

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



**UNIDAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE**

**TEMA:**

“ESTUDIO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PRODUCIDAS EN EL HOGAR, COMO AGUA DE REGADÍO EN LA CASA PROTOTIPO DEL BARRIO CHAN, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI, 2015.”

Tesis de grado presentada como requisito previo a la obtención de Título de Ingeniero en Medio Ambiente

**Autor:** Mario Ricardo Armas Solís.

**Director:** Ing. Renán Lara Landázuri.

**Latacunga ó Ecuador**

**2015.**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, MARIO RICARDO ARMAS SOLÍS, portador de la Cédula de Ciudadanía No. 050307400-7, libre y voluntariamente declaro que la tesis titulada **ESTUDIO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PRODUCIDAS EN EL HOGAR, COMO AGUA DE REGADÍO EN LA CASA PROTOTIPO DEL BARRIO CHAN, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI, 2015** es original, autentica y personal. En tal virtud, declaro que el contenido será de mi sola responsabilidad legal y académica.

**POSTULANTE:**

---

Mario Ricardo Armas Solís

**C.C. 050307400-7**



## AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Cumpliendo con lo estipulado en el capítulo V Art. 12, literal f del Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Director del Tema de Tesis: **ESTUDIO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PRODUCIDAS EN EL HOGAR, COMO AGUA DE REGADÍO EN LA CASA PROTOTIPO DEL BARRIO CHAN, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI, 2015**ö debo confirmar que el presente trabajo de investigación fue desarrollado de acuerdo con los planteamientos requeridos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que se encuentra habilitada para presentarse al acto de Defensa de Tesis, la cual se encuentra abierta para posteriores investigaciones.

---

Ing. M.Sc. Renán Lara Landázuri

DIRECTOR DE TEIS

C.C. 0400488011-1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**LATACUNGA – COTOPAXI – ECUADOR**

## **CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL**

En calidad de miembros de Tribunal de la Tesis Titulada: **“ESTUDIO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PRODUCIDAS EN EL HOGAR, COMO AGUA DE REGADÍO EN LA CASA PROTOTIPO DEL BARRIO CHAN, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI, 2015”** de autoría del egresado Mario Ricardo Armas Solís, CERTIFICAMOS que se ha realizado las respectivas revisiones, correcciones y aprobaciones al presente documento.

**Atentamente:**

---

Dr. M.Sc. Carlos Mantilla  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

Ing. M.Sc. Vinicio Mogro  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

Ing. M.Sc. Alexandra Tapia  
OPOSITOR DEL TRIBUNAL

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

Yo, Lic. Mgs. Martha Cecilia Cueva con cédula de identidad N°170502244-8 en mi calidad de profesora del idioma inglés de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico haber revisado el resumen de la tesis del señor Mario Ricardo Armas Solís, egresado de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Dejando el contenido bien estructurado y libre de errores.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, el interesado pueden hacer uso del presente documento como crean conveniente.

**Lo certifico:**

---

Lic. Mgs. Martha Cecilia Cueva

CI. N°. 170502244-8

## AGRADECIMIENTO

El presente proyecto se llevó a cabo gracias a mis padres Mario y Eulalia, por su amor, apoyo moral y económico, a la Familia Ronquillo Caiza quienes como beneficiarios, brindaron su ayuda económica en la implementación del proyecto planteado.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por acogerme en sus aulas y darme la oportunidad de realizar mis estudios superiores, en los cuales compartí muy buenos momentos con docentes y amigos quienes impartieron sus conocimientos de manera desinteresada, sin lugar a duda fueron una destacada influencia en mi formación como profesional.

Al Ingeniero Master Renán Lara por su amistad y conocimientos impartidos tanto a lo largo de mi carrera estudiantil, como en la elaboración de la tesis, a los sinodales Ing. Alexandra Tapia, Dr. Carlos Mantilla e Ing. Vinicio Mogro, por sus consejos para la aprobación del proyecto, en fin a todos los docentes que intervinieron directa e indirectamente en esta trayectoria.

*Mario Ricardo Armas Solís*

# DEDICATORIA

## **A mi madre Eulalia**

Por su amor, sus consejos, motivación y por su apoyo y amor incondicional durante toda mi vida, lo cual me ha servido para ser una persona de bien.

## **A mi padre Mario**

Por los ejemplos de humildad, perseverancia, y valores que lo caracterizan, ha sido y seguirá siendo un pilar fundamental en la trayectoria de mi formación tanto académica como ser humano.

## **A mis familiares**

Mis hermanos Juan, Johanna y Priscila quienes me ha demostrado que todo es posible con la ayuda de Dios, el esfuerzo y dedicación de cada uno, a mi cuñada Paola quien me ayudo con la redacción y mis familiares que participaron directa e indirectamente en la elaboración de esta tesis.

*Mario Ricardo Armas Solís*

# ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL .....	iv
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT .....	xx
INTRODUCCIÓN .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	2
OBJETIVOS.....	4
OBJETIVO GENERAL .....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
PREGUNTA CIENTÍFICA .....	5

CAPÍTULO I.....	6
1.    FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	6
1.1.  Antecedentes .....	6
1.2.  Agua.....	8
1.2.1.  Definición del Agua.....	8
1.2.2.  Propiedades del Agua. ....	8
1.2.3.  Importancia del Agua.....	12
1.2.4.  Usos del Agua .....	13
1.3.  Contaminantes del Agua .....	14
1.3.1.  Definición de Contaminación.....	14
1.3.2.  Parámetros para medir la contaminación .....	14
1.3.3.  Contaminación por Aguas residuales. ....	16
1.4.  Aguas Grises.....	19
1.4.1.  Definición de Aguas Grises.....	19
1.4.2.  Olores Generados por las Aguas Residuales.....	20
1.4.3.  Usos de las aguas grises .....	21
1.5.  Sistema de Tratamiento de Aguas .....	22
1.5.1.  Concepto Sistema de Reutilización de Aguas.....	22
1.5.2.  Tipos de Tratamiento .....	22
1.6.  Normativa Legal Vigente.....	28
1.6.1.  Constitución Política.....	28
1.6.2.  Tratados Internacionales .....	30
1.6.3.  Leyes y Decretos Legislativos.....	30
1.6.4.  Normas Reglamentarias. ....	34

1.7. MARCO CONCEPTUAL.....	38
CAPÍTULO II.....	42
2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	42
2.1. Recursos .....	42
2.1.1. Institucionales.....	42
2.1.2. Humanos. ....	42
2.1.3. Tecnológicos. ....	43
2.1.4. Materiales de Campo.....	43
2.1.5. Materiales de construcción.....	43
2.1.6. Materiales de oficina. ....	44
2.2. Características del sitio Experimental.....	44
2.2.1. Ubicación macro del ensayo. ....	44
2.2.2. Climatología. ....	46
2.2.3. Ubicación micro del ensayo. ....	47
2.3 Diseño Metodológico.....	47
2.3.1. Investigación Analítica. ....	48
2.3.2. Investigación Descriptiva.....	48
2.3.3. Investigación de Campo.....	48
2.4. Métodos y técnicas .....	49
2.4.1. Método Analítico. ....	49
2.4.2. Método Deductivo. ....	49
2.4.3. Método inductivo.....	49
2.5. Técnicas .....	50

2.5.1.	Observación Directa. ....	50
2.5.2.	Fichaje.....	50
2.5.3.	Muestreo.....	50
2.6.	Metodología.....	51
2.6.1.	Verificación de la Condición Hidráulica Sanitaria de la Casa. ....	51
2.6.2.	Requisitos de Higiene y Seguridad para Toma de Muestras de Agua..	51
2.6.3.	Procedimiento para la Recolección de la Muestra Puntual.....	52
2.7.	Interpretación de Resultados .....	55
2.7.1.	Identificación del Efluente a Analizar. ....	55
2.7.2.	Recepción de Muestra de Análisis.....	55
2.7.3.	Interpretación de Resultados Antes del Sistema de Tratamiento.....	57
CAPÍTULO III .....		63
3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS GRISES.....		63
3.1.	Bases del Diseño.....	64
3.1.1.	Resultados de la Muestra de Análisis. ....	64
3.1.2.	Periodo de Diseño.....	65
3.1.3.	Caudales de Aforo y Diseño.....	65
3.2.	Trampa de Grasas. ....	66
3.2.1.	Calculo de la Trampa de Grasa. ....	67
3.2.2.	Características de la Trampa de Grasa.....	69
3.2.3.	Requisitos previos para la Trampa de Grasa.....	71
3.2.4.	Mantenimiento de la Trampa de Grasa.....	71
3.3.	Filtro Lento de Arena.....	72
3.3.1.	Calculo del Filtro Lento de Arena. ....	72

3.3.2.	Características del Filtro Lento de Arena. ....	76
3.3.3.	Requisitos del Filtro Lento de Arena. ....	78
3.3.4.	Mantenimiento del Filtro Lento de Arena. ....	78
3.4.	Sistema Recolector. ....	78
3.4.1.	Cálculo para el Sistema Recolector. ....	79
3.4.2.	Características del Sistema Recolector. ....	79
3.4.3.	Requisitos del Sistema Recolector. ....	80
3.4.4.	Mantenimiento del Sistema Recolector. ....	81
3.5.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO. ....	81
3.5.1.	Replanteo. ....	81
3.5.2.	Deshierbe y limpieza. ....	82
3.5.3.	Excavación. ....	82
3.5.4.	Nivelación y Empedrado. ....	82
3.5.5.	Fundición del Hormigón. ....	82
3.5.6.	Armado de Paredes del Sistema de Tratamiento. ....	83
3.5.7.	Revestimiento de Paredes. ....	83
3.5.8.	Tuberías Válvulas y Accesorios. ....	83
3.5.9.	Tamizado y Lavado de Gravas. ....	84
3.5.10.	Colocación de materiales al filtro lento de arena. ....	84
3.5.11.	Prueba Hidráulica de los Tanques. ....	84
3.6.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. ....	85
3.6.1.	Identificación del Efluente a Analizar. ....	85
3.6.2.	Recepción de la Muestra de Análisis. ....	85
4.	CONCLUSIONES. ....	97

5.	RECOMENDACIONES.....	98
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA .....	99
	ANEXOS.....	102

# ÍNDICE DE TABLAS

## CONTENIDO

## PÁGINA

Tabla N° 1: Tratamientos Físicos .....	24
Tabla N° 2: Coordenadas Geográficas.....	45
Tabla N° 3: Ubicación Macro.....	45
Tabla N° 4: Conformación De Los Barrios De La Parroquia "Eloy Alfaro" .....	46
Tabla N° 5: Límites Del Barrio Chan. ....	46
Tabla N° 6: Información Meteorológica.....	47
Tabla N° 7: Análisis E Interpretación De Resultados.....	56
Tabla N° 8: Medición De Caudal Aforado.....	65
Tabla N° 9: Unidades De Gasto Por Artefacto Sanitario Para El Diseño De Trampas De Grasas. ....	67
Tabla N° 10: Unidades De Gasto Utilizados En La Casa Prototipo.....	67
Tabla N° 11: Dimensiones Recomendadas Para Las Trampa Grasa, Según El Caudal De Diseño.....	69
Tabla N° 12: Criterio Para El Diseño Del Filtro Lento De Arena.....	73
Tabla N° 13: Capacidad Necesaria En Plantas De Tratamiento Con Filtros Lentos.	74
Tabla N° 14: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola. ....	86
Tabla N° 15: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola. ....	87
Tabla N° 16: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola. ....	88
Tabla N° 17: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola. ....	89

Tabla N° 18: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola. ....	90
Tabla N° 19: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola. ....	91
Tabla N° 20: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola. ....	92
Tabla N° 21:: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola.....	93
Tabla N° 22: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola. ....	94
Tabla N° 23: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola. ....	95
Tabla N° 24: Comparación De Muestras Y Cumplimiento Con La Norma Legal Para Aguas De Uso Agrícola. ....	96

# ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
Figura N° 1: Comparación De Sistemas De Tratamiento Biológico Aeróbico Y Anaeróbico. ....	25
Figura N° 2: Tipos De Humedales A) Flujo Superficial, B) Flujo Sub-Superficial..	27
Figura N° 3: Cantón Latacunga.....	45
Figura N° 4: Etiqueta De Frascos. ....	53
Figura N° 5: Sello Para Cooler. ....	54
Figura N° 6: Aceites Y Grasas, Antes Del Sistema De Tratamiento.....	57
Figura N° 7: Bicarbonatos, Antes Del Sistema De Tratamiento. ....	58
Figura N° 8: Cloruros, Antes Del Sistema De Tratamiento.....	58
Figura N° 9: Coliformes Totales, Antes Del Sistema De Tratamiento.....	59
Figura N° 10: Conductividad, Antes Del Sistema De Tratamiento.....	59
Figura N° 11: DBO, Antes Del Sistema De Tratamiento. ....	60
Figura N° 12: DQO, Antes Del Sistema De Tratamiento. ....	60
Figura N° 13: Nitrógeno Total, Antes Del Sistema De Tratamiento.....	61
Figura N° 14: PH, Antes Del Sistema De Tratamiento. ....	61
Figura N° 15: Sólidos Totales Disueltos, Antes Del Sistema De Tratamiento. ....	62
Figura N° 16: Sulfatos, Antes Del Sistema De Tratamiento.....	62
Figura N° 17: Diseño De La Trampa De Grasas. ....	70
Figura N° 18: Corte De La Trampa De Grasas. ....	70
Figura N° 19: Diseño Del Filtro Lento De Arena. ....	77
Figura N° 20: Corte Del Filtro Lento De Arena.....	77
Figura N° 21: Diseño Del Sistema Recolector De Agua. ....	80
Figura N° 22: Corte Del Sistema Recolector De Agua.....	80
Figura N° 23: Aceites Y Grasas, Después Del Sistema De Tratamiento.....	86

Figura N° 24: Bicarbonatos, Después Del Sistema De Tratamiento.....	87
Figura N° 25: Cloruros, Después Del Sistema De Tratamiento.....	88
Figura N° 26: Coliformes Totales, Después Del Sistema De Tratamiento.....	89
Figura N° 27: Conductividad, Después Del Sistema De Tratamiento.....	90
Figura N° 28: DBO, Después Del Sistema De Tratamiento. ....	91
Figura N° 29: DQO, Después Del Sistema De Tratamiento.....	92
Figura N° 30: Nitrógeno Total, Después Del Sistema De Tratamiento.....	93
Figura N° 31: PH, Después Del Sistema De Tratamiento. ....	94
Figura N° 32: Sólidos Totales Disueltos, Después Del Sistema De Tratamiento.....	95
Figura N° 33: Sulfatos, Después Del Sistema De Tratamiento.....	96

**TÍTULO: ðESTUDIO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PRODUCIDAS EN EL HOGAR, COMO AGUA DE REGADÍO EN LA CASA PROTOTIPO DEL BARRIO CHAN, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI, 2015.ö**

**AUTOR:** Mario Ricardo Armas Solís.

**DIRECTOR:** Ing. M.Sc. Renán Lara Landázuri.

## **RESUMEN**

La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo principal de mejorar la eficiencia del uso de agua para regadío en el sector rural de la Provincia de Cotopaxi, para disminuir la demanda de agua potable. Este trabajo consta de investigación, análisis y aplicación; en particular, esta última parte corresponde al diseño e implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises.

El proyecto propuesto se construyó en el restaurante ðLa Tongaö, el cual se encuentra ubicado en el sector Chan, de la Provincia de Cotopaxi. Durante el diseño se efectuó pruebas hidráulicas para verificar su capacidad y eficiencia del sistema.

Los resultados obtenidos en la muestra #1 del análisis de calidad de agua, dieron como resultados: Aceites y Grasas (904,20 mg/l), Bicarbonatos (2,25 meq/l), Cloruros (2,9 meq/l), Coliformes Totales (15.000 nmp/100ml), Conductividad Eléctrica (6,78 ms/cm), Sólidos Totales Disueltos (5.402 mg/l), pH (8,4), los resultados obtenidos en la muestra #2 son: Aceites y Grasas (12,40 mg/l), Bicarbonatos (0,66 meq/l), Cloruros (2,9 meq/l), Coliformes Totales (2400.000 nmp/100ml), Conductividad Eléctrica (1,34 ms/cm), Sólidos Totales Disueltos (1.742 mg/l), pH (8,1). Los resultados obtenidos en laboratorio, y la comparación con los

Límites Máximos Permisibles para agua de riego, se concluye que las aguas grises tratadas son aptas para irrigar los campos; sin embargo, se recomienda realizar el mantenimiento, cuidado y limpieza del sistema para su correcto funcionamiento.

## **ABSTRACT**

**TITLE: "STUDY FOR THE REUSE OF DOMESTIC HOME WATER, AS AN IRRIGATION WATER IN THE PROTOTYPE HOUSE OF THE CHAN NEIGHBORHOOD, IN LATACUNGA CANTO, COTOPAXI PROVINCE, 2015ö**

**AUTHOR:** Mario Ricardo Armas Solis

**DIRECTOR:** Ing. M.Sc. Renán Lara Landázuri.

The investigation was carried out with the aim of improving the efficiency use of water for irrigation in the rural sector in the Cotopaxi province, to decrease the demand for drinking water. This work consists of research, analysis and implementation; in particular, corresponds to the design and implementation of treatment system used water.

The proposed project was built in the restaurant "La Tonga", which is located in the sector Chan, in the province of Cotopaxi. During the design the hydraulic test was carried out to verify the capability and the system efficiency.

The results obtained in the sample #1 of water quality analysis gave as results: Oils and Fats (904,20 mg/l), bicarbonates (2.25 meq/l), chlorides (2.9 meq/l), Total Coliforms (15,000 nmp/100ml), Electrical Conductivity (6.78 ms/cm), Total Dissolved Solids (5.402 mg/l), pH (8.4), the results obtained in the sample #2 are: Oils and greases (12.40 mg/l), bicarbonates (0.66 meq/l), chlorides (2.9 meq/l), Total Coliforms (2400.000 NMP/100ml), Electrical Conductivity (1.34 ms/cm), Total Dissolved Solids (1,742 mg/l), pH (8.1). The results obtained in the laboratory, and the comparison with the Maximum Permissible Limits for irrigation water, it is

concluded that the domestic used water treated are suitable to irrigate fields; however, it is recommended to perform the maintenance, care and cleaning of the system for correct operation.

# INTRODUCCIÓN

A nivel mundial al hablar de aguas grises, se trata de aguas sucias con un bajo nivel de contaminantes y poca presencia de productos orgánicos; es decir, aguas no potables pero que con tratamiento de regeneración o depuración asequibles, se podrían reutilizar en distintas actividades que no requieren de la potabilización tales como el lavado, limpieza doméstica, duchas, riego, etc., las mismas que representan aproximadamente el 65% de agua potable que ingresa en nuestros hogares.

En el Ecuador, la reutilización de aguas grises en las edificaciones es muy poco generalizada, debido a que suelen ser combinadas con las aguas negras y se eliminan mediante un sistema de alcantarillado compartido en un proceso llamado desagüe cloacal, el que desemboca en los ríos agravando la contaminación de los volúmenes de agua disponibles, lo que afecta a los usos benéficos como son riego, recreación mediante contacto primario, agua para consumo humano, propagación de especies acuáticas, etc.

El sector rural de la provincia de Cotopaxi, vive históricamente con problemas de acceso al agua, soportando periodos de sequías recurrentes, esto sumado a la falta de infraestructura adecuada para la reutilización de aguas grises, lo que ocasiona una pérdida del recurso hídrico el cual puede ser utilizado para regadío e incluso para las actividades diarias del ser humano que no requieran agua potable.

La presente investigación tiene por objeto de estudio las aguas grises de la casa prototipo ubicado en el Barrio Chan del Cantón Latacunga, con el propósito de instalar un sistema de tratamiento que ayude a depurar el efluente y este sea descargado de nuevo al ambiente.

## JUSTIFICACIÓN

Los problemas socio-ambientales que tiene el sector rural en escasas de agua la misma que se agrava en época de estiaje, esto se ve reflejado en el diario vivir de estos sectores, por esta razón se siente en la necesidad de reutilizar las aguas grises proveniente del hogar, y de esta manera prevenir, mitigar y reducir el daño ambiental que generan las aguas residuales, lo cual sin lugar a duda aportará a la conservación y recuperación de los espacios naturales degradados, y de esta manera vivir en un ambiente sano que garantice el buen vivir, *sumak kawsay*.

El Barrio Chan cuenta con agua para consumo humano proveniente de la vertiente ÕPanguiguaõ localizada al sureste de la provincia de Cotopaxi, pero al igual que los barrios aledaños no cuentan con agua para regadío lo cual incrementa el uso de agua de buena calidad en actividades que no es necesario agua potable.

En las zonas rurales se acostumbra realizar depósitos destinados a la desintegración de las materias orgánicas contenidas en las aguas residuales, a estos depósitos se les llama Õfosas sépticasõ o Õfosas ciegasõ, en estas se mezclan las aguas negras o de servicios higiénicos y aguas grises provenientes de la ducha, lavabo, limpieza doméstica, las aguas grises no contienen contaminantes orgánicos por lo que se pueden depurar para reutilizar como fuente de irrigación y de esa manera beneficiar al sector rural.

Las aguas grises si las deseamos sin ningún tratamiento presentan daños a la salud, contaminación al medio ambiente y mal olor es más si estas aguas quedan encharcadas por más de veinticuatro horas se convierten en aguas negras sumamente peligrosas para la salud.

Ante esta situación, se plantea el aprovechamiento de este efluente que, tras un tratamiento adecuado, se transforme en agua útil para irrigar sus cultivos. Para ello, se procederá a tomar muestras del efluente para enviarlas analizar en laboratorio y determinar los parámetros que sobrepasan los niveles permisibles según la ley vigente para agua de riego, de esta manera se procederá al diseño e implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises.

Los beneficiarios directos de la implementación del proyecto de investigación son la familia Ronquillo propietarios de la casa prototipo, puesto que, son aquellos que participarán directamente del mismo.

# **OBJETIVOS**

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar el estudio de las aguas grises de un hogar, para reutilizar como agua de regadío, mediante el diseño e implementación de un sistema de tratamiento, en el barrio Chan, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi, Periodo 2015.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar e interpretar los resultados de la calidad del agua mediante una comparación con la normativa vigente.
- Diseñar e implementar un sistema de tratamiento de agua grises para la irrigación en los campos de la casa prototipo.
- Evaluar el sistema de tratamiento de aguas grises mediante un análisis de laboratorio.

## **PREGUNTA CIENTÍFICA**

¿El desconocimiento sobre la reutilización de las aguas grises en el hogar provoca el desaprovechamiento del recurso hídrico, como fuente para irrigar los cultivos en el barrio Chan?

# CAPÍTULO I

## 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1. Antecedentes

María del Mar Pérez, en junio de 2006 realizó un tratamiento avanzado de aguas residuales para riego mediante oxidación con ozono en la ciudad de Madrid, España en el cual puso en marcha un plan para aprovechar los recursos hídricos de la región, y que contempla el reciclaje del agua de las depuradoras. La desinfección por medio del ozono está de sobra probada, habiéndose evidenciado que es capaz de destruir esporas de *Bacillus subtilis*, la forma más resistente de los microorganismos, es efectivo frente a gran número de microorganismos sobre los que actúa con gran rapidez, a bajas concentraciones y en un amplio rango de pH, debido a su alto potencial de oxidación. Los daños producidos sobre los microorganismos no se limitan a la oxidación de su pared: el ozono también causa daños a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), provocando la ruptura de enlaces carbono-nitrógeno, lo que da lugar a una despolimerización. Los microorganismos, por tanto, no son capaces de desarrollar inmunidad al ozono como hacen frente a otros compuestos. El ozono, gracias a su alto potencial redox, además de proporcionar una eficaz desinfección y reducir la DBO5, es capaz de eliminar compuestos como cianuros y fenoles, precipitar el hierro y el manganeso, mejorar los caracteres organolépticos del agua (olor, aspecto y sabor) y favorecer la nitrificación (oxida los nitritos, compuestos tóxicos para la fauna acuática, a nitratos).

Rafael Norberto Calle Chumo y Walter Lorenzo Rodas Soto de la Universidad de Guayaquil en julio del 2013, realizaron un estudio de tratabilidad para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en una industria alimenticia en proceso de elaboración de confites ubicada en la parroquia Tarqui, en la cual de los estudios efectuados como el correspondiente Test de Jarras y la cuantificación del agua residual que entra al tanque séptico existente, se observó que se requiere de un tratamiento físico-químico en base a coagulación y clarificación con un pulimento final de filtración y desinfección final. Como conclusión de este informe, se indica que el agua residual del proceso de la empresa, es susceptible de ser tratada mediante un tratamiento inicial físico-químico, responde bien a la dosificación de Poli cloruro de Aluminio (PAC), previamente se realizó una alcalinización de la muestra a niveles de 9-10 de pH.

David Sanz Escribano, en octubre 2007, de la Universidad Politécnica de Valencia España, realizó un estudio de viabilidad de la reutilización de las aguas residuales depuradas en una planta petroquímica mediante tecnología de membrana. La empresa basa sus procesos de fabricación en la producción de caprolacama que a su vez es materia prima para la producción de nylon, está situada a 1 km. Del mar Mediterráneo. En el estudio se realizaron ensayos con membrana de ultra fijación (UF) en el cual se pudo comprobar que las membranas son capaces de reducir en mayor grado la turbidez y, el material coloidal, así mismo se procedió hacer ensayos con carbón activado dando buenos resultados, por esta razón se procedió a elaborar un sistema osmosis inversa (OI) de ambas líneas de tratamiento, cumple las especificaciones necesarias en cuanto a la calidad de agua osmotizada.

## 1.2. Agua

### 1.2.1. *Definición del Agua*

(FRAUME, 2006) "Cuerpo formado por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógenos, dispuestos en un ángulo de  $104,5^\circ$ , con el oxígeno en el vértice de fórmula  $H_2O$ ". p.15

### 1.2.2. *Propiedades del Agua.*

(HILL, 1999) "El agua es una sustancia muy conocida, pero no deja de ser un compuesto fuera de lo común". p. 325.

#### *a. Propiedades Físico-Químicas del Agua.*

Según (SANTAFÉ, 2009). p.14, 17, 18.

A temperatura ambiente, el agua pura es inodora, insípida e incolora, aunque adquiere una leve tonalidad azul en grandes volúmenes, debido a la refracción de la luz al atravesarla, ya que absorbe con mayor facilidad las longitudes de onda larga (rojo, amarillo, naranja) que las longitudes de onda corta (azul, violeta), desviando lentamente estas otras, provocando que en grandes cantidades de agua esas ondas cortas se hagan apreciables.

➤ ***Cohesión***

La cohesión es la propiedad con la que las moléculas de agua se atraen a sí mismas, por lo que se forman cuerpos de agua adherida a sí misma, las gotas.

➤ ***Adhesión***

El agua, por su gran potencial de polaridad, cuenta con la propiedad de la adhesión, es decir, el agua generalmente es atraída y se mantiene adherida a otras superficies, lo que se conoce comúnmente como ñmojarö.

➤ ***Capilaridad***

El agua cuenta con la propiedad de la capilaridad, que es la propiedad de ascenso, o descenso, de un líquido dentro de un tubo capilar. Esto se debe a sus propiedades de adhesión y cohesión.

➤ ***Calor Específico***

El calor específico del agua es de 1 cal/°C g. Esta propiedad es fundamental para los seres vivos, ya que gracias a esto, el agua reduce los cambios bruscos de temperatura, siendo un regulador térmico muy bueno.

Según (CRITES, 2000). p. 715-717.

Manifiesta que las propiedades físicas del agua son:

➤ ***Densidad.***

La densidad  $\rho$  de un fluido es su masa por unidad de volumen. En unidades del Sistema Ingles se expresa en slugs por pies cúbicos. Para el agua a 32 °F,  $\rho$  es igual a

1.940 slugs/pie<sup>3</sup>. Al aumentar la temperatura, la densidad del agua presenta un ligero descenso.

➤ ***Peso Específico.***

El peso específico de un fluido es su peso por unidad de volumen. En unidades del Sistema Inglés, se expresa en libras por pie cúbico. La relación entre  $\gamma$ ,  $\rho$  y la aceleración debida a la gravedad  $g$  es  $\gamma = \rho g$ . A temperaturas normales, el valor de  $\gamma$  para el agua es de 2.4 lb/pie<sup>3</sup> (9.81 kN/m<sup>3</sup>).

➤ ***Módulo de Elasticidad.***

Para muchos propósitos prácticos, los líquidos se pueden ver como fluidos no compresibles. El módulo de elasticidad  $E$  se expresa como:

$$E = \frac{\Delta p}{\Delta V/V}$$

Si un volumen  $V$  de líquido se somete a una presión  $p$ , el aumento en la presión ( $\Delta p$ ) trae como resultado una disminución en el volumen  $\Delta V$ .

➤ ***Viscosidad Dinámica.***

La viscosidad de un fluido  $\mu$  es una medida de su resistencia a una fuerza tangencial o esfuerzo cortante. La viscosidad en unidades del Sistema Inglés se expresa en libra-segundo por pie cuadrado.

➤ ***Viscosidad Cinemática.***

En muchos problemas relacionados con fluidos en movimiento, la viscosidad aparece relacionada con la densidad en la forma  $\mu/\rho$ ; esa relación se convierte en el término  $\nu$ , conocido como viscosidad cinemática y se expresa en pies cuadrados por segundo, o

Stokes para el Sistema Inglés de unidades. La viscosidad cinemática de un líquido disminuye con el aumento de la temperatura.

➤ ***Tensión Superficial.***

La tensión superficial es la propiedad física que permite a una gota de agua mantenerse en suspensión en un grifo, a un vaso llenarse casi hasta el borde sin que derrame el contenido, o a una aguja flotar en la superficie de un líquido. La tensión superficial por unidad de longitud se expresa en libras por pie. Una leve disminución de la tensión superficial se presenta cuando la temperatura aumenta.

➤ ***Presión de Vapor.***

Las moléculas líquidas que poseen suficiente energía cinética son arrojadas fuera del cuerpo principal de un líquido en su superficie libre y pasan a ser parte del vapor. La presión ejercida por este vapor se conoce como presión de vapor pv. La presión de vapor de agua a 32 °F es 0.091bf/pulg<sup>2</sup>.

***a. Propiedades Biológicas del Agua***

Según (SANTAFÉ, 2009). p.19-20

Manifiesta que el agua es esencial para todos los tipos de vida, por lo menos tal y como la entendemos.

- El agua es excelente disolvente de sustancias tóxicas y compuestos bipolares. Incluso moléculas biológicas no solubles, como lípidos, forman con el agua, dispersiones coloidales.
- Participa como agente químico reactivo en las reacciones de hidratación, hidrolisis y redox.
- Permite la difusión, es decir, el movimiento en su interior de partículas sueltas, constituyendo el principal transporte de muchas sustancias nutritivas.

- Constituye un excelente termorregulador (calor específico), permitiendo la vida de organismos en una amplia variedad de ambientes térmicos. Ayuda a regular el calor de los animales.
- Tiene un importante papel como absorbente de radiación infrarroja, crucial en el efecto invernadero.
- Interviene en el mantenimiento de la estructura celular. Proporciona flexibilidad a los tejidos.
- Actúa como vehículo de transporte en el interior de un ser vivo y como medio lubricante en sus articulaciones.

### **1.2.3. Importancia del Agua**

(GLYNN, 1999) «Los recursos hidráulicos han tenido una importancia crítica para la sociedad humana desde que las personas descubrieron que podía producir alimentos cultivando plantas.» p. 338.

Las ciudades y pueblos que surgieron desde el este de Egipto hasta Mesopotamia (Iraq en nuestros días) luego de la revolución agrícola que tuvo lugar alrededor del año 3500 a. C. requerían una provisión disponible de agua para sus necesidades domésticas y agrícolas. Con el tiempo, el agua corriente impulso maquinas que cortaban madera, molían granos y suministraban potencia motriz para muchos procesos industriales. La abundancia del agua la hacía ideal como disolvente universal para limpiar y arrastrar todo tipo de residuos de las actividades humanas. Hasta hace poco el enfoque del suministro del agua para cualquier propósito era sencillo: o bien ubicarse cerca del agua, como lo hicieron muchas ciudades, o almacenar y transportarse en ella hasta el lugar donde se necesitaba. Una vez utilizada, el agua se descargaba por lo general en el cuerpo de agua más próximo, en muchos casos en la misma fuente de la cual procedía. El suministro a bajo costo de grandes cantidades de agua fue uno de los cimientos de la sociedad moderna.

#### **1.2.4. Usos del Agua**

**(Ley Orgánica de Recursos Hídricos, 2014). Artículo 88. Se entiende por uso del agua su utilización en actividades básicas indispensables para la vida, como el consumo humano, el riego, la acuicultura y el abrevadero de animales para garantizar la soberanía alimentaria en los términos establecidos en la Ley. p. 20**

Según (CASAS. José M., 2007)p. 68-69.

Manifiesta que el agua la podemos usar no solo para estar vivos sino que es imprescindible para muchas actividades humanas como la industria, la agricultura, la navegación, etc.

##### **➤ Usos Urbanos.**

Aquí se incluyen los derivados de la higiene (ducha, lavado de dientes, cara, etc.), el lavado de ropa, la limpieza de la casa, el uso del inodoro, pero también el agua que se usa para limpiar las calles, etc.

##### **➤ Usos Industriales.**

La industria usa el 23% del agua que se extrae. La mayor parte del agua en este uso es destinado como disolvente, la limpieza y en la refrigeración de procesos industriales que generan calor.

➤ *Uso Agrícola.*

Los suelos cultivados requieren la mayor parte del agua. La cantidad de agua que se utilice para este fin depende del clima. La necesidad de extraer el agua para destinarlo a ese uso es distinta en un país con clima semidesértico a un país con clima que tenga precipitaciones abundantes.

### **1.3. Contaminantes del Agua**

#### ***1.3.1. Definición de Contaminación***

**(MIHELCIC, 2012). Contaminación puede definirse como la introducción de una sustancia en el medio ambiente a niveles que llevan a la pérdida de uso benéfico de un recurso la degradación de la salud de los seres humanos, la vida silvestre o los ecosistemas. p. 310.**

(CASAS. José M., 2007)“La contaminación del agua consiste en la alteración de las propiedades químicas (sustancias disueltas), físicas (variaciones en la temperatura) y biológicas (variaciones en la presencia de seres vivos) del agua.” p. 71-73.

#### ***1.3.2. Parámetros para medir la contaminación***

**(SANTAFÉ, 2009). La necesidad de cuantificar las sustancias que tienen capacidad de contaminar una masa de agua potable (solubles, insolubles, biodegradables o bioresistentes), ha traído como consecuencia, en primer lugar, el tener que definir lo que se entiende por contaminación, y en segundo lugar, el fijar unos parámetros o variables que permitan cuantificarla. p. 30-32.**

Esta cuantificación no nos permite compararla, ya que es imposible, pero si tratar de eliminarla, y si esto no es factible (que no lo es totalmente en la mayoría de los casos), mitigarla, hasta tal punto, que su acción sea minimizada para poder utilizar el agua en los distintos usos a que necesita destinarla el hombre.

Generalmente, los parámetros que se utilizan para determinar la calidad de un agua pueden ser:

- ***Físicos.***- Estos parámetros dan una información clara de determinadas características del agua, como son el pH, los sólidos en suspensión, color, olor, sabor, temperatura, turbidez, conductividad, etc.
  
- ***Químicos inorgánicos.***- Abarca todos los cationes, aniones, metales traza, determinados índices de contaminación, etc. Todos indican, en cada momento, las características del agua que interesan para un objetivo propuesto. Pueden encontrarse de diversas formas, como macro constituyentes, elementos traza o incluso de manera esporádica, como consecuencia de la contaminación. La determinación va en función del parámetro a analizar, pero normalmente se requieren aparatos sofisticados como absorción atómica, infrarrojos, etc.
  
- ***Químicos orgánicos.***-Son el grupo más amplio y complejo, abarcando por un lado indicadores del contenido orgánico en general, como la Demanda Biológica de Oxígeno, Carbono Orgánico Total, o bien otros como aceites y grasas, plaguicidas, detergentes, etc. La determinación de estos parámetros también puede presentar complejidad.

- **Microbiológicos.-** Abarcan dos amplios campos muy diferenciados: los bacterianos y los demás organismos, vegetales o animales, susceptibles de estar presentes en las aguas. A los primeros se refieren, entre otros, los índices de contaminación fecal, empleado para el conocimiento de la calidad del agua de bebida.

### **1.3.3. Contaminación por Aguas residuales.**

Según (MANAHAN, 2006). p. 148

Este tipo de contaminación se produce cuando las aguas procedentes del alcantarillado de ciudades y pueblos se vierten sin limpiar en río y mares. Las aguas residuales urbanas contienen: materia orgánica y compuestos de nitratos y fosfatos que producen eutrofización de las aguas, residuos sólidos como plásticos que pueden ser ingeridos por animales produciendo su muerte, aceites y espumas producen el mismo efecto que en los vertidos industriales, presencia de organismos procedentes de las heces que pueden producir enfermedades, etc.

#### **Aceites y Grasas.**

Son productos orgánicos de origen vegetal, animal o derivados del petróleo, con una baja o nula biodegradabilidad, son de baja densidad y poca solubilidad en el agua por lo que se encuentran en la superficie del líquido que los contiene y forman natas.

Esto impide el intercambio gaseoso entre el agua y la atmósfera, además obstruye la penetración de los rayos solares esto afecta considerablemente a la oxigenación del agua y aumenta el CO<sub>2</sub> lo cual promueve la acidificación del agua.

**Bicarbonatos.**

Son sales ácidas derivadas del ácido carbónico, se origina principalmente del desgaste y disolución de las rocas que contienen carbonatos, pero también su disolución es promovida por la presencia de CO<sub>2</sub> generado por sedimentos ricos en materia orgánica.

El exceso de bicarbonatos presentes en el agua contribuye a la alcalinidad de la misma, por tanto afecta a los cultivos susceptibles, en cuanto a la relación de absorción de sodio ajustada.

**Cloruros.**

Son compuestos muy abundantes en la naturaleza, en aguas residuales urbanas las altas concentraciones de cloruros se debe a concentraciones altas de orina y heces.

Las altas concentraciones de cloruros pueden influir en la corrosividad del agua, afectando a las cañerías metálicas.

**Coliformes Totales.**

Son bacterias que se encuentran presentes en tanto en aguas naturales como residuales, algunas son excretadas en las heces de personas y animales, aunque muchas de ellas son heterótrofos y se multiplican con facilidad en suelos y medios acuáticos, proliferan en sistemas de distribución de agua, principalmente en presencia de biopelículas.

**Conductividad.**

Es la capacidad de un material o de una disolución para transportar corriente eléctrica esto se debe a que este parámetro está muy influenciado por la cantidad de iones en el agua siendo el Calcio y el Magnesio dos de los más importantes. Altos niveles de

salinidad puede afectar en varias formas a las plantas, tales como la presión osmótica más alta alrededor de las raíces previene una absorción eficiente del agua por la planta, además la toxicidad específica de un ion (como el sodio).

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO<sub>5</sub>.**

Mide el oxígeno consumido en la degradación de la materia orgánica por acción microbiana durante 5 días.

### **Demanda Química de Oxígeno.**

Mide la materia orgánica y compuestos inorgánicos que se pueden oxidar y su valor siempre es mayor que el DBO.

### **Nitrógeno Total.**

El nitrógeno total está conformado por el nitrógeno amoniacal más el nitrógeno orgánico, y se encuentra constituido por las formas de nitrógeno correspondientes al nitrato, nitrito y amonio.

En aguas residuales se encuentran grandes cargas de nitrógeno, debido a la materia orgánica presente, en el cual se encuentran compuestos de nitrógeno

### **Potencial de Hidrógeno pH.**

El pH es un parámetro muy importante pues define si las condiciones son ácidas o básicas, un pH menor de 7,0 es una agua ácida, si es mayor a 7,0 se tienen condiciones de agua básica o alcalina y un pH de 7,0 es neutro.

La alteración de este parámetro ocasiona inactividad biológica de los ecosistemas.

### **Sólidos Totales Disueltos (TDS).**

Lo sólidos totales disueltos, hace referencia a la cantidad total de materias disueltas filtrables a través de una membrana con poros de 2.0  $\mu\text{m}$  (o más pequeños) en una proporción de agua conocida (100 mg/l), el cual se evapora a 105 °C, para luego pesarlo, este valor representa la concentración de sólidos disueltos totales.

Afectan al cuerpo de agua por efecto de la turbiedad, esto interfiere en la penetración de los rayos solares, además el exceso de TDS, causa corrosión del equipo y los accesorios, así como una acumulación de incrustaciones.

### **Sulfatos.**

El ion sulfato corresponde a sales moderadamente solubles a muy solubles, procedentes de rocas sedimentarias, que en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido al agua.

Cuando el sulfato se encuentra en altas concentraciones en el agua acida, le confiere propiedades corrosivas que perjudican la resistencia del hormigón.

## **1.4. Aguas Grises**

### ***1.4.1. Definición de Aguas Grises.***

(GALAN, 2010). "Son las aguas residuales domésticas procedentes de lavabos, bañeras, duchas y lavadoras, quedando excluidas las de lavaplatos, fregaderos e inodoros". p. 630.

Esta distinción se hace, entre otras cosas, porque puede ser aprovechada para actividades que no requieren de agua de calidad potable. Sin embargo, el sistema de drenaje típico en los hogares desecha toda el agua directamente al drenaje junto con las aguas negras, contaminando así las aguas grises e impidiendo su posible aprovechamiento.

#### **1.4.2. Olores Generados por las Aguas Residuales**

(CALLE. CHUMO, 2013). "Los olores característicos de las aguas residuales son causados por los gases formados en el proceso de descomposición anaerobia." p.23.

Los principales tipos de olores que generan las aguas residuales tenemos:

- **Olor a moho:** razonablemente soportable: típico de agua residual fresca.
- **Olor a huevo podrido:** "insoportable"; típico del agua residual vieja o séptica, que ocurre debido a la formación de sulfuro de hidrógeno que proviene de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos.
- **Olores variados:** ocasionados por productos descompuestos, como repollo, legumbres, pescado, de materia fecal, de productos rancios, de acuerdo con el predominio de productos sulfurosos, nitrogenados, ácidos orgánicos, etc.

### *1.4.3. Usos de las aguas grises*

**(MORELL, 2000). La reutilización de aguas residuales domésticas es una buena práctica muy extendida en numerosos países áridos o semiáridos de manera que hoy día este tipo de aguas ha entrado a formar parte del ciclo hidrológico y a ser consideradas como recursos hídricos alternativos que deben ser tenidos en cuenta en todo balance. p. 415-416.**

Son numerosos los usos que en diversas partes del mundo se dan a las aguas residuales (Azano, 1985), tales como riego agrícola (cultivos y semilleros), riego de parques y jardines (campos de golf, cementerios, medianas, cinturones verdes), reutilización industrial (refrigeración, alimentación de calderas), recarga artificial (recarga de acuíferos, control de la intrusión marina, control de subsidencias), usos urbanos no potable (riego de zonas verde, lucha contra incendios, sanitarios, lavado de coches, riego de calles, uso medio ambiental(caudales ecológicos, zonas húmedas) u otro (acuicultura, construcción, eliminación de polvo, limpieza de ganado). Esta reutilización representa una forma de conseguir que los recursos hídricos convencionales se dediquen a cubrir aquellas demandas que exigen una calidad más elevada del agua.

Algunas limitaciones potenciales al uso de aguas residuales son posibles efectos sobre la calidad de agua superficial o subterránea, sobre la salinidad del suelo, los propios cultivos, algunos aspectos relacionados son la salud pública- particularmente la transmisión de patógenos-, aspectos estéticos, etc. Todas estas razones causa algunas dificultades de aceptación social que solo puede mejorarse con una gestión adecuada.

(GALAN, 2010). "Una iniciativa importante en el ahorro de agua consiste precisamente en el reusó de aguas grises en los hogares." p.630.

Las aguas grises representan entre el 50% y el 80% de las aguas residuales residenciales, y pueden ser aprovechadas para evacuar inodoros, regar jardines o realizar la limpieza de ciertas áreas. Al aprovechar las aguas grises se reduce la demanda de agua potable, con todas las consecuencias positivas que esto tiene para el ambiente y la sociedad.

## **1.5. Sistema de Tratamiento de Aguas**

### **1.5.1. Concepto Sistema de Reutilización de Aguas.**

Según (OSORIO ROBLES, 2010).p.7.

Manifiesta que el Sistema de reutilización de aguas es el conjunto de instalaciones que incluyen la estación regeneradora de aguas, en su caso, y las infraestructuras de almacenamiento y distribución de las aguas regeneradas hasta el punto de entrega a los usuarios, con la dotación y calidad definida según los usos previstos.

### **1.5.2. Tipos de Tratamiento**

**(VIDAL, 2006). Los sistemas de tratamiento resultan de la combinación de procesos y operaciones unitarias en los que se pueden diferenciar distintos niveles para las aguas residuales, dependiendo de los objetivos que se desean cumplir. p. 32.**

Según (RIGOLA LAPENÑA, 2005).

Manifiesta que el objetivo de cualquier tratamiento es eliminar los componentes definidos como contaminantes, molestos o con efectos nocivos para el medio ambiente, y ajustar la calidad del agua vertida a las especificaciones legales. La mejor forma de tratar un agua residual depende de una serie de factores:

- Caudal.
- Composición.
- Concentraciones.
- Calidad requerida del efluente.
- Abundancia de agua.
- Disponibilidad de terreno.
- Posibilidades de reutilización.
- Posibilidad de vertido a una depuradora municipal.
- Tazas de vertido, etc.

De acuerdo a esto, es posible encontrar tratamientos de tipo primario, secundario y terciario, los cuales se detallan a continuación.

#### ***a. Tratamiento Primario.***

Según (VIDAL, 2006). p. 34-35.

Dice que los sistemas de tratamiento primario son procesos de tipo físico y/o químicos, que tienen como objeto eliminar el contenido de los sólidos presentes en las aguas residuales. Su importancia radica en eliminar constituyentes de las aguas residuales que puedan alterar el normal funcionamiento de los diferentes procesos y

operaciones, disminuyendo los riesgos de problemas en las unidades de tratamiento posteriores.

**TABLA N° 1: TRATAMIENTOS FÍSICOS**

<b>PROCESOS FÍSICOS</b>	<b>OBJETIVOS</b>
Desbaste	Remoción de sólidos gruesos (rejas, cribas o tamices).
Desarenado	Separación de partículas sólidas pequeñas de alta densidad.
Sedimentación	Remoción de sólidos en suspensión entre 1mm ó 1m
Flotación	Remoción de grasas y aceites (arrastre por burbujas de aire)

FUENTE: (VIDAL, 2006)

Los tratamientos físico/químicos actúan sobre la base de que la coagulación y floculación debe ser asistida por agentes coagulantes que son adicionados para neutralizar cargas en el sistema, mientras que la floculación se realiza con polímero orgánico que se absorben y actúan como puentes entre las partículas, con la finalidad de aumentar el coagulo formado y de este modo, mejorar la velocidad de precipitación de los sólidos contenidos en los efluentes.

***b. Tratamiento Secundario.***

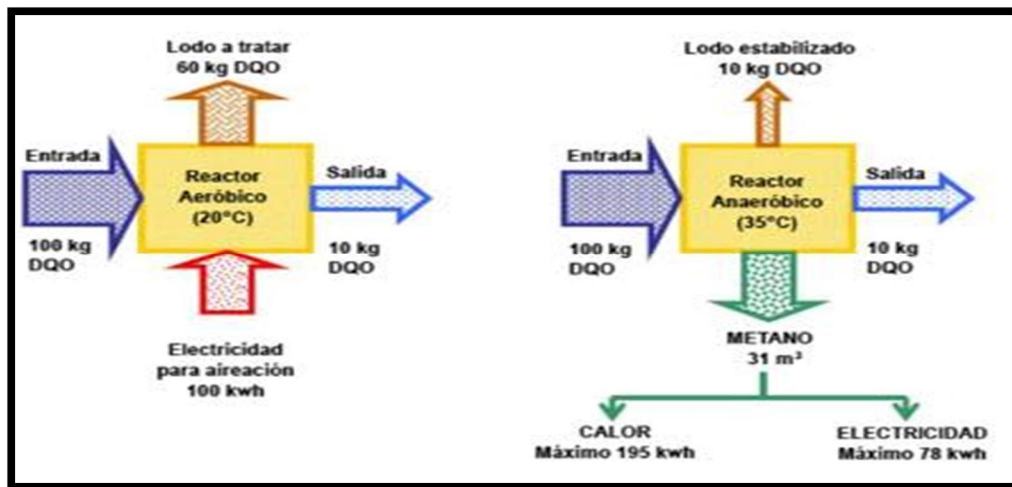
Según (VIDAL, 2006). p. 37-38.

Manifiesta que se entiende por tratamiento secundario a la degradación de la materia orgánica presente en el agua residual, mediante un proceso biológico llevado a cabo

por microorganismos que utilizan dicha materia orgánica como nutriente. Su objetivo es remover la materia orgánica contaminante.

El tratamiento secundario puede ser de naturaleza aeróbica o anaeróbica. La figura número 1 muestra las características de uno y otro. Dentro de las diferencias está la generación de metabolitos finales, las necesidades de oxígeno y la cantidad de biomasa producida, debido a las características de las bacterias de cada sistema. Por ejemplo, la productividad de la biomasa en condiciones aeróbicas es de 60% más que la de un sistema anaeróbico.

**FIGURA N° 1: COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO AERÓBICO Y ANAERÓBICO.**



FUENTE: (VIDAL, 2006)

### *Tratamiento terciario.*

Según (VIDAL, 2006). p. 40-41.

Manifiesta que la utilización de los distintos tipos de tratamiento de aguas residuales tiene relación con el cumplimiento de normas específicas de calidad, antes de que

estas aguas tratadas vuelvan a utilizarse o sean descargadas a un cuerpo de agua. El tratamiento terciario tiene como objetivo eliminar compuestos específicos que no han sido eliminados por los sistemas primarios y secundarios. Las tecnologías empleadas pueden ser de tipo física, química y/o biológica.

Un ejemplo de aplicación es la adsorción con carbón activado, para la eliminación de compuestos organoclorados, o la desinfección para eliminar patógenos mediante cloración u ozonización, entre otros.

#### **d. Sistemas naturales de tratamiento**

(VIDAL, 2006). "Los sistemas naturales son simple de operar, con bajo o nulo consumo energético, y con una buena integración en el medio ambiente natural". p. 42.

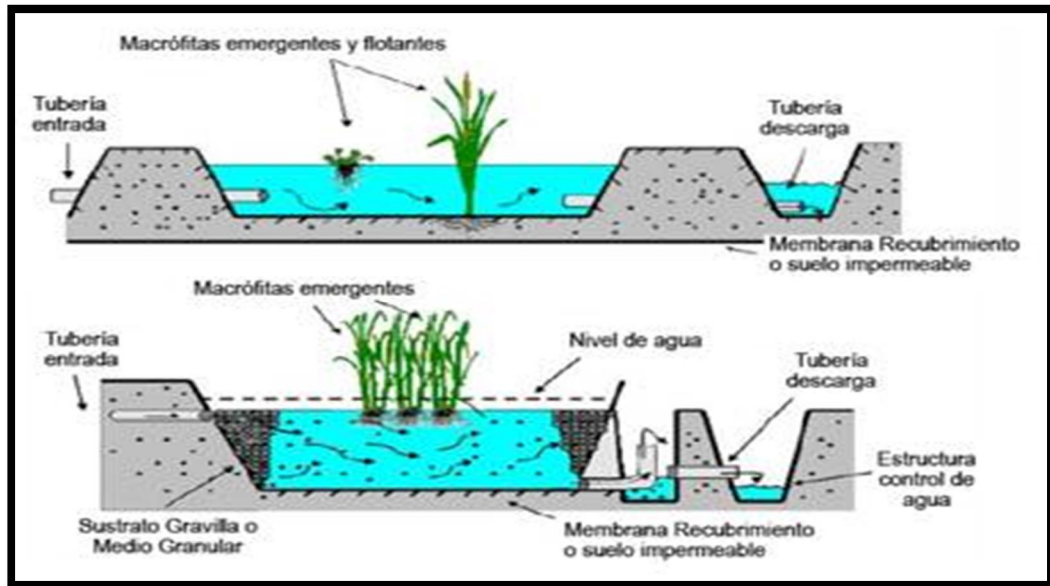
Según (VIDAL, 2006).

Manifiesta que los humedales naturales son ecosistemas acuáticos, que cumplen múltiples funciones tales como captación y reciclaje de nutrientes, generación de hábitats, estabilización de costas, control y amortiguación de inundaciones, recarga de aguas subterráneas, entre otras. Así también, cumplen un rol importante en el tratamiento de agentes contaminantes en el agua, actuando como verdaderos riñones. Esto ha permitido que el hombre haya inventado sistemas artificiales que emulen estas funciones, creando humedales artificiales o construidos, para el tratamiento de efluente de origen urbano como industrial. Estos sistemas presentan ventajas comparativas sobre los tratamientos convencionales desde el punto de vista económico, debido a que presentan bajos costos de construcción, operación y/o mantenimiento, siendo una buena alternativa a la hora de tratar aguas residuales.

Su diseño se basa principalmente en el uso de plantas macrófitas emergente, flotantes y/o sumergidas, dispuestas en lagunas, canales o zanjas a una profundidad inferior a

1m; y en la introducción de parámetros climáticos tales como precipitaciones, temperatura y radiación.

**FIGURA N° 2: TIPOS DE HUMEDALES A) FLUJO SUPERFICIAL, B) FLUJO SUB-SUPERFICIAL.**



FUENTE: Adaptado de PLAZA DE LOS REYES y VIDAL. (2007).

Por último, cabe indicar que debido a la extensión de terreno que requieren, los sistemas naturales preferentemente son implementados en comunidades pequeñas, y/o efluentes de bajo flujo en sectores rurales, mientras que los tratamientos convencionales se encuentran diseñados para tratar grandes volúmenes de agua, en espacios reducidos dependiendo del tipo de tecnología que se esté adaptando.

## **1.6. Normativa Legal Vigente**

### ***1.6.1. Constitución Política***

#### **CONSTITUCIÓN POLITICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

Publicada en el R.O. No. 449 de 20 de Octubre de 2009

#### **TÍTULO II: DERECHOS**

##### **Capítulo II. Derechos del buen vivir**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho a la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara 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.

##### **Capítulo VII. Derechos de la naturaleza**

**Art. 71.-**La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el

cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

**Art. 73.-** El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

**Art. 74.-** Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

### **Sección Sexta: Agua**

**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.

### **1.6.2. *Tratados Internacionales***

- Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertido de desechos y otras materias, 1972,
- Convenio de Londres 1972, en su forma enmendada y
- Protocolo de 1996 que enmienda el convenio de Londres 1972.
- Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP`s)

### **1.6.3. *Leyes y Decretos Legislativos***

## **LEY REFORMATORIA AL CÓDIGO PENAL**

Registro Oficial N° 2 del 25 de enero del 2000.

## **CAPITULO X DE LOS DELITOS CONTRA EL MEDIO AMBIENTE**

**Art. 437 B.** ðEl que infringiera las normas sobre protección ambiental, vertiendo residuos de cualquier naturaleza, por encima de los límites fijados de conformidad con la ley, si tal acción causare o pudiese causar perjuicio o alteraciones a la flora, la fauna, el potencial genético, los recursos hidrobiológicos o la biodiversidad, será reprimido con prisión de uno a tres años, si el hecho no constituyera un delito más severamente reprimido.

**Art. 437 K.** ðAdemás otorga potestad al sistema judicial para ordenar, como medida cautelar, la suspensión inmediata de la actividad contaminante, así como la clausura definitiva o temporal del establecimiento, sin perjuicio de lo que pueda ordenar la autoridad competente en materia ambientalö.

## **LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.**

Registro Oficial N° 305 - miércoles 6 de agosto de 2014

### **Título II: Recursos Hídricos**

#### **Capítulo I. Definición, Infraestructura y Clasificación de los Recursos Hídricos**

**Art 11.-** Infraestructura hidráulica. Se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas así como al saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos, la actuación sobre cauces, corrección del régimen de corrientes, protección frente a avenidas o crecientes, tales como presas, embalses, canales, conducciones, depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público.

### **CAPÍTULO III. DERECHOS DE LA NATURALEZA**

#### **Art 64.- Conservación del agua.**

La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.

e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

**Artículo 66.-** Restauración y recuperación del agua. La restauración del agua será independiente de la obligación del Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos afectados por la contaminación de las aguas o que dependen de los ecosistemas alterados.

### **CAPÍTULO VI: GARANTÍAS PREVENTIVAS**

#### **Sección Segunda. Objetivos de Prevención y Control de la Contaminación del Agua**

**Art 79.** Objetivos de prevención y conservación del agua.- La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

- a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumakkawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación;
- b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;

- c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;
- d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;
- e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;
- f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y,
- g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

**Art 80.-** Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental.

Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley.

**Art 81.-** Autorización administrativa de vertidos. La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

#### **1.6.4. Normas Reglamentarias.**

Registro Oficial No. 356 del 31 de marzo de 2003

### **TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE. TULSMA (2003). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA. LIBRO VI, ANEXO I**

Esta norma técnica determina:

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

La norma tiene como objetivo la prevención y control de la contaminación ambiental en lo relativo al recurso agua. El objetivo principal de la norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

## **4 DESARROLLO**

### **4.1.4** Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma. Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación (ver tabla 6); Además de los criterios indicados, la Entidad Ambiental de Control utilizará también las siguientes guías para la interpretación de la calidad del agua para riego y deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado (ver tabla 7).

**TABLA 6. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	visible		<b>Ausencia</b>
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	<b>cero</b>
Zinc	Zn	mg/l	2,0

FUENTE: Texto Unificado de Legislación Ambiental, 2003, disponible en [www.efficacitas.com](http://www.efficacitas.com)

**TABLA 7. PARÁMETROS DE LOS NIVELES GUÍA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO**

Problema Potencial	Unidades	*Grado de Restricción			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
<b>Salinidad (1):</b> CE(2) SDT(3)	Milimhos/cm mg/l	0,7 450	0,7 450	3,0 2000	>3,0 >2000
<b>Infiltración (4):</b> RAS= 0-3 y CE RAS= 3-6 y CE RAS= 6-12 y CE RAS= 12-20 y CE RAS= 20-40 y CE		0,7 1,2 1,9 2,9 5,0	0,7 1,2 1,9 2,9 5,0	0,2 0,3 0,5 1,3 2,9	>0,2 >0,3 >0,5 >1,3 >2,9
<b>Toxicidad por ión específico (5):</b> <b>-Sodio:</b> Irrigación superficial RAS(6) Aspersión	meq/l	3,0 3,0	3,0 3,0	9	>9,0
<b>-Cloruros</b> Irrigación superficial Aspersión	meq/l meq/l	4,0 3,0	4,0 3,0	10,0	>10,0
<b>-Boro</b>	mg/l	0,7	0,7	3,0	>3,0
<b>Efectos misceláneos (7):</b> -Nitrógeno (N*NO3) Bicarbonato (HCO3)	mg/l meq/l	5,0 1,5	5,0 1,5	30,0 8,5	>30,0 >8,5
PH	Rango normal	6,5-8,4			

**FUENTE:** Texto Unificado de Legislación Ambiental, 2003, disponible en [www.efficacitas.com](http://www.efficacitas.com)

\*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

- (1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.
- (2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).
- (3) Sólidos disueltos totales.
- (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.
- (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.
- (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.
- (7) Afecta a los cultivos susceptibles.

## 1.7. MARCO CONCEPTUAL

**Adsorción:** Adhesión de una película fina de líquido, vapor o iones disueltos a una sustancia sólida sin mediar reacciones químicas.

**Aerobio:** (o aerobia).que precisa del oxígeno del aire para subsistir.

**Agua contaminada:** Agua cuyos usos previstos se han comprometido como resultado del deterioro de su calidad original, producto de la incorporación de elementos contaminantes.

**Aguas grises:** Son las aguas residuales domésticas procedentes de lavabos, bañeras, duchas y lavadoras, quedando excluidas las de lavaplatos, fregaderos e inodoros.

**Agua residual:** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas.

**Anaeróbica:** (o anaerobio), término que significa vida sin aire (donde ñaire ñusualmente es oxígeno), puede referirse a la digestión anaeróbica, la simplificación de la materia orgánica por bacterias, sin oxígeno.

**Antropógenas:** Que se derivan de la acción humana. Sustancias producidas por la acción humana.

**Bacterias:** Nombre que reciben los organismos unicelulares y microscópicos, que carecen de núcleo diferenciado y se reproducen por división celular sencilla.

**Catión:** Ion con carga eléctrica positiva.

**Coagulación:** Proceso de agregación de materia coloidal dispersa en forma de grumus.

**Coliformes fecales:** Organismos termo tolerantes de crecimiento aeróbico, ya sea a  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  o  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  en un medio de cultivo lactosado con producción de ácido y gas dentro de un periodo de 48 horas.

**Contaminante:** Sustancia que altera la pureza o naturaleza de un elemento, tal como aire, agua o alimentos.

**Cuerpo receptor:** Son las corrientes, depósitos naturales de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar los suelos o los acuíferos.

**Decantación:** Es la separación de un sólido o líquido más denso de otro fluido (líquido o gas) menos denso y que por lo tanto ocupa la parte superior de la mezcla.

**Degradable:** Que puede ser descompuesto bajo ciertas condiciones ambientales, (por ejemplo biodegradable implica la acción de microorganismos, fotodegradable: implica la acción de la luz).

**Degradación:** Pérdida de las cualidades de un ecosistema que inciden en la evolución natural del mismo, provocando cambios negativos en sus componentes y condiciones como resultado de las actividades humanas.

**Demanda Biológica de Oxígeno (DBO):** Medida indirecta de la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos durante la degradación biológica de la materia orgánica.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Medida indirecta de la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar un residual.

**Descarga:** Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público o de la Nación.

**Descarga no puntual:** es aquella en la cual no se puede precisar el punto exacto de vertimiento del cuerpo receptor, tal es el caso de descargas provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

**Efluente:** Residual líquido, tratado o sin tratar, que se origina en un proceso industrial o actividad social y se dispone generalmente en los suelos o diversos cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

**Microorganismo:** Ser vivo que sólo se puede observar utilizando microscopios ópticos o electrónicos.

**Parásito:** Cualquier organismo que vive sobre o dentro de otro organismo vivo, del que obtiene parte o todos sus nutrientes, sin dar ninguna compensación a cambio.

**Patógenos:** Elementos o microorganismos que originan las enfermedades.

**PH:** Es la medición del grado de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa y se define como logaritmo negativo de la concentración de iones  $H^+$ ; que es el factor de intensidad o acidez.

**Sedimentación:** Proceso de acumulación excesiva de sedimentos sueltos en zonas muy bajas que constituye una afectación al suelo, aguas y a los fondos marinos.

**Sólidos totales:** Sólidos totales son los materiales suspendidos i/o disueltos en el agua.

**Muestra Puntual:** Muestra de un número o tamaño determinado tomada en un lugar determinado en un material o en un lugar y momento precisos en una corriente y que se considera representativa de su entorno inmediato o próximo.

**Sólidos disueltos:** Son aquellas sustancias que se encuentran disueltas en el agua y que se mantienen después de filtrar y evaporar una muestra, bajo condiciones específicas.

**TULSMA:** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

## CAPÍTULO II

### 2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 2.1. Recursos

##### 2.1.1. *Institucionales.*

- Universidad Técnica de Cotopaxi
- Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales
- Carrera Ingeniería de Medio Ambiente

##### 2.1.2. *Humanos.*

- Autor
- Director de tesis

- Tribunal

### ***2.1.3. Tecnológicos.***

- Cámara Fotográfica
- GPS
- pH metro
- Termómetro
- Análisis de laboratorio
- Cartas topográficas
- Internet

### ***2.1.4. Materiales de Campo.***

- Equipo de seguridad: guantes, mascarilla, overol o mandil.
- Libro de campo.
- Recipientes de las siguientes medidas: 4 litros (galón), 1 litro (vidrio oscuro), 100ml (estéril), para la muestra que será enviada al laboratorio.
- Hielo para mantener refrigerada la muestra.
- Cooler donde se mantendrá la muestra a 4°C.
- Fluxómetro, piola y estacas para replanteo y construcción del sistema de tratamiento.

### ***2.1.5. Materiales de construcción.***

- Cemento
- Arena

- Ripio
- Clavos
- Ladrillo
- Agua
- Tubería PVC de 3' y 4'.
- Codos de PVC
- Uniones de PVC
- Grava
- Piedra bola
- Herramientas Menores.

#### **2.1.6. *Materiales de oficina.***

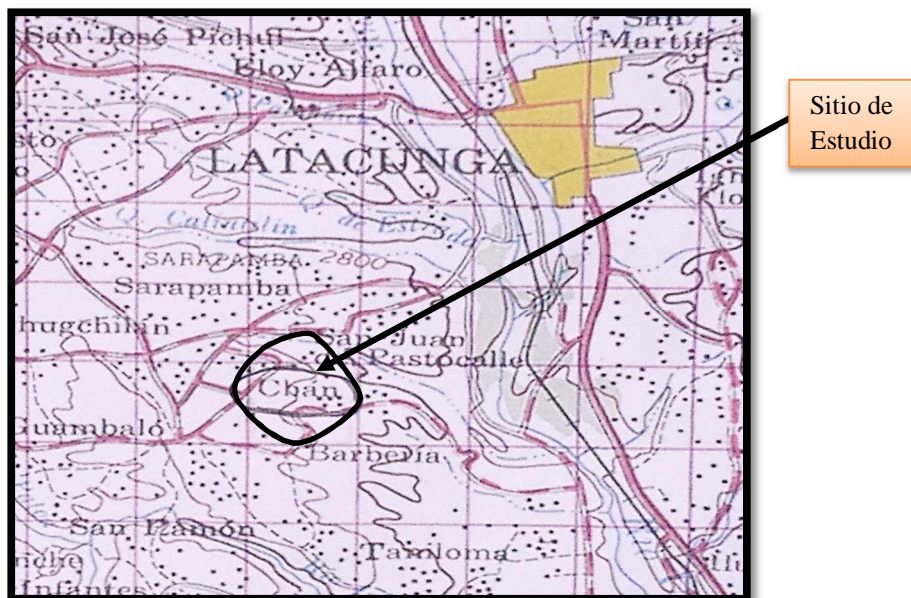
- Computadora
- Flash Memory
- CD o DVD
- Misceláneos

## **2.2. Características del sitio Experimental**

### **2.2.1. *Ubicación macro del ensayo.***

La presente investigación se llevó a cabo en la Provincia de Cotopaxi, al noreste del Cantón Latacunga donde se encuentra ubicada la Parroquia Eloy Alfaro, al cual pertenece el Barrio Chan.

**FIGURA N° 3: CANTÓN LATACUNGA**



**FUENTE:** Carta Topográfica del Instituto Geográfico Militar IGM (1998).

**TABLA N° 2: COORDENADAS GEOGRÁFICAS.**

UTM- WGS - 84	
Este	761.951
Norte	9'898.401
Altitud	2.958 m.s.n.m.

**ELABORADO POR:** ARMAS, Ricardo (2015).

**TABLA N° 3: UBICACIÓN MACRO.**

País	Ecuador
Provincia	Cotopaxi
Cantón	Latacunga
Parroquia	Eloy Alfaro
Barrio	Chan
Altitud	2.958 m.s.n.m.
Temperatura	Entre 7 y 22 °C

**ELABORADO POR:** ARMAS, Ricardo (2015).

**TABLA N° 4: CONFORMACIÓN DE LOS BARRIOS DE LA PARROQUIA  
"ELOY ALFARO".**

<b>Zona 3: Cotopaxi</b>	
<b>Cabecera cantonal</b>	Latacunga
<b>Cabecera parroquial</b>	Eloy Alfaro
<b>Barrios</b>	Patután, Cashapamba, Chishi, Inchapo, Santo Samana, San Rafael, Zumbalica, La Calera, Illinchisí, <u>Chan</u> , San Juan, Tañiloma, San José de Pichul, Salache, Guambaló, loma de laglas, Sarapamba, Guandubamba.

**FUENTE:** Análisis de su División Político ó Administrativa de Cotopaxi. (2013) p. 56.

**TABLA N° 5: LÍMITES DEL BARRIO CHAN.**

<b>Norte</b>	Sarapamba y Guandabamba
<b>Sur</b>	Salache
<b>Oriente</b>	San Juan y Loma de laglas
<b>Occidente</b>	Guambaló

**FUENTE:** Casa barrial Chan (2010).

### **2.2.2. Climatología.**

La climatología es el conjunto de las condiciones atmosféricas, propias de un determinado clima.

La línea base Meteorológica ha sido desarrollada sobre la información contenida disponible en la base de datos meteorológicos CEYPSA, cabe recalcar que dentro de la información que se dispone del INAMHI, la Estación Meteorológica UTC.CEYPSA - COTOPAXI, con el código (M1238) es la más cercana a la zona de

estudio, y se ha tomado en cuenta el año 2014 para los datos obtenidos ya que es una estación reciente.

**TABLA N° 6: INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.**

	En	Fe	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ago	Se	Oct	Nov	Dic	Prom
Temperatura °C	14.8	14.9	14.5	14.2	14.3	13.3	13.3	12.5	13.2	13.9	15.1	14.6	<b>14.05</b>
Humedad Relativa %	76	76	77	80	80	79	77	79	81	78	72	76	<b>77.58</b>
Pluviosidad mm	58.9	26.6	97.4	47.1	74.4	19.3	5.6	12.4	58.0	49.1	51.2	25.3	<b>41.66</b>
Velocidad del viento m/seg	2.1	2.3	1.5	2.3	1.5	2.5	3.9	2.2	2.4	1.9	1.7	1.7	<b>2.16</b>

FUENTE: Estación Meteorológica CEYPSA-INAMHI. (2014).

### **2.2.3. Ubicación micro del ensayo.**

La casa se encuentra en el barrio Chan, paso lateral Latacunga - Salcedo a 353 Km del intercambiador de Pujilí, en las coordenadas detalladas anteriormente, teniendo como referencia el paradero de comida òLa Tongaö.

## **2.3Diseño Metodológico**

En el desarrollo de la presente investigación se utilizara una investigación de Campo debido a que permitirá realizar un proceso riguroso de recolección, tratamiento, análisis e interpretación de datos.

Los datos obtenidos brindarán una serie de herramientas teórico-prácticas del diagnóstico de aguas grises, permitiendo de esta manera detectar los parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para agua de regadío,

identificando el estado actual de las aguas de estudio, para proceder con el diseño e implementación del sistema de tratamiento.

### ***2.3.1. Investigación Analítica.***

Se aplicará esta investigación para definir el análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio y determinar los parámetros que exceden en la calidad de agua para regadío.

### ***2.3.2. Investigación Descriptiva.***

Se utilizará esta investigación para verificar si cumple con los límites máximos permisibles de la Ley Ambiental Vigente, mediante los resultados obtenidos en el laboratorio.

### ***2.3.3. Investigación de Campo.***

La presente investigación será destinada para diagnosticar el problema de las aguas grises, mientras que en la visita de campo se aplicará conocimientos adquiridos en el Alma Mater, tales como utilización de GPS para la ubicación del proyecto, recolección de muestras de aguas, medición de caudal, utilización de fórmulas y metodologías, para diseñar el sistema de tratamiento e implementación del mismo.

## **2.4. Métodos y técnicas**

### ***2.4.1. Método Analítico.***

Este método servirá en la investigación de aguas grises para observar cada uno de los parámetros tomados en cuenta para el análisis de laboratorio y determinar el grado de contaminación.

### ***2.4.2. Método Deductivo.***

Este método se lo aplicará al realizar un sistema de tratamiento de aguas grises, para mejorar la calidad del agua para riego.

### ***2.4.3. Método inductivo.***

Este método se utilizará debido a que se parte de lo particular, que es el sistema de tratamiento para aguas grises implementado en la casa prototipo y esta servirá para implementarla de manera general para beneficio del barrio Chan.

## **2.5. Técnicas**

### ***2.5.1. Observación Directa.***

Esta técnica permitirá obtener información directa e inmediata del objeto en estudio, puede ser utilizada en cada una de las fases del proyecto de investigación.

### ***2.5.2. Fichaje.***

Esta técnica permitirá registrar ordenadamente la información que se recopilará de las muestras de agua recolectadas para su respectivo análisis de laboratorio.

### ***2.5.3. Muestreo.***

Se llevó a cabo en dos etapas; la primera antes de la implementación del sistema de tratamiento y la segunda después del sistema de tratamiento, la toma de muestras se realizó siguiendo un proceso riguroso, esto permitirá precautelar la preservación antes de ser analizada.

## **2.6. Metodología**

### ***2.6.1. Verificación de la Condición Hidráulica Sanitaria de la Casa.***

- Para la reutilización de las aguas grises, es necesario, separar el sistema hidráulico sanitario de las aguas negras.
- Para la conducción de aguas grises o jabonosas provenientes de lavabo, lavadora, duchas, fregadero se utiliza tubería de 3 pulgadas de diámetro, la cual desemboca en un solo lugar para su posterior tratamiento y reutilización en agua para riego.
- Para las aguas negras (inodoros) se utiliza tubería de 4 pulgadas de diámetro las cuales desembocan al sistema cloacal o fosa séptica.
- Se recomienda realizar la infraestructura antes mencionada, en el momento de la construcción ya que genera menor inversión.

### ***2.6.2. Requisitos de Higiene y Seguridad para Toma de Muestras de Agua.***

- Contar con un equipo de protección personal adecuado como mascarilla, cofia, guantes, mandil y calzado.
- Notificar a otros de su itinerario y ubicación.
- Llevar un botiquín de primeros auxilios.

### ***2.6.3. Procedimiento para la Recolección de la Muestra Puntual.***

La recolección se realizó de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169, Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras, la cual sirvió para el buen manejo, transporte y conservación de las muestras hasta arribar al laboratorio.

También se utilizó la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176, Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo, mediante esta norma se definió el tipo de muestra, además de las consideraciones que se debe tomar en cuenta para la recolección de muestras.

Para el muestreo es necesario seguir los siguientes pasos:

#### ***➤ Preparación de recipientes***

Recipientes de muestras para análisis Físico, Químico y Biológicos.

Para el análisis de trazas de constituyentes físicos, químicos biológicos, de agua superficial o residual, es necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra; el tipo de limpiador usado y el material del recipiente varían de acuerdo a los constituyentes a ser analizados.

#### ***➤ Llenado del recipiente***

En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros biológicos, 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 (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la

variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

➤ **Identificación de las muestras**

Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin margen de error.

Anotar, en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados como: fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los preservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse, etc.

Para la etiqueta de la muestra se utilizó el siguiente formato:

**FIGURA N° 4: ETIQUETA DE FRASCOS.**

The diagram shows a rectangular label with a black border, measuring 10 cm in width and 7 cm in height. In the top-left corner, there are two circular logos: the first is the logo of the Universidad de Cuenca, and the second is the logo of the Ingeniería Medio Ambiente program. To the right of the logos, the text reads 'Ingeniería Medio Ambiente'. The label contains the following fields for data entry:

- Núm. MUESTRA: \_\_\_\_\_
- HORA: \_\_\_\_\_
- Nombre del usuario: \_\_\_\_\_
- Identificación de la descarga. \_\_\_\_\_
- Tipo de muestra: Simple ( ) Compuesta ( )
- Preservación: \_\_\_\_\_

ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

➤ **Refrigeración y congelación de las muestras**

Las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó, así como, los recipientes no deben ser llenados en su totalidad.

La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si se la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.

El simple enfriamiento en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C; y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. El enfriamiento no se debe considerar como un método de almacenamiento para largo tiempo, especialmente en el caso de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales.

➤ **Transporte de las muestras**

Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte.

El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello.

**FIGURA N° 5: SELLO PARA COOLER.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

### ➤ *Recepción de las muestras en el laboratorio*

En caso de que el análisis de las muestras no sea posible en ese instante, estas deben ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido.

Es recomendable para este propósito el uso de refrigeradoras o de lugares fríos y oscuros. En todos los casos y especialmente cuando se requiera establecer la cadena de custodia es necesario verificar el número recibido, contra el registro del número de recipientes enviados por cada muestra.

## **2.7. Interpretación de Resultados**

### ***2.7.1. Identificación del Efluente a Analizar.***

La recolección de las muestras se llevó a cabo en el paradero la Tonga ubicado en el Barrio Chan, del Cantón Latacunga, las aguas analizar son aguas residuales, su origen es descarga doméstica, cabe recalcar que es una muestra puntual, la cual se llevó con el respectivo procedimiento al laboratorio acreditado CICAM.

### ***2.7.2. Recepción de Muestra de Análisis.***

Los parámetros analizados por el laboratorio CICAM de la Escuela Politécnica Nacional, el cual es certificado por la Organización Acreditada Ecuatoriana OAE, presentan los siguientes resultados, los mismos que a continuación se realiza una comparación con el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, tablas No. 6 y 7, Criterios de Calidad Admisible para Aguas de Uso Agrícola.

**TABLA N° 7: RESULTADOS ANTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**

Parámetro	Unidad	Resultado de la Muestra	Límite Máximo Permisible (UA)	Análisis
Aceites y Grasas	mg/l	904,2	0,3	N/C
Bicarbonatos	meq/l	2,25	>8,5	C
Cloruros	meq/l	2,92	3,0	C
Coliformes Totales	nmp/100ml	15000	1000	N/C
Conductividad	ms/cm	6,78	>3,0	N/C
DBO <sub>5</sub>	mg/l	462,9	N/A	N/A
DQO	mg/l	6150	N/A	N/A
Nitrógeno Total	mg/l	148,19	N/A	N/A
pH	Rango normal	8,3	6,5-8,4	C
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	5402	3000	N/C
Sulfatos	mg/l	170	N/A	N/A

FUENTE: Laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional CICAM. (Adaptado por: ARMAS, Ricardo 2015).

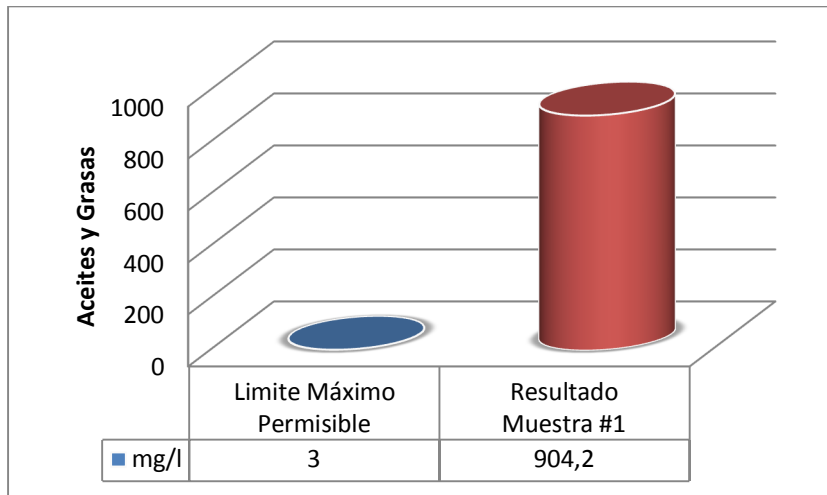
Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 7.

UA= Uso Agrícola	N/C = No Cumple.	C = Cumple.	N/A = No Aplica.
------------------	------------------	-------------	------------------

### 2.7.3. Interpretación de Resultados Antes del Sistema de Tratamiento.

La interpretación de resultados se realiza en el orden que se encuentra en el análisis respectivo:

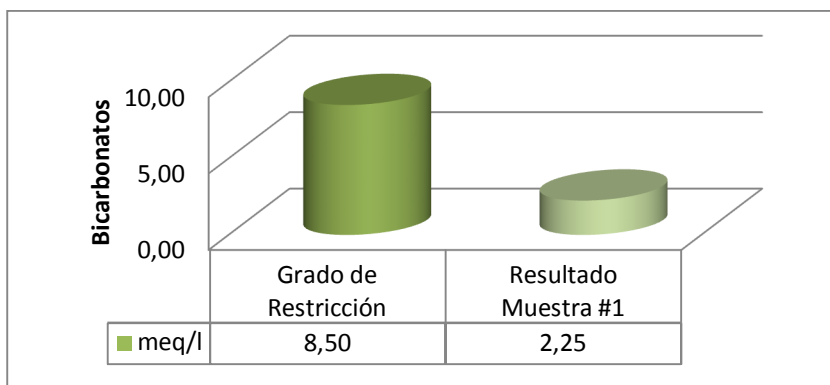
**FIGURA N° 6: ACEITES Y GRASAS.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Según la normativa TULSMA, para agua de regadío, el rango permisible es 0,3 mg/l, y el resultado de la muestra presenta 904,2 mg/l, lo cual no cumple con la ley. Esto se debe a la concentración de jabón, detergentes procedentes de la limpieza y aseo personal.

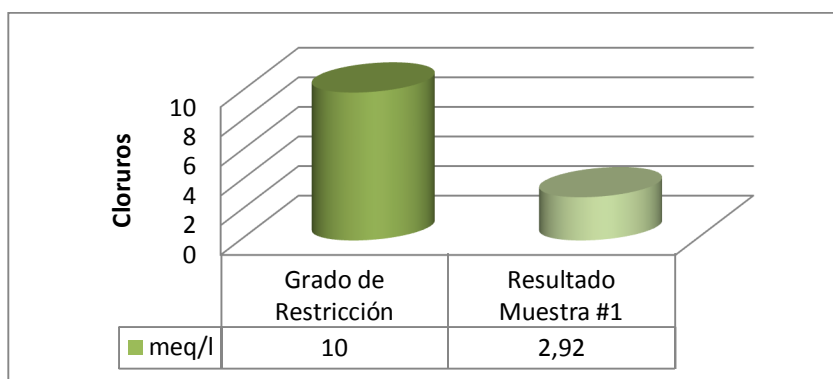
**FIGURA N° 7: BICARBONATOS.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Según el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 7, el parámetro de calidad del agua para riego correspondiente a bicarbonatos tiene grado de restricción de 1,5- >8,5 meq/l, y la muestra analizada nos dio como resultado 2,25 meq/l encontrándose en un grado de restricción ligero, por lo que no representa daño a los cultivos.

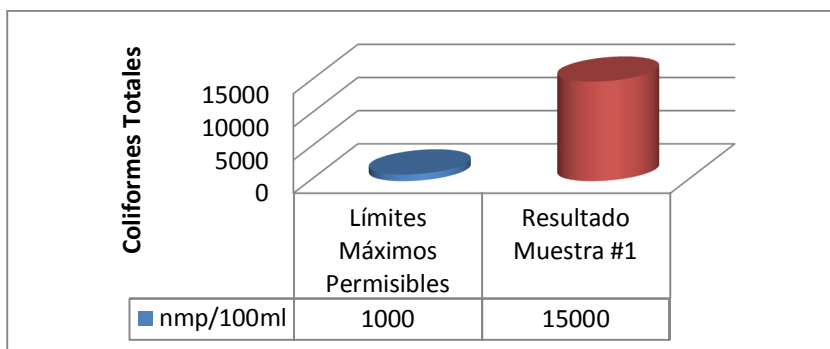
**FIGURA N° 8: CLORUROS.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Según el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 7, el parámetro de calidad del agua para riego es de 4,0 - >10,0 meq/l, y el resultado de la muestra contiene 2,92 meq/l, lo cual es de buena calidad para irrigación superficial.

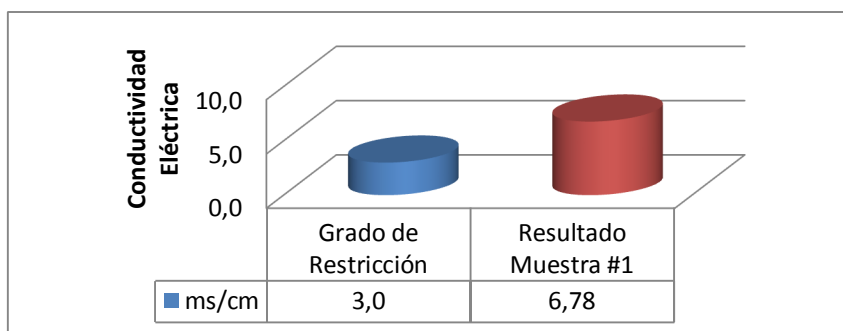
**FIGURA N° 9: COLIFORMES TOTALES.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Según el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 6, el parámetro de calidad del agua para riego, el límite máximo permisible es 1000 nmp/100ml, de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio se obtuvo un valor de 15000 nmp/100ml, en este caso no se encuentra dentro de los límites permisibles para agua de regadío. Debido a la presencia de biopelículas en las cañerías.

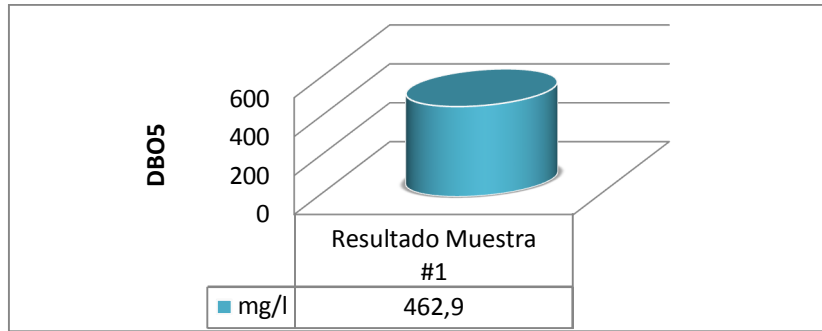
**FIGURA N° 10: CONDUCTIVIDAD.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Según el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 7, el parámetro de calidad del agua para riego, el límite máximo permisible el parámetro de conductividad es  $>3,0$  ms/cm, como podemos observar en el resultado obtenido en la muestra de análisis es de 6,78 ms/cm, por lo que no cumple con la ley vigente, debido a la concentración de minerales disueltos en el agua.

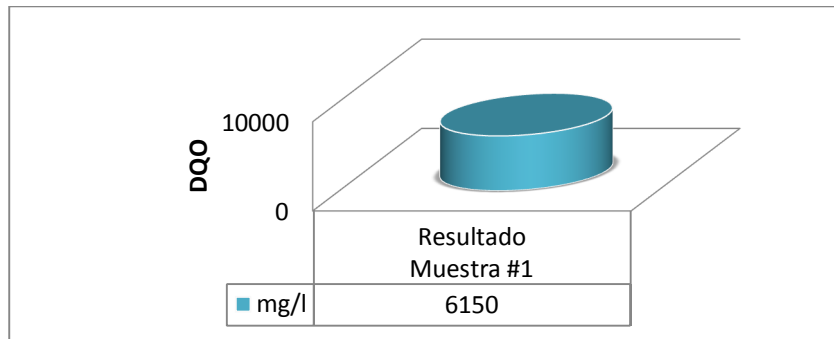
**FIGURA N° 11: DBO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Este parámetro no está considerado dentro de la normativa vigente, para agua de regadío con el cual comparar, pero se ha tomado en cuenta por el hecho que es agua residual y se hace necesario para el tratamiento que se realizara y se procederá hacer una comparación con la muestra que se tome al final del sistema de tratamiento.

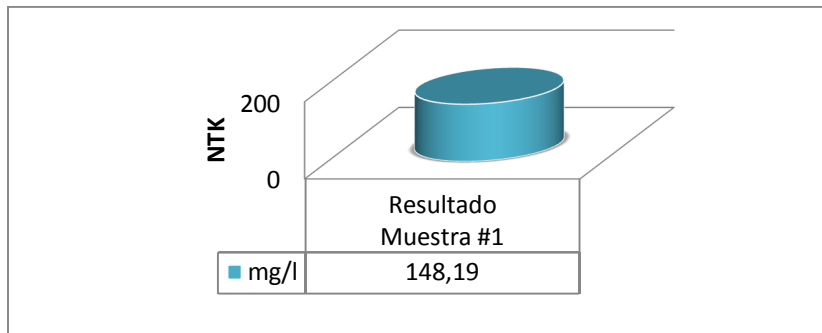
**FIGURA N° 12: DQO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** La ley vigente no cuenta con un límite máximo permisible para agua de regadío para este parámetro pero se lo ha tomado en cuenta para observar la cantidad de DBO presente antes del tratamiento para después compararlo con la muestra final que se llevara a cabo después de la implementación del sistema de tratamiento.

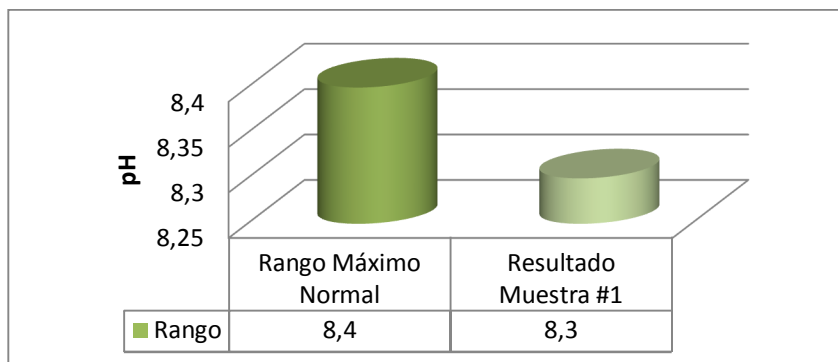
**FIGURA N° 13: NITRÓGENO TOTAL.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** En TULSMA no se encuentra en límite máximo permisible de este parámetro pero se lo ha tomado en cuenta ya que es un alto contaminante para las aguas y su alteración se debe particularmente al uso de detergentes y derivados del petróleo los cuales causan eutrofización en los recursos hídricos.

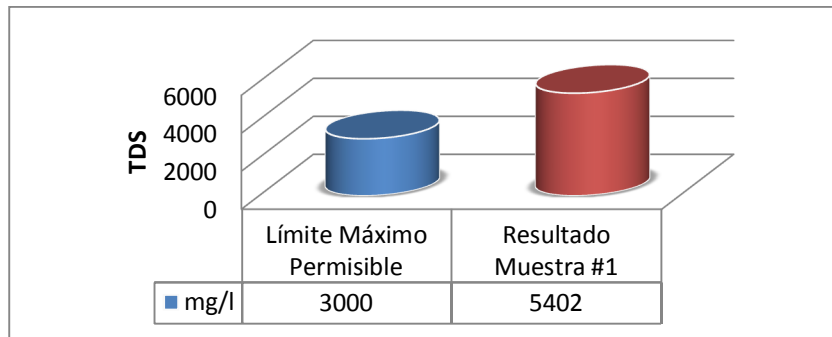
**FIGURA N° 14: PH.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Según el Texto Unificado Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA, anexo 1, tabla 7 nos dice que el rango normal se encuentra de 6,5-8,4, como podemos observar el resultado obtenido en campo nos da como resultado un pH de 8,3 con un  $\pm 1$  de incertidumbre, por lo cual cumple con la ley vigente para agua de riego.

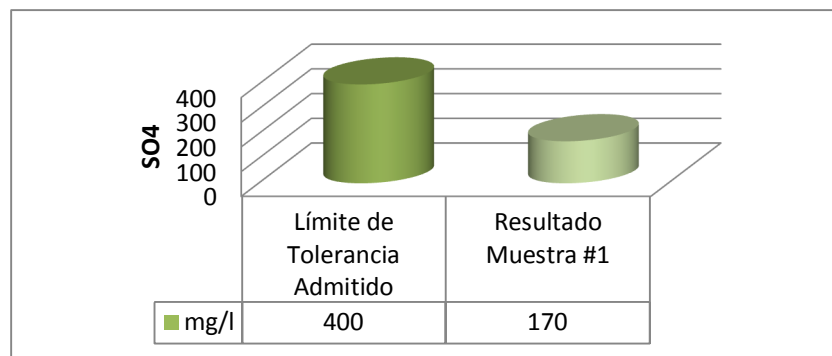
**FIGURA N° 15: SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Según el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 6, el parámetro de calidad del agua para riego, el límite máximo permisible es 3.000,0 mg/l, y el resultado obtenido del análisis es 5.402 mg/l, esto se debe particularmente a la cantidad solidos disueltos presentes por la actividad antrópica en el hogar.

**FIGURA N° 16: SULFATOS.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** En vista de que no hay una ley al referente a este parámetro para calidad de riego en nuestro país, el análisis se basó en los límites de Tolerancia Admisible de la República de Venezuela en el cual su límite es 400 mg/l, y el resultado de la muestra de análisis es 170 mg/l, por lo que se puede decir que es de buena calidad para uso de regadío.

## **CAPÍTULO III**

### **3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS GRISES.**

El objetivo del diseño e implementación del sistema de tratamiento de aguas grises, es lograr recuperar las fuentes hídricas, debido a que es un recurso no renovable y de suma importancia para la vida humana y para la conservación del medio ambiente.

Es importante destacar que la correcta utilización y el uso eficiente de plantas de tratamiento, sean estas domésticas o industriales, ayudan a reducir el consumo de agua potable en actividades que no necesitan de la misma.

El desaprovechamiento y la poca concientización de la sociedad ante el uso del agua, ha sido el principal promotor para el diseño y ejecución del presente estudio, en donde más que una investigación ha sido una oportunidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos, mismos que se detallan a continuación.

### **3.1. Bases del Diseño.**

Para la elaboración del diseño del sistema de tratamiento se tomaron en cuenta varios factores como:

- Resultados de la muestra de análisis.
- Periodo de diseño.
- Caudales de aforo y diseño.

#### ***3.1.1. Resultados de la Muestra de Análisis.***

Tomando en cuenta que los parámetros que no cumplen con la Ley Vigente del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA, Libro VI, Anexo 1 Tablas 6 y 7, Criterios de Calidad Admisible para Aguas de Uso Agrícola, son:

- Aceites y Grasas.
- Coliformes Totales
- Conductividad Eléctrica.
- Sólidos Totales Disueltos.

Para garantizar la recuperación de las aguas grises, que luego de observar los resultados obtenidos por el laboratorio se propone:

- La construcción de una trampa de grasas.
- La construcción de un filtro lento de arena.
- La construcción de un sistema recolector.

### 3.1.2. *Periodo de Diseño.*

El periodo de diseño es el lapso de tiempo durante el cual la capacidad del sistema será suficiente para atender las necesidades actuales y futuras de la casa. Para la determinación del período de diseño se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Vida útil del Sistema de Tratamiento.
- Funcionamiento de la obra en los primeros años, cuando se están trabajando a su máxima capacidad.

En base a consideraciones técnico- económicas de los elementos a ser utilizados, se ha creído conveniente adoptar un periodo de diseño de 25 años, tiempo en el cual se estima que el sistema funcionará adecuadamente, además debe tomarse en cuenta que el periodo indicado de diseño será desde el año en que entre en funcionamiento.

### 3.1.3. *Caudales de Aforo y Diseño.*

El caudal aforado lo obtuvimos con la ayuda de un cronometro y un recipiente con capacidad de 1 litro, con el cual se obtuvo el siguiente caudal.

**TABLA N° 8: MEDICIÓN DE CAUDAL AFORADO.**

HORA DE MEDICIÓN	CAUDAL AFORADO
7:00 am	0,083 L/s
12:00 pm	0,082 L/s
7:00 pm	0,084 L/s
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,083 L/s</b>

ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo. (2015).

El caudal de diseño se lo realizo utilizando la fórmula empleada por Lozano Rivas.

$$Q_d = 1.87 \text{ l/s}$$

Lo cual indica que tiene una relación del 4%, esto se debe a que empezara funcionando sin dos departamentos puesto que se encuentran en construcción.

### **3.2. Trampa de Grasas.**

La trampa de grasas es un proceso de pre tratamiento en el cual nos permitirá retener toda la materia que tenga menor densidad que el líquido y por lo tanto se encuentre en la parte superior del cuerpo de agua.

Sistema que tiene por finalidad la eliminación de grasas, aceites, espumas y materias flotantes más ligeras que el agua para evitar interferencias en procesos posteriores. De esta forma se evita la sobrecarga de las siguientes unidades de tratamiento y la aparición de organismos filamentosos en los sistemas biológicos.

Se puede emplear las trampas en aplicaciones muy variadas, que van desde las operaciones en restaurantes y de procesado de alimentos hasta numerosos y diferentes tipos de aplicaciones industriales.

La trampa de grasas es básicamente una estructura rectangular de funcionamiento mecánico para flotación. El sistema se fundamenta en el método de separación gravitacional, el cual aprovecha la baja velocidad del agua y la diferencia de densidades entre el agua y los hidrocarburos para realizar la separación, adicionalmente realiza, en menor grado, retenciones de sólidos.

### 3.2.1. *Calculo de la Trampa de Grasa.*

Con la ayuda de la tabla de unidades de gasto por artefacto sanitario determinaremos el caudal de diseño para nuestra trampa de grasas propuesta por Lozano Rivas.

**TABLA N° 9: UNIDADES DE GASTO POR ARTEFACTO SANITARIO PARA EL DISEÑO DE TRAMPAS DE GRASAS.**

Artefacto Sanitario	Unidades de Gasto
Lavaplatos de uso doméstico	2
Lavaplatos de uso industrial	4
Lavadero (Lavadora) o ducha de uso doméstico	3
Lavadero (Lavadora) de uso industrial	5
Otros artefactos de uso doméstico	1
Otros artefactos de uso industrial	2

FUENTE: Lozano-Rivas, William. (2012).

Utilizando la tabla reemplazamos con valores de gasto y numero de grifos que están conectados al sistema de tratamiento de aguas grises, como se puede observar en la siguiente tabla.

**TABLA N° 10: UNIDADES DE GASTO UTILIZADOS EN LA CASA PROTOTIPO.**

Artefacto	[1] Cantidad	[2] Grifos	[3] Unidades de gasto	[4] Total =[1]*[2]*[3]
Lavaplatos de uso doméstico	2	1	2	4
Lavaplatos de uso industrial	2	2	4	16
Lavabos	7	1	1	7
Duchas	4	1	3	12
<b>Unidades Totales de Gasto</b>				<b>39</b>

ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo. (2015).

Para calcular el caudal de diseño utilizamos la siguiente formula impartida por Lozano Rivas.

$$Q_{\text{diseño}} = 0,3 \cdot \sqrt{2}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0,3 \cdot \sqrt{39}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 1,87 \text{ l/s}$$

El resultado del caudal de diseño será: 1,87 l/s

Como siguiente paso utilizamos la ley de Stokes para determinar la separación de la grasa, la gravedad específica de los lípidos, se requiere una retención hidráulica de 24 minutos.

Considerando un tiempo de retención hidráulica (THR) de 24 minutos, calculamos el volumen de la trampa de grasa para lo cual utilizamos la siguiente formula:

$$V = Q \cdot THR$$

$$V = 1,87 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{24 \text{ min}}{60} = 2692,8 \text{ l} \cong 2,7 \text{ m}^3$$

El resultado del volumen de la trampa de grasas es de 2,7 m<sup>3</sup>.

Con los resultados obtenidos del caudal de diseño y el volumen que requiere la trampa de grasas utilizamos la tabla de dimensiones recomendadas para la trampa de grasas según Lozano Rivas.

**TABLA N° 11: DIMENSIONES RECOMENDADAS PARA LAS TRAMPA GRASA, SEGÚN EL CAUDAL DE DISEÑO.**

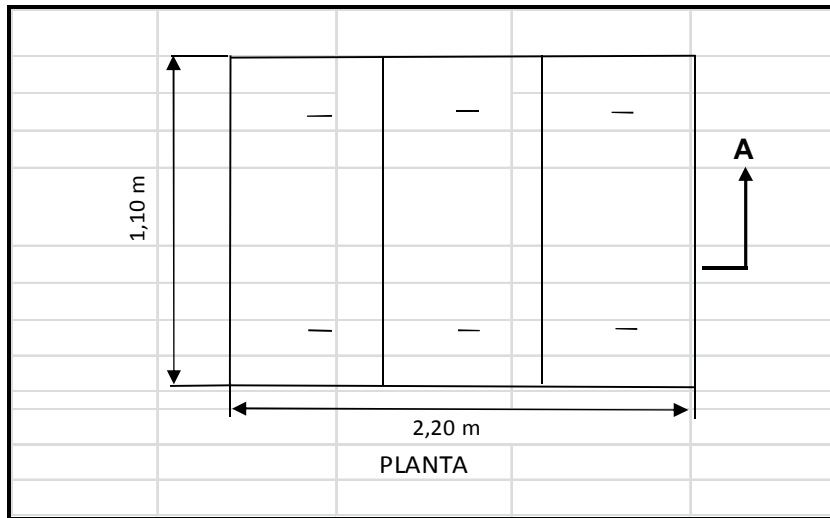
Rango de Caudales (Litros/seg)	Volumen trampa de grasa (m3 )	Dimensiones estimadas (metros)		
		Profundidad (H)	Ancho (A)	Largo (L)
<1	1,80	1,5	1,00	1,20
		1,0	1,00	1,80
1 a 2	3,60	1,5	1,10	2,20
2 a 3	5,40	2,0	1,13	2,40
3 a 4	7,20	2,0	1,45	2,50
4 a 5	8,10	2,0	1,50	2,70
5	9,12	2,0	1,60	2,85

FUENTE: Lozano-Rivas, William. (2012).

### 3.2.2. Características de la Trampa de Grasa

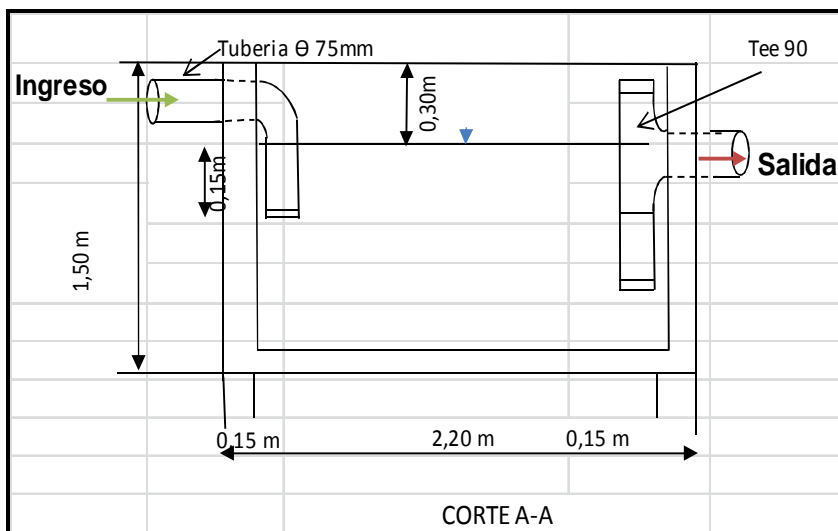
- La trampa de grasas tendrá una relación largo-ancho del área superficial comprendido entre 2,10-1,10.
- Una profundidad total de 1.25 m, con una altura de agua de 0,80 m y con un borde libre de 0,30m.
- Para el ingreso se utiliza un codo de 75 mm el cual estará sumergido 0,15 m respecto a la lámina de agua, como dispositivo de salida se utilizarán una Tee de 90° de 75 mm, la parte inferior tendrá una separación mínimo de 0,15 m respecto al fondo, y 0,06 m de separación por debajo de la loza, esto servirá como ventilación.
- Contiene tres tapas para su revisión y limpieza tendrá una relación largo-ancho del área superficial entre 0,70 m-1,10 m, los filos y el marco de las paredes contendrá un ángulo de hierro de 1pulgada, que servirá para soportar peso y ser más resistentes.

**FIGURA N° 17: DISEÑO DE LA TRAMPA DE GRASAS.**



Elaborado por: ARMAS, Ricardo. (2015)

**FIGURA N° 18: CORTE DE LA TRAMPA DE GRASAS.**



Elaborado por: ARMAS, Ricardo. (2015).

### ***3.2.3. Requisitos previos para la Trampa de Grasa.***

- Los artefactos que están conectados a la trampa de grasas deben tener una rejilla, o malla para impedir el paso de desperdicios o desechos de los desmenuzadores.
- No deberán ingresar aguas negras provenientes de los servicios higiénicos.
- Las trampas de grasa se ubicara en un sitio de fácil acceso para permitir la limpieza y extracción de las grasas acumuladas.
- No se permitirá colocar encima o inmediato a ello maquinarias o equipo que pudiera impedir su adecuado mantenimiento.

### ***3.2.4. Mantenimiento de la Trampa de Grasa.***

- Es importante retirar los excesos de residuos de los utensilios, para evitar la acumulación de sedimentos y grasas.
- La trampa de grasas deberán ubicarse en lugares bajo sombra para impedir que el calor disminuya la efectividad de separación de partículas de grasa.
- La grasa acumulada deberá ser retirada de 3 a 5 días o según lo requiera.
- La grasa extraída se lo puede enterrar y utilizarla como materia orgánica o ser entregada a un gestor de residuos sólidos.
- La trampa debe estar siempre tapada para mantener temperaturas bajas en el interior, así evitaremos que la grasa se mezcle con el agua.

### **3.3. Filtro Lento de Arena.**

Según MARRON, Cesar. (1999). p.28.

La principal característica de la filtración lenta es permitir la eliminación de las bacterias y virus existentes en el agua. El mecanismo es muy efectivo, porque simula exactamente el proceso de purificación que se da en la naturaleza cuando el agua lluvia atraviesa la corteza terrestre hasta encontrar los acuíferos o ríos subterráneos.

Durante el proceso de filtración, las impurezas entran en contacto con la superficie de los granos de arena, y son retenidos por estos. Posteriormente se desarrollan procesos de degradación biológica de las impurezas retenidas a formas más simples e inofensivas, que se llevan en solución o permanecen en el lecho de arena como material inerte hasta el lavado del filtro.

La ventaja de la filtración consiste en que no requiere de la adaptación de sustancias químicas y que un operador con mínimas habilidades y una atención regular está en capacidad de hacer un óptimo manejo.

#### ***3.3.1. Calculo del Filtro Lento de Arena.***

Para el cálculo de diseño utilizamos las fórmulas que a continuación se detallan y nos basamos en la tabla de criterio y valores recomendados para el diseño del filtro lento de arena.

**TABLA N° 12: CRITERIO PARA EL DISEÑO DEL FILTRO LENTO DE ARENA.**

<b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>	<b>VALORES RECOMENDADOS</b>
Periodo de Operación (h/d)	24
Periodo de Diseño (años)	8-12
Velocidad de Filtración (m/h)	0,1-0,3
<b>ALTURA DE ARENA (m)</b>	
Inicial	0,8
Mínima	0,5
Diámetro Efectivo (mm)	0,15-0,30
Altura de lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0,25
Altura de agua sobrenadante (m)	0,75
Borde libre (m)	0,1

FUENTE: OSP/CEPIS/06/174 UNATSABAR

Para determinar las dimensiones que tendrá nuestro filtro lento consideramos la siguiente formula.

$$A_s = \frac{Q}{v_f * N}$$

**Datos:**

**A<sub>s</sub>** = Área Superficial (m<sup>2</sup>): ?

**N** = Numero de filtraciones: 1

**Q** = Caudal: 0,0000833 m<sup>3</sup>/s

**V<sub>f</sub>** = Velocidad de filtración: 0,2 m/h

**Q** = Caudal: 0,3 m<sup>3</sup>/h

Colocación de datos:

$$As = \frac{0,3 \text{ m}^3/\text{d}}{1 * 0,2 \text{ m}^3/\text{d}}$$

$$As = 1,5 \text{ m}^2.$$

El resultado de área superficial de nuestro filtro lento de arena será de 1,5 m<sup>2</sup>.

Constante de costo, para el cual se emplea la siguiente formula teniendo en cuenta que el número de filtraciones es de 1 como mínimo, a continuación se detalla la tabla para determinar el número de unidades necesarias para los filtros lentos de arena.

**TABLA N° 13: CAPACIDAD NECESARIA EN PLANTAS DE TRATAMIENTO CON FILTROS LENTOS.**

Población	Número de unidades	Unidad de reserva
<2.000	1	100%
>2.000	2	100%
2.000 – 10.000	3	50%
10.000 - 60.000	4	33%
60.000 – 100.000	5	25%

FUENTE: [www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/002320/002320-08f.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/002320/002320-08f.pdf).

**Nota:** Esto implica que cuando se diseña para pequeñas poblaciones, un solo filtro debe ser capaz de tratar la totalidad del flujo sin sobrecarga, para mantener una capacidad de reserva de 100%.

$$n = \frac{2 * n}{(n + 1)}$$

$$n = \frac{2 * 1}{(1 + 1)}$$

$$K = 1,00$$

Le resultado de la constante de costo es de 1,00.

El siguiente paso será el cálculo de la longitud del filtro para lo cual se utilizara la siguiente formula:

$$L = (As * K)^{1/2}$$

$$L = (1,5 \text{ m} * 1,00)^{1/2}$$

$$L = 1,22 \text{ m.}$$

El resultado de la longitud del filtro es 1,22 m.

Seguido se procede a calcular el ancho del filtro, utilizando la siguiente formula.

$$b = (As/k)^{1/2}$$

$$b = (1,5 \text{ m}/1,00)^{1/2}$$

$$b = 1,22 \text{ m.}$$

El resultado del ancho total del filtro es 1,22 m.

Ahora procedemos a realizar el cálculo para obtener la velocidad de filtración real, para esto utilizamos la siguiente formula.

$$VR = \frac{Q}{A * K * L}$$

$$VR = \frac{0,30 \text{ m}^3/\text{h}}{1 * 0,87 \text{ m} * 0,87 \text{ m}}$$

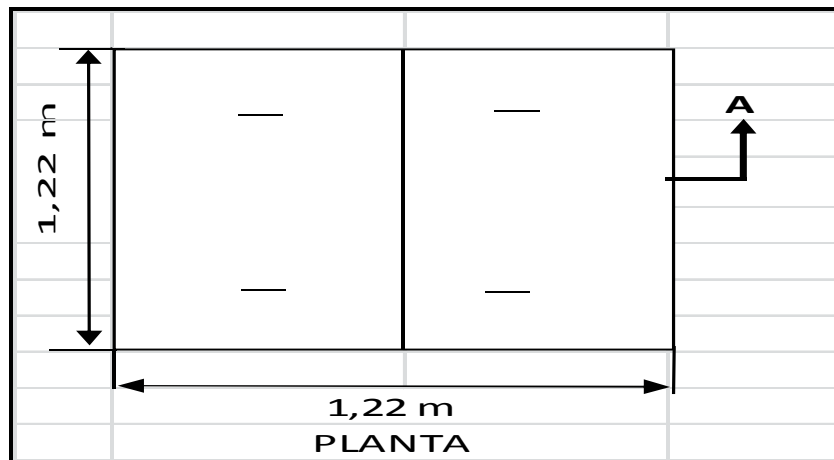
$$VR = 0,2 \text{ m/h.}$$

La velocidad real de filtración será de 0,2 m/h en el filtro. Por lo cual cumple con la tabla de criterio para el diseño de nuestro Filtro Lento.

### **3.3.2. Características del Filtro Lento de Arena.**

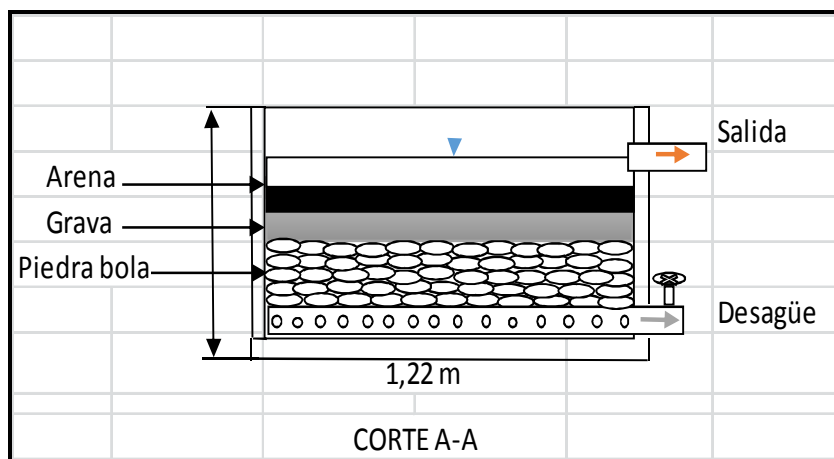
- El filtro lento de arena tendrá una relación largo-ancho del área superficial comprendido entre 1,22-1,22.
- Una profundidad total de 1,20 m, incluido los 0,30 metros de borde libre con una altura de agua de 0,80 m y de 0,10 m de grosor de la tapa de revisión.
- Consta de dos tapas para su revisión y limpieza tendrá una relación largo-ancho del área superficial entre 0,61 m: 1,22 m, los filos y el marco de las paredes contendrá un ángulo de hierro de 1 pulgada, que servirá para soportar peso y ser más resistentes.
- Para el ingreso se utiliza un tubo PVC de 75 mm el cual se encuentra en la parte del lecho del lecho filtrante el cual descansa sobre una capa de piedra bola, seguido por grava de  $\frac{3}{4}$  de diámetro, seguido por una capa grava de  $\frac{1}{2}$  de diámetro, por último colocamos una capa de arena gruesa 0.30 mm.

**FIGURA N° 19: DISEÑO DEL FILTRO LENTO DE ARENA.**



Elaborado por: ARMAS, Ricardo (2015)

**FIGURA N° 20: CORTE DEL FILTRO LENTO DE ARENA.**



Elaborado por: ARMAS, Ricardo (2015).

### ***3.3.3. Requisitos del Filtro Lento de Arena.***

- Se lo podrá elaborar de diferentes materiales como concreto, mampostería de ladrillo o piedra, de preferencia con recubrimiento de mortero impermeable.
- La rugosidad de la pared deberá estar en contacto con el medio filtrante para descartar posibles líneas de flujo o a su vez cortos circuitos.
- Hay que tomar en cuenta los asentamientos diferenciales del terreno, ya que, esto puede provocar fisuras en la cimentación y losa de fondo.
- Se recomienda su elaboración en temporada seca para facilitar el proceso de excavación, preparación de concreto, colocación de mezclas y secado.
- El medio filtrante debe estar libre de impurezas.

### ***3.3.4. Mantenimiento del Filtro Lento de Arena.***

- Abrir la válvula de desagüe cada 5 meses para limpieza del filtro.
- Al momento de la limpieza retirar el 25% del agua, para evitar que los microorganismos benéficos mueran.

## **3.4. Sistema Recolector.**

Los sistemas recolectores o tanques de almacenamiento cumplen la función de almacenar el agua tratada para darle el uso particular en nuestro caso esta agua será utilizada para irrigar nuestros cultivos.

### ***3.4.1. Cálculo para el Sistema Recolector.***

Para el dimensionamiento debemos conocer tres factores los cuales son:

B = Ancho.

L = Largo.

H = Altura.

Teniendo en cuenta que se almacenara un volumen de  $2.7 \text{ m}^3$ , utilizamos la siguiente formula.

$$V = B * L * H$$

Remplazando datos obtenemos:

$$V = 1,50 * 1,50 * 1,20$$

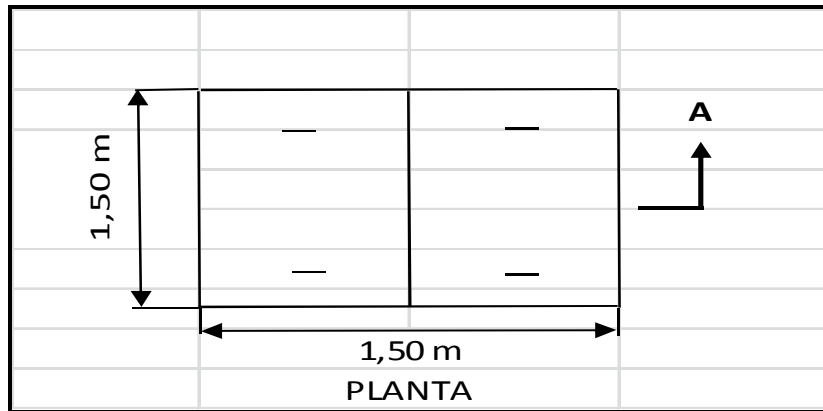
$$V = 2,70 \text{ m}^3.$$

El volumen de nuestro sistema recolector es de  $2,70\text{m}^3$  de capacidad, por lo que es suficiente para su recolección.

### ***3.4.2. Características del Sistema Recolector.***

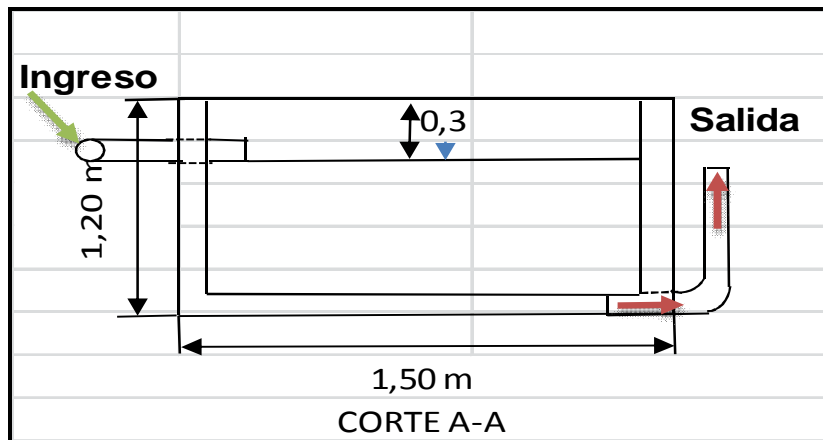
El sistema recolector tendrá una longitud de 1,50 metros por 1,50 metros de ancho y una profundidad de 1,20 metros, en la parte superior se encuentra una llave de paso la cual permitirá extraer el agua para utilizarla para riego. En la parte superior se encuentra una tapa de hormigón.

**FIGURA N° 21: DISEÑO DEL SISTEMA RECOLECTOR DE AGUA.**



Elaborado por: Armas, Ricardo. (2015).

**FIGURA N° 22: CORTE DEL SISTEMA RECOLECTOR DE AGUA.**



Elaborado por: Armas, Ricardo. (2015).

### 3.4.3. Requisitos del Sistema Recolector.

- Debe contener una capacidad de abastecimiento lo suficiente como para recolectar el agua que ingresa al sistema de tratamiento, por un lapso máximo de 24 horas.

- La cimentación y losa de fondo no deben presentar fisuras.
- Deberá ser impermeable para evitar filtraciones al suelo, y así ocasionar desperdicio hídrico.
- Constará de tuberías tanto de ingreso como de salida.
- La altura máxima del agua con respecto de la tapa será de 0.30 m.

#### ***3.4.4. Mantenimiento del Sistema Recolector.***

El mantenimiento del sistema recolector se lo realiza como a cualquier tanque de agua, se lo debe limpiar si este presenta residuos de algas, para lo cual se debe vaciar por completo, y proceder a fregar con un cepillo de ropa las paredes que estén sucias.

No se deberá hacer uso de cualquier tipo de detergente o desinfectantes, ya que, el objetivo es no perjudicar los cultivos con el contacto de químicos.

### **3.5. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

#### ***3.5.1. Replanteo.***

Se entiende por replanteo el trasladar los datos de los planos de diseño al terreno, como paso previo para la construcción del proyecto.

### ***3.5.2. Deshierbe y limpieza.***

Consiste en cortar, retirar de las áreas de construcción los arbustos, raíces, vegetación y cualquier otro material que dificulte la construcción de las obras descritas en el proyecto.

### ***3.5.3. Excavación.***

La excavación se realizó de forma mecánica, puesto que el suelo es de material cangagua, un material muy duro.

### ***3.5.4. Nivelación y Empedrado.***

En este proceso nivelamos la parte de la solera, lo cual nos permite, obtener la profundidad deseada para cada tanque del sistema de tratamiento, el material utilizado en el empedrado es piedra bola en el cual se fundirá el piso de hormigón.

### ***3.5.5. Fundición del Hormigón.***

Para la preparación del hormigón utilizado en la fundición del piso se utilizó la siguiente Dosificación: 1 de cemento, 2 de granzón y 4 de ripio, en parejuelos de 0,30 por 0,30 m.

### ***3.5.6. Armado de Paredes del Sistema de Tratamiento.***

El material utilizado para la elaboración de las paredes fue ladrillo de las siguientes dimensiones, 0,37 de largo por 0,17 de ancho y 0,08 metros de grosor, esta pared se la compacta con macilla o mortero, el cual permite que las paredes se mantengan firmes.

### ***3.5.7. Revestimiento de Paredes.***

En este proceso utilizamos mortero para lo cual utilizamos la siguiente dosificación, 1 de cemento y 3 de granzón, en parejuelos de 0,30 por 0,30 m. esta mezcla permite que los tanques sean impermeables para que no filtre el agua durante su tratamiento.

### ***3.5.8. Tuberías Válvulas y Accesorios.***

- Constará de tuberías tanto de ingreso como de salida.
- Válvulas de regulación de caudal de drenaje: Se utilizaron válvulas de compuerta, de bola o mariposa.
- Se utiliza el bronce y el diámetro los mismos que variaran según el diseño del filtro.
- Tuberías y accesorios: Para el drenaje, rebose e ingreso de agua utilizamos material PVC. Entre los que constan, como codos de 90° y 45°, Tee de 45° los diámetros especificados en el diseño.
- Mallas de plástico.- Estas mantienen separado las diferentes capas de grava.

### ***3.5.9. Tamizado y Lavado de Gravas.***

En este proceso se utilizó grava de  $\frac{1}{2}$  y de  $\frac{3}{4}$ , como siguiente paso colocamos en recipientes de un volumen conocido para conocer el volumen que necesitamos colocar en el filtro lento de arena, por consiguiente se coloca agua y se deja fraguar por 6 días removiendo constantemente y cambiando de agua, esta acción se lo repite varias veces, con el fin de eliminar impurezas orgánicas lo cual perjudican la capacidad de filtrar el agua.

### ***3.5.10. Colocación de materiales al filtro lento de arena.***

Como primer paso colocamos la piedra bola en el lecho del filtro el cual nos permite obtener una resistencia en la base, seguido colocamos la grava con una dimensión de  $\frac{3}{4}$ , lavada de antemano para evitar las impurezas orgánicas que puedan encontrarse y perjudