filtro, es evitar la colmatación del material filtrante por la acumulación de lodos, tal situación se puede evitar inspeccionando mínimo una vez al mes, posibles rebosamientos en el tanque sedimentador, si hay rebosamiento, se puede lavar el material filtrante para reducir la excesiva acumulación de biopelícula que impide el normal paso del flujo del tratamiento primario hacia el tratamiento secundario (filtro), que incluso altera el proceso depurador en la misma unidad. Al momento del mantenimiento se procederá a la extracción de lodo acumulado en el fondo del material filtrante a través de la tubería de mantenimiento presente en la unidad, utilizando una bomba de succión evitando extraer todo el lodo para no alterar el proceso depurador bacteriano que se adaptado al sistema. Una vez extraído el exceso de lodos se recomienda utilizar agua a presión limpia para eliminar las obstrucciones en el material filtrante.
- Los lodos y grasas obtenidas deben ser dispuestos en el lecho de secado para el manejo.
- Una vez concluido el mantenimiento del filtro todos los componentes deben limpiarse para evitar que se genere un foco de infección y malos olores. Las tapas de inspección deben encontrarse aseguradas de manera hermética y no deben permitir filtraciones de aguas superficiales, además es importante evitar el

acceso de personas y animales a las instalaciones. Por el contrario en caso de que se necesite un mantenimiento más riguroso del sistema se procederá de la siguiente manera:

- Como paso previo se procede a cerrar la entrada de agua al filtro y esperar a que drene la unidad. Después retirar las capas de arena y grava secuencialmente, procurando que éstas no se mezclen entre sí.
- La disposición final de los materiales evacuados requiere que la grava sea lavada en forma separada para evitar que se convierta en un foco de infección y posteriormente podría ser dispuesta como residuo de construcción, material para relleno, o ser reutilizada como medio filtrante.
- En la colocación del nuevo material de soporte, es recomendable utilizar la grava o piedra cuarzítica de un material que no se disgregue fácilmente; asimismo debe encontrarse libre de material fino como arcilla o limo, al final instalar las capas del material filtrante en el mismo orden y con igual espesor al que tenían antes de ser retiradas para el lavado.

- **Mantenimiento de lechos de secado de lodos**

Los lechos de secado son utilizados como depósito para la deshidratación del lechuguín de agua que se obtienen de la cosecha mensual en los humedales artificiales. El proceso de secado implica la eliminación de agua en un porcentaje no muy alto por deshidratación con ayuda de la inclinación de la superficie del lecho. Por lo que es preciso implementar medidas de mejora en la infraestructura que garanticen un adecuado manejo de los residuos durante las inspecciones y limpieza de la unidad. A continuación se mencionan las medidas y procedimientos a seguir:

**a) Readecuación de lechos de secado**

En vista de que el lecho no cuenta desde su funcionamiento con un material de filtro, y se quiere mejorar esta unidad, es necesario colocar un medio filtrante, en base a las

dimensiones del lecho, con espesor de 30 cm compuesto de: una capa de arena de 10 cm y debajo de esta, una capa de grava con espesor de 20 cm, graduada entre 1,5 - 50mm.

- **Colocación de cubierta**

La deshidratación continua de los residuos se ven interrumpidos por falta de una adecuada cubierta esto no presenta mayor problema en época de verano, pero en las épocas lluviosas, el ingreso de agua lluvia entorpece el secado y drenado en los lechos. Al construir la cubierta es preciso asegurar la protección de los residuos por lo cual es necesario colocar la estructura a 4 metros de altura desde la base del lecho y como material de cubierta utilizar láminas metálicas, o láminas de fibrocemento, junto con láminas de polipropileno que permitan el paso de la luz solar completando la dimensión total de la cubierta para el conjunto de los lechos de secado con una dimensión total de 50 x 20 m.

#### **b) Mantenimiento preventivo de los lechos**

- La manipulación debe efectuarse con mucha precaución, empleando overol, guantes, botas y mascarilla, cuidando la salud de infecciones.
- Una vez finalizado el manejo preventivo de los residuos del lechuguín o lodos se iniciará con la limpieza total del lecho, y puesto que el diseño no posee un sistema de drenaje adecuado, la primera acción será revisar que el material al interior de la unidad tenga la consistencia adecuada para su evacuación manual. Retirados los residuos se debe realizar la limpieza del lecho de secado, incluyendo el lavado y desinfección del interior de la unidad y posteriormente del equipo utilizado.

- **Mantenimiento de espacios y estructuras auxiliares**

Las instalaciones de la planta de tratamiento deben permanecer cercadas, para evitar el ingreso de personas no autorizadas o animales. Se recomienda arborizar el perímetro de la planta para proteger las condiciones sanitarias del área y mimetizar la construcción con el paisaje. Las estructuras auxiliares tales como la cabina del vigilante, cercado y

espacios verdes deben mantenerse en buen estado realizando limpiezas periódicas. Si la planta no se opera correctamente, se generará un gran daño a la salud de las poblaciones aledañas.

- **Alternativas de control de vectores**

Mantener bajo control los vectores infectocontagiosos, evitara problemas de salud, por lo que se recomienda realizar lo siguiente:

- a) Control de vectores (mosquitos)**

El programa de control de vectores consiste en evaluar el potencial de reproducción de mosquitos en los estanques de Lechuguines (*Eichhornia crassipes*), actualmente el diagnóstico determinó que en las unidades de tratamiento existe una moderada presencia de mosquitos; sin embargo para futuros problemas es preciso identificar medidas efectivas para controlar las poblaciones de mosquitos. El objetivo de estas medidas de control es suprimir la población de mosquitos por debajo del nivel de tolerancia necesario para evitar la transmisión de enfermedades o molestias. Las estrategias que se pueden utilizar para controlar las poblaciones de mosquitos incluyen lo siguiente:

- Controlar que el tratamiento previo opera en forma eficaz permanentemente, para reducir el total de carga orgánica en el sistema acuático y así mantener las condiciones aeróbicas del humedal.
- Cosechar los lechuguines (*Eichhornia crassipes*), como máximo cada 18 días, para retirar las plantas en mal estado, disminuir la cobertura y mantener el espacio necesario para el crecimiento de los individuos sanos permitiendo la oxigenación en el estanque y evitar la proliferación de mosquitos.
- En caso de ser necesario airear oxígeno artificialmente.
- Introduciendo a los estanques peces como la especie *Gambusia affinis* que se alimentan de los huevos y larvas de los dípteros, escarabajos, ácaros y otros invertebrados.

- Aplicación de agentes de control hechos por el hombre, como por ejemplo el uso de insecticidas como Dipel y Thuricide, basados en *Bacillus thuringiensis* que utilizados continuamente garantizan el éxito en el control de mosquitos. Estos pesticidas son considerados respetuosos con el ambiente, ya que su efecto sobre los humanos y la vida silvestre es casi nulo.

#### **b) Control de olores**

Uno de los problemas más importantes relacionado con el rechazo de la población a la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales es la generación de olores, esto debido al desprendimiento de H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, acumulación de materia orgánica, entre otros (Martínez & Zamorano, 1996). Actualmente los sistemas en estudio presentan un nivel de olor tolerable; sin embargo en caso de futuros problemas por causa de una mala operación principalmente en sistemas anaerobios, se recomienda utilizar biofiltros para su control.

#### **4.7. Estrategias para un Eficiente proceso de Depuración**

Conjuntamente al monitoreo se inspeccionó las condiciones físicas y operativas de todos los elementos integrantes de las PTAR, se identificó el funcionamiento de cada uno de los diferentes sistemas, si existen partes que hay que cambiar u otras medidas a tomar para obtener mayor eficiencia durante el tiempo de vida útil de los equipos, los resultados analizados de los procesos que puedan ajustarse a las diferentes fases de tratamiento, y mantener un funcionamiento óptimo (Hernandez Leman, 2004). Las estrategias para un eficiente funcionamiento en general están concretadas a continuación en cada fase de tratamiento:

##### **a). Tratamiento primario**

En el tratamiento primario se debe realizar lo siguiente:

- Supervisión, extracción y limpieza de sólidos en las rejillas, trampa de grasas y caja de captación mínimo dos veces al año.

- Detección de olores e impactos físicos.

#### **b). Tratamiento secundario – sedimentador**

En el tratamiento secundario lo más importante es:

- El control de costras u otros flotantes presentes cada tres meses.
- Verificación de los lodos en las tuberías de revisión una vez al mes.
- Detección de olores fuertes y observación de burbujas en el agua, esto verifica que el proceso de tratamiento anaerobio se ejecute apropiadamente.
- Control de la sedimentación cada seis meses.
- Control del proceso de filtrado dos veces al año.
- Revisión de los sistemas de aireación y tapas de protección cada seis meses.
- Mantenimiento del filtro y cajas de descarga dos veces al año.
- Revisión de los sistemas de aireación y tapas de protección dos veces al año.
- Mantenimiento o limpieza del tanque mínimo dos veces al año.

#### **c). Humedales artificiales de flujo superficial (Wetlands)**

Para el tratamiento terciario lo mejor sería:

- Limpieza de los repartidores de caudales una vez por mes.
- Manejo de plantas acuáticas cada vez que se requiera.
- Control de los humedales y lodos acumulados cada seis meses.
- Mantenimiento de repartidores de caudales, cajas de descarga e inspección de tapas de protección dos veces al año.

### **4.8. Recomendaciones para un Eficiente Funcionamiento de las Plantas de Tratamiento del Cantón San Miguel de Urucuquí**

Luego del análisis de las condiciones favorables y desfavorables que presenta cada una de las plantas de tratamiento en base a los análisis físicos, químicos y biológicos, las

consideraciones técnicas en los determinados procesos para un funcionamiento óptimo en las 4 plantas de tratamiento se determinó lo siguiente:

1. Tratamiento primario: Las aguas residuales ingresan al tratamiento primario que consistirá en un sedimentador acompañado de una rejilla para detener el paso de los sólidos suspendidos. Previo a esto se ubicará una fosa repartidora de caudales con la finalidad de homogenizar las aguas que ingresan al tratamiento.
2. Tratamiento secundario: La fosa séptica permitirá la sedimentación, eliminación de flotantes, retención de grasas, aceites y espumas, actuará además como digester anaerobio, sin mezclado ni calentamiento. La materia orgánica que queda retenida en la parte inferior del tanque sufre un proceso de descomposición anaerobia y facultativa y se convierte en compuestos más estables como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y H<sub>2</sub>S.
3. Los lodos acumulados en los tanques sedimentadores serán retirados dos veces al año con personal calificado para evitar rebosamientos y así tener un funcionamiento óptimo que cumpla con los límites permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA).
4. Tratamiento terciario: El agua pasa a un humedal artificial de flujo subsuperficial (Wetland), donde con la ayuda de plantas acuáticas emergentes se depurará el agua disminuyendo la cantidad de contaminantes. Las especies propuestas a emplearse en el tratamiento son el sigse (*Cortaderia nítida*), además de junquillo (*Juncus acutus*).

Rendimiento de Tratamiento Primario (Ver cuadro 4.15):

Cuadro 4.15 Niveles esperados de las unidades depuradores en tratamiento primario

<b>Parámetro</b>	<b>Reducción</b>
DBO <sub>5</sub> , mg/l	62%
SS, mg/l	85%
Nitrógeno total,mg/l	25%
Fósforo Total mg/l	0%
Coliformes fecales NMP/100mL	4 logs

Fuente: GAD Urququí

El cuadro 4.16 detalla la calidad esperada del agua tratada procedente del sistema de tratamiento natural secundario:

Cuadro 4.16 Niveles esperados de las unidades depuradores en tratamiento secundario

<b>Parámetro (mg/l)</b>	<b>Media</b>	<b>Máxima</b>
DQO	<2	<5
SS	<1	<5
Ntotal	3	<8
Ptotal	<0.1	<0.3

Fuente: GAD Urququí

El tratamiento terciario debe tener una remoción de DBO5, DQO y Sólidos suspendidos de acuerdo a la propuesta planteada como lo indica el cuadro 4.17.

Cuadro 4.17 Niveles esperados de las unidades depuradores en tratamiento terciario

<b>Reducción de cargas contaminantes del Sistema Integral</b>	<b>% Remoción</b>
DBO5	98
DQO	97.7
SS	96.1

Fuente: GAD Urququí

Diagrama de flujo del agua residual en las plantas Cahuasqui y Urququí (Ver figura 4.6).

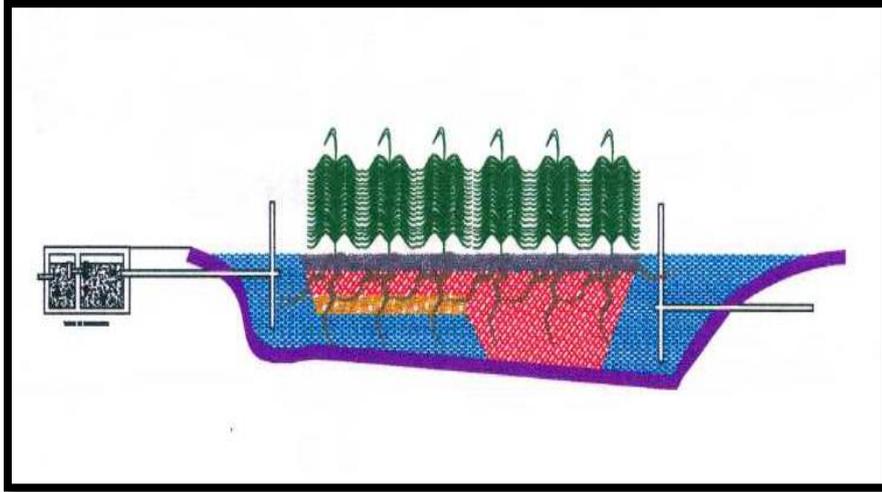


Figura 4.2 Descripción de los sistemas Cahuasqui y Urcuquí  
Fuente: GAD Urcuquí

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- Las cuatro Plantas de tratamiento de agua residual del cantón San Miguel de Urcuquí no están depurando eficientemente, los parámetros como el pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, nitratos y nitritos cumplen con los límites permisibles pero tienen niveles altos de contaminación.
- Los análisis físicos químicos y biológicos de los parámetros de las cuatro plantas de tratamiento, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), tienen niveles altos de contaminación y sobrepasan los límites permisibles de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULS-MA-Recurso agua-Libro VI-Anexo 1).
- De los cuatro sistemas analizados se concluye que la fosa séptica de Azaya es la unidad depuradora más eficiente de acuerdo a la relación (DBO<sub>5</sub>/DQO).
- En las cuatro unidades depuradoras del cantón San Miguel de Urcuquí, el tratamiento secundario no es eficiente por los resultados obtenidos, no elimina la materia orgánica disuelta, ya que el agua residual urbana es fundamentalmente de carácter orgánico.
- Se establece que la ineficacia de acuerdo a los análisis físicos químicos y biológicos, en las cuatro plantas de tratamiento, se ha generado una afectación en la calidad de vida de los moradores conllevando a un problema de salud y ambiental.

#### **5.2. Recomendaciones**

- Verificar la eficiencia del tratamiento secundario de las cuatro Plantas de Tratamiento de Agua Residual del cantón San Miguel de Urcuquí.
- Llevar un registro de toma de muestras cada tres meses para determinar el estado de funcionamiento de las cuatro Plantas de Tratamiento de Agua Residual del cantón San Miguel de Urcuquí.
- Completar el diseño de los humedales artificiales (Wetlands), en Cahuasqui y Urcuquí y emplear en el tratamiento plantas acuáticas, sigse (*Cortderia nítida*), además de junquillo (*Juncus acutus*).

## **6. BIBLIOGRAFIA**

A continuación se encuentran las referencias bibliográficas, de las cuales se obtuvo la información necesaria para realizar el documento y sustentar la investigación.

- Albuja Viteri, L. H. (2011). *Lista mamíferos actuales en el Ecuador*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Ambiental, L. V. (13 de Febrero de 2015). *MAE*. Obtenido de MAE.
- Andreu, E. &. (2002). *Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en umedales Ramsar*. Madrid, España.
- Apha, A. (1997). *Aguas y Aguas de Desecho*. Mexico: Interamericana.
- Arellano Díaz & Guzmán Pantoja. (2011). *Ingeniería Ambiental (1 ed.)*. México: Alfaomega. Grupo editor S.A.de CV.
- Arellano, J. &. (2011). *Ingeniería ambiental*. México: Alfaomega.
- Asfahl, C. R. (2010). *Seguridad Industrial y administración de la salud (6 ed.)*. Mexico: Pearson Educación.
- Barrera, A. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Cuenca, Ecuador: Camaren.
- Barros, S., & Carrasco, M. (2001). <http://www.sendas.org.ec/docs/articulo%20rios%20aguayaku.doc>. Obtenido de <http://www.sendas.org.ec/docs/articulo%20rios%20aguayaku.doc>.
- Bethemont, J. (1980). *Aguas residuales y el impacto que causan en los cuerpos acuáticos*.
- Bruno Calvay, J. (2014).  
<https://www.google.com.ec/#q=juan+bruno+calvay+caudal+volumetrico>.  
 Obtenido de  
<https://www.google.com.ec/#q=juan+bruno+calvay+caudal+volumetrico>.
- Caicedo, J. (7 de 09 de 2008). *Lenteja de agua para el tratamiento de aguas residuales, factores ambientales y físicos químicos que afectan su crecimiento*. Obtenido de Lenteja de agua para el tratamiento de aguas residuales, factores ambientales y físicos químicos que afectan su crecimiento.: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo13.html>
- Cárdenas, J. (2005). *Calidad de Aguas para estudiantes de Ciencias Ambientales*. . Caldas: Colombia Francisco José de Caldas.

- Celis, J. e. (2005). *Recientes Aplicaciones de la Depuración de Aguas Residuales con Plantas Acuáticas*. Chile.
- CEPIS. (2002). (*Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*) *Manejo y Depuración de Aguas Residuales Domésticas en Centros Urbanos*.
- Chiriboga, C. (2010). *Propuesta de un sistema de monitoreo para la caracterización de las aguas residuales que receipta el rio Tahuando*. Ibarra : Universidad Tecnica del Norte.
- Clark. (1997). *Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú*. Quito.
- Constitucion Politica del Ecuador, A. (2008). *Constitucion Politica del Ecuador*. En A. Constituyente, *Constitucion Politica del Ecuador* (pág. 223). Loja: Impreso Talleres Gráficos UTPL.
- Crites, R. &. (2000). *Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados*. Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw – Hill Interamericana, S. A.
- Crites, R. &. (2000). *Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados*. Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw – Hill Interamericana, S. A.
- Da Ros, G. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: una aproximación económica; Instituto de Investigaciones Económicas*. Quito, Ecuador: Pontificia universidad Católica del Ecuador: Ediciones Abya Ayala.
- Da Ros, G. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: una aproximación económica; Instituto de Investigaciones Económicas*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Catolica del Ecuador: Ediciones Abya Ayala.
- Da Ros, G. S. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: una aproximación económica; Instituto de Investigaciones Económicas*. Quito, Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador:, 241.
- DÁVALOS, M. (2010). *Manual de análisis de aguas*. Quito. Ecuador.

- Delgadillo, O. C. (2010). *Depuración de Aguas Residuales por medio de Humedales Artificiales*. Cochabamba.
- Delgadillo, O. C. (2010). *Depuración de Aguas Residuales por medio de Humedales Artificiales*. Cochabamba: Bolivia.
- Derruau, M. (1970). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 126.
- Elaboración, p. (7 de 10 de 2014). *Procesos de Tratamiento de Agua Residual. Evaluación de Funcionamiento de Las plantas de Tratamiento de Agua residual del canton Urcuqui*. Urcuqui, Imbabura, Ecuador.
- Falón, C. (1990). *Manual de Tratamiento de Aguas Negras*. México DF,: Limusa S.A.
- Gutiérrez, J. (1996). *Generalidades sobre la Reutilización de las Aguas Residuales Domésticas*. La Habana,: Centro Nacional del Hidrología y Calidad de Las Aguas (CENHICA) INRH.
- Hahn-Schlam. (2006). *La contaminación del agua superficial en la cuenca del río Texcoco*. Obtenido de La contaminación del agua superficial en la cuenca del río Texcoco: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30241402>
- hernandez Leman, A. G. (2004). *Manual de depuración uralita*. Madrid: Paraninfo S.A.
- Hernández, A. (2002). *Calidad y tratamiento de agua*. Mexico: McGraw Hill.
- Hernández, Saz, & Sala,. (23 de Abril de 2014). *Eficiencia técnica y estacionalidad en los procesos de tratamiento de aguas residuales*. Valencia: Departamento de la estructura Económica y Matemática para la Economía y la Empresa Universidad de Valencia.
- INEC. (2010). *Base de Datos Censo*. ECUADOR.
- Instituto Científico de Universidad del Valle. (2005). *Guía de selección de Tecnología para el tratamiento de aguas residuales domésticas por métodos naturales*. (pág. 27). Cali: Universidad del Valle.
- Instituto de Hidrología, M. y. (2007). *INSTRUCTIVO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES*. Colombia.

- Instituto Tecnológico de Canarias, I. S., & rurales., G. s. (2006).  
[http://www.rinconesdelatlantico.com/num3/26\\_depuranat.html](http://www.rinconesdelatlantico.com/num3/26_depuranat.html). Obtenido de  
[http://www.rinconesdelatlantico.com/num3/26\\_depuranat.html](http://www.rinconesdelatlantico.com/num3/26_depuranat.html).
- J. Glynn, H. &. (1999). *Ingeniería Ambiental (Segunda ed)*. (M. e. Garcia, Trad.).  
Mexico: Prentice Hall Hispanoamerica CNA, S.A.
- Jurado, J. (1998). *Manual para Muestreo de Aguas y Sedimentos*. Dirección  
Metropolitana de Medio Ambiente.
- Kelly, A. (2002). *Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica*. Obtenido de  
Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica.:  
<http://www.esd.worldbank.org>
- Kuklinski, C. (2011). *Medio Ambiente Sanidad y Gestión*.
- León, M. &. (2009). Estudio de *Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Azolla filiculoides*  
en el tratamiento Biológico de aguas residuales domésticas en sistemas  
comunitarios y unifamiliares del Cantón Cotacachi. *Estudio de Eichhornia  
crassipes, Lemna gibba y Azolla filiculoides en el tratamiento Biológico de  
Aguas Residuales Domésticas en Sistemas Comunitarios y Unifamiliares del  
Cantón Cotacachi*. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Mayorca Chávez, Á. D. (2012). *Optimización del Sistema de Tratamiento de Aguas  
Residuales de la Planta N°2 Sector Cacahuango del Cantón Mocha*. Riobamba.
- Mayorca Chávez, Á. D. (2012). *Optimización del Sistema de Tratamiento de Aguas  
Residuales de la Planta N°2 Sector Cacahuango del Cantón Mocha*. Riobamba:  
Ecuador.
- Mena, M. (2004). Diagnostico de las aguas residuales y Prediseño de una Planta de  
Tratamiento Biologico. *Diagnóstico de las Aguas Residuales y Prediseño de una  
Planta de Tratamiento Biológico para la Parroquia de Gonzáles Suárez, Cantón  
Otavalo*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Tesis de grado Universidad Tecnica del  
Norte.
- Metcalf, &. E. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales: Vertido y Reutilización*. España:  
McGraw Hill.

- Ministerio de Agua Bolivia. (2007). *Manual De Operación Y Mantenimiento De Sistemas De Tratamiento De Aguas Residuales en Poblaciones Rurales*.  
Obtenido de Manual De Operación Y Mantenimiento De Sistemas De Tratamiento De Aguas Residuales en Poblaciones Rurales:  
abase@mi.canzion.com
- Ministerio del Agua Bolivia. (2007). *Manual De Operación Y Mantenimiento De Sistemas De Tratamiento De Aguas Residuales en Poblaciones Rurales*.  
Obtenido de Manual De Operación Y Mantenimiento De Sistemas De Tratamiento De Aguas Residuales en Poblaciones Rurales:  
abase@mi.canzion.com
- Moncayo, & A. (2011). *Estudio de tratabilidad biológica de aguas residuales domésticas para optimizar resultados a escala real*. Quito.
- Muciño, D. (2001). *Estudio General del caso Lago de Texcoco México. Proyecto Regional. Sistemas Integrados de Tratamiento y uso de Aguas Residuales en América Latina*. Mexico: Realidad y Potencial. México.
- Novotny y Olem citado por Celis et al, .. (1994). Recientes Aplicaciones de la Depuración de Aguas Residuales con Plantas Acuáticas. *Theoria*, Vol. 14 (1): 17-25, 2005, 17-25.
- ONU-HABITAT. (2008). *Manual de Humedales Artificiales*.
- Organización Mundial para la salud. (1990). *Directrices Sanitarias sobre el uso de las aguas residuales en agricultura y acuicultura*. Serie Informes Técnicos N° 778.
- PDOT. (2010 - 2031). Plan de Ordenamiento de Desarrollo y ordenamiento Territorial del Canton San Miguel de Urququi.
- Pourrut, P. (1995). *El Agua en el Ecuador clima, precipitaciones, escorrentia Volumen 7*. Quito: RR Editores Asociados.
- Reynolds, K. (2002). *Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica: Identificación del Problema*.
- Rodier, .. &. (1981). *Calidad de Aguas para estudiantes de Ciencias Ambientales*. Barcelona: Omega.

- Rodier, J., & Romero, J. (1981 ; 2000). *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principio de Diseño*. Colombiana: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rodier, J. (1981). *Análisis de las Aguas*. Barcelona, España: Ediciones Omega.
- Romero, J. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principio de Diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Salud, O. M. (1995). *Situación actual de las aguas residuales en el Ecuador*. Quito: S.A.
- SANTIAGO, F. (1996). *Sistemas de colectores y tratamiento de residuales; Primer taller nacional de tecnologías del agua y saneamiento en polos turísticos*. Cuba: INRH.
- Sensu Sarmiento. (1986). *Diccionario de Ecología*.
- Sensu Sarmiento. (1986). *Ecología Literaria*. 77-79.
- Seoánez, M. (2005). *Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo*. Barcelona: Adeos, S.A.
- Sierra R. (1999). *Formaciones Vegetales en Ecuador Y Peru*. Quito.
- Tchobanoglous, G. &. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización (Tercera ed., Vol II)*. España: (A. G. Brage, Ed., & J. D. Montsoriu, Trad.) España.
- Thurber, M. (1997). *Full plasticised cloth*. Hiking in Ecuador 4th ed.
- TULSMA, A. 1. (2015). *Calidad del Agua*.
- UGA, G. (2013). *Inspecciones P.T.A.R del Canton Urcuquí*.
- Universidad Nacional de Costa Rica. (2006). *Muestreo de Aguas Residuales* Universidad nacional de Costa Rica 1-48. Costa Rica.
- Urcuquí, M. (2010). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Urcuquí.

## **ANEXOS**

## ANEXOS A

### TABLAS

**Tabla 1.** Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO <sub>3</sub>	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de Alcantarillado.
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	Mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O.5	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/l	500

*Continúa.....*

....continuación

Di cloro etileno	Di cloro etileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Niquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	Ph		5-9
Sólidos Sedimentables		mg/l	20
Sólidos Sedimentables		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	So <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		<40
Tenso activos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de Carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de Carbono	mg/l	1,0
Compuestos Organo clorados (totales)	Concentración de organo clorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbonatos (totales)	Concentración de órgano fosforado y carbonatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V		5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: Libro VI anexo 1 Norma agua.

**Tabla 2.** Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehidos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	Ar	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	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Color real	color real	Unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	2,0
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Hexavalente demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	D.Q.0 <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda bioquímica 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
Fosforo total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total	N	mg/l	15

Continúa.....

<i>.....Continúa</i>			
Organo clorados	Concentración de órgano clorados totales	mg/l	0,05
Organofosforado	Concentraciones de organofosforado totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrogeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos sedimentables		mg/l	1,0
Sólidos suspendidos totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1600
Sulfatos	SO 4 <sup>=</sup>	mg/l	1000
Sulfitos	SO 3		2,0
Sulfuros	S		0,5
Temperatura	°C		< 35°
Tenso activos	Sustancias activas al azul de metileno		0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono		1,0
Tricloro etileno	Tricloroetileno		1,0
Vanadio			5,0
Zinc	Zn		5,0

**Fuente:** Libro VI anexo 1 Norma agua.

**Tabla 3.** Composición típica de las aguas residuales Domésticas

CONSTITUYENTE	Unidad mg/l	CONCENTRACIÓN		
		Fuerte mg/l	Media mg/l	Débil mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días, 20 °C	mg/l	350	200	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1000	500	250
Ph	mg/l	7.5	7	6.5
Sólidos totales	mg/l	1.200	700	350
Sólidos Disueltos	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Totales suspendidos	mg/l	350	200	100
Fijos	mg/l	75	50	30
Volátiles	mg/l	275	150	70
Sólidos Sedimentales	mg/l	20	10	5
Carbono Orgánico Total(COT)	mg/l	300	200	100
Nitrógeno Total(como N)	mg/l	60	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoníaco Libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo Total	mg/l	20	10	6
Orgánico	mg/l	15	7	4
Inorgánico	mg/l	150	50	30
Cloruros	mg/l	350	100	50
Alcalinidad( CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	150	100	50
Grasas	mg/l	150	100	50

**Fuente:** Gutiérrez, Citado por Chiriboga, 2010.

## HERRAMIENTAS TÉCNICAS

- **Formato1:** Ficha de recolección de muestra y de custodia

<b>EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MUESTREO PARA CONTROLAR Y VIGILAR LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN URQUQUÍ</b>			
  			
<b>GOBIERNO AUTONOMO DENTRALIZADO DE SAN MIGUEL DE URQUQUI</b>			
<b>FICHA TÉCNICA PUNTO DE TOMA</b>			
<b>CÓDIGO:</b>			
<b>MUESTRADO POR:</b>			
<b>FECHA:</b>			
<b>HORA:</b>			
<b>CAUDAL</b>			
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>			
<b>LOCALIZACIÓN PUNTO DE MUESTREO</b>			
<b>DIRECCIÓN:</b>			
<b>PARROQUIA:</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ALTITUD</b>
<b>Dir. Calle Guzmán y Antonio Ante (esq.) Casilla 216 Telf.: (593) 62 939 211 / 212</b>			
<b>Telefax: (6) 2 939 125 E-mail: <a href="mailto:municipiourcuqui@andinanet.net">municipiourcuqui@andinanet.net</a></b>			

Elaborado por: El Autor, 2014

ANEXO C

Informe de los Análisis de las Muestras de Agua Realizado por el Laboratorio de la Puse-Si



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA

LABORATORIO ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME DE RESULTADOS

**Datos:**

Solicitado por: GAD Municipal URCUQUÍ  
 Muestra de: Agua Residuales  
 Número de Muestras: 03  
 Fecha de recepción: 15-04-2014  
 Fecha de análisis: 15-20 de abril de 2014

**Descripción:**

Código de laboratorio: 08.0427  
 Estado: líquida  
 Fecha entrega de resultados: 22-04-2014  
 Observaciones: Los resultados corresponden únicamente a la muestra analizada en laboratorio.  
 Muestreado por: Cliente  
 Análisis Solicitado: Físico-Químico, Biológico, Microbiológico

**RESULTADOS:**

**PROPIEDADES ORGANOLÉPTICA**

Muestra	Corresponde
M1	Código 01. P.T.A.R Las Marías Urcuquí, Entrada 01
M2	Código 02. P.T.A.R Las Marías Urcuquí, Intermedio 02
M3	Código 03. P.T.A.R Las Marías Urcuquí, Salida 03

**MICROBIOLÓGICO**

Muestra	Corresponde	E Coli (UFC/ml)	Coliformes totales (UFC/ml)
M1	Código 01	MNPC	MNPC
M2	Código 02	MNPC	MNPC
M3	Código 03	MNPC	MNPC

MNPC: Muy Numerosas para contar

**FÍSICO – QUÍMICO- BIOLÓGICO**

Muestra	pH	Conductividad eléctrica (us/cm)	Densidad (g/ml)	Color (UC)	Turbidez (NTU)
M1	7.42	492	0.9992	821	132.0
M2	7.76	583	0.9995	604	59.1
M3	7.65	570	0.9997	649	57.3

Muestra	Sólidos Totales (mg/L)	Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Alcalinidad Total (mg/l)
M1	1020	38	88
M2	740	38	112
M3	510	30	112

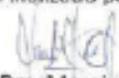
Muestra	Nitritos NO <sub>2</sub> (ppm)	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (ppm)	Amonio (NH <sub>4</sub> ) (ppm)	Fosfatos PO <sub>4</sub> (ppm)	Sulfatos SO <sub>4</sub> (ppm)	Cloro Total (ppm)	Cloro residual (ppm)
M1	0.20	0.67	3.4	5.6	205	0.62	0.43
M2	0.14	0.31	2.67	7.0	192	0.22	0.21
M3	0.24	0.89	2.60	6.7	213	0.37	0.31

Muestra	Hierro Total	Cobre (ppm)	DBO5 (mg O /l)	DQO (mg O /L)
M1	1,35	2.74	700	1247
M2	0,82	0.62	430	854
M3	1,35	0.66	480	912

#### MÉTODOS DE LABORATORIO

Determinación de	Método
pH	Potenciométrico
Conductividad	Conductimétrico
Densidad, sólidos totales, fijos y volátiles	Gravimétrico
Turbidez	Nefelométrico
Dureza total	Volumétrico
Nitritos, Fosfatos, Cloro total y residual	Fotométrico
DBO	Cuantificación respirométrica
DQO	Oxidación Química

Analizado por:

  
 Dra. Moraima Mera  
 Jefa Laboratorios ECAA





PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA

LABORATORIO ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME DE RESULTADOS

**Datos:**

Solicitado por: GAD Municipal URCUQUÍ  
Muestra de: Agua residuales  
Número de Muestras: 02  
Fecha de recepción: 15-04-2014  
Fecha de análisis: 15-20 de abril de 2014

**Descripción:**

Código de laboratorio: 08.0427  
Estado: líquida  
Fecha entrega de resultados: 22-04-2014  
Observaciones: Los resultados corresponden únicamente a la muestra analizada en laboratorio.  
Muestreado por: Cliente  
Análisis Solicitado: Físico-Químico, Biológico, Microbiológico

**RESULTADOS:**

**PROPIEDADES ORGANOLÉPTICA**

Muestra	Corresponde
M3	Código 09. Fosa Séptica Azaya Urcuquí. Entrada 01
M4	Código 10. Fosa Séptica Azaya Urcuquí. Salida 02

**MICROBIOLÓGICO**

Muestra	Corresponde	E Coli (UFC/ml)	Coliformes totales (UFC/ml)
M3	Código 09	MNPC	MNPC
M4	Código 10	MNPC	MNPC

MNPC: Muy Numerosas para contar

**FÍSICO – QUÍMICO- BIOLÓGICO**

Muestra	pH	Conductividad eléctrica (us/cm)	Densidad (g/ml)	Color (UC)	Turbidez (NTU)
M3	8.68	526	0.9998	Fuera de rango	140.0
M4	7.43	506	0.9996	187	7.10

Muestra	Sólidos Totales (mg/L)	Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Alcalinidad Total (mg/l)
M3	635	74	112
M4	390	32	114

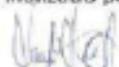
Muestra	Nitritos NO <sub>2</sub> (ppm)	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (ppm)	Amonio (NH <sub>4</sub> ) (ppm)	Fosfatos PO <sub>4</sub> (ppm)	Sulfatos SO <sub>4</sub> (ppm)	Cloro Total (ppm)	Cloro residual (ppm)
M3	0.36	0.53	1.99	13.1	200	0.70	0.66
M4	0.04	0.07	5.68	6.2	209	0.06	0.06

Muestra	Hierro Total	Cobre (ppm)	DBO5 (mg O <sub>2</sub> /l)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)
M3	1,57	2.14	970	1529
M4	0,86	0.18	210	475

#### MÉTODOS DE LABORATORIO

Determinación de	Método
pH	Potenciométrico
Conductividad	Conductimétrico
Densidad, sólidos totales, fijos y volátiles	Gravimétrico
Turbidez	Nefelométrico
Dureza total	Volumétrico
Nitritos, Fosfatos, Cloro total y residual	Fotométrico
DBO	Cuantificación respirométrica
DQO	Oxidación Química

Analizado por:

  
 Dra. Moraima Mera  
 Jefa Laboratorios ECAA





PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA  
LABORATORIO ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME DE RESULTADOS

**Datos:**

Solicitado por: GAD Municipal URCUQUÍ  
Muestra de: Agua residuales  
Número de Muestras: 03  
Fecha de recepción: 22-04-2014  
Fecha de análisis: 22-30 de abril de 2014

**Descripción:**

Código de laboratorio: 08.0428  
Estado: líquida  
Fecha entrega de resultados: 02-05-2014  
Observaciones: Los resultados corresponden únicamente a la muestra analizada en laboratorio.

Muestreado por: Cliente  
Análisis Solicitado: Físico-Químico, Biológico, Microbiológico

**RESULTADOS:**

**PROPIEDADES ORGANOLÉPTICA**

Muestra	Corresponde
M6	Código 04. P.T.A.R Familia Unigarro Cahuasqui. Entrada 01
M7	Código 05. P.T.A.R Familia Unigarro Cahuasqui. Intermedio 02
M8	Código 06. P.T.A.R Familia Unigarro Cahuasqui. Salida 03

**MICROBIOLÓGICO**

Muestra	Corresponde	E Coli (UFC/ml)	Coliformes totales (UFC/ml)
M6	Código 04	MNPC	MNPC
M7	Código 05	MNPC	MNPC
M8	Código 06	MNPC	MNPC

MNPC: Muy Numerosas para contar

**FÍSICO – QUÍMICO- BIOLÓGICO**

Muestra	pH	Conductividad eléctrica (us/cm)	Densidad (g/ml)	Color (UC)	Turbidez (NTU)
M6	7.68	406	0.9969	445	57
M7	7.30	513	0.9966	231	34.8
M8	7.17	476	0.9983	204	9.35

Muestra	Sólidos Totales (mg/L)	Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Alcalinidad Total (mg/l)
M6	785	48	48
M7	435	26	56
M8	345	30	56

Muestra	Nitritos NO <sub>2</sub> (ppm)	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (ppm)	Amonio (NH <sub>4</sub> ) (ppm)	Fosfatos PO <sub>4</sub> (ppm)	Sulfatos SO <sub>4</sub> (ppm)	Cloro Total (ppm)	Cloro residual (ppm)
M6	0.20	0.26	3.47	4.7	190	0.55	0.5
M7	0.21	0.12	3.80	6.0	226	0.15	0.13
M8	0.39	0.07	4.88	4.5	261	0.11	0.06

Muestra	Hierro Total	Cobre (ppm)	DBO5 (mg O <sub>2</sub> /l)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)
M6	1,35	1.61	590	935
M7	0,82	0.54	151	693
M8	1,35	0.15	135	691

#### MÉTODOS DE LABORATORIO

Determinación de	Método
pH	Potenciométrico
Conductividad	Conductimétrico
Densidad, sólidos totales, fijos y volátiles	Gravimétrico
Turbidez	Nefelométrico
Dureza total	Volumétrico
Nitritos, Fosfatos, Cloro total y residual	Fotométrico
DBO	Cuantificación respirométrica
DQO	Oxidación Química

Analizado por:

  
 Dra. Moraima Mera  
 Jefa Laboratorios ECAA





PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA  
LABORATORIO ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME DE RESULTADOS

**Datos:**

Solicitado por: GAD Municipal URCUQUÍ  
Muestra de: Agua residuales  
Número de Muestras: 02  
Fecha de recepción: 21-04-2014  
Fecha de análisis: 21 - 28 de abril de 2014

**Descripción:**

Código de laboratorio: 08.0428  
Estado: líquida  
Fecha entrega de resultados: 06-05-2014  
Observaciones: Los resultados corresponden únicamente a la muestra analizada en laboratorio.  
Muestreado por: Cliente  
Análisis Solicitado: Físico-Químico, Biológico, Microbiológico

**RESULTADOS:**

**PROPIEDADES ORGANOLÉPTICA**

Muestra	Corresponde
M9	Código 07. Laguna de oxidación San José Pablo Arenas. Entrada 01
M10	Código 08. Laguna de oxidación San José Pablo Arenas. Salida 02

**MICROBIOLÓGICO**

Muestra	Corresponde	E Coli (UFC/ml)	Coliformes totales (UFC/ml)
M9	Código 07	MNPC	MNPC
M10	Código 08	MNPC	MNPC

MNPC: Muy Numerosas para contar

**FISICO – QUÍMICO- BIOLÓGICO**

Muestra	pH	Conductividad eléctrica (us/cm)	Densidad (g/ml)	Color (UC)	Turbidez (NTU)
M9	7.42	424	0.9997	489	49.4
M10	7.23	498	0.9995	334	24.0

Muestra	Sólidos Totales (mg/L)	Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Alcalinidad Total (mg/l)
M9	535	56	486
M10	480	78	274

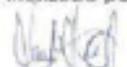
Muestra	Nitritos NO <sub>2</sub> (ppm)	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (ppm)	Amonio (NH <sub>4</sub> ) (ppm)	Fosfatos PO <sub>4</sub> (ppm)	Sulfatos SO <sub>4</sub> (ppm)	Cloro Total (ppm)	Cloro residual (ppm)
M9	0.15	4	1.00	10.2	169	0.39	0.24
M10	0.09	4	5.80	6.0	193	0.14	0.11

Muestra	Hierro Total	Cobre (ppm)	DBO5 (mg O <sub>2</sub> /l)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)
M9	2.21	1.78	189	612
M10	1.50	0.96	145	534

#### MÉTODOS DE LABORATORIO

Determinación de	Método
pH	Potenciométrico
Conductividad	Conductimétrico
Densidad, sólidos totales, fijos y volátiles	Gravimétrico
Turbidez	Nefelométrico
Dureza total	Volumétrico
Nitritos, Fosfatos, Cloro total y residual	Fotométrico
DBO	Cuantificación respirométrica
DQO	Oxidación Química

Analizado por:

  
 Dra. Moraima Mera  
 Jefa Laboratorios ECAA



## ANEXO D

### Fotografías



Fotografía 1. Equipo de protección para toma de muestras en las Plantas de tratamiento.



Fotografía 2. Medición de caudales Laguna de oxidación Pablo Arenas



Fotografía 3. Toma de muestra simple Planta de tratamiento Cahuasqui



Fotografía 4. Muestra compuesta Planta de tratamiento Cahuasqui



Fotografía 5. Etiquetado de muestra Planta de tratamiento Cahuasqui



Fotografía 6. Cadena de custodia laboratorio de la Universidad Católica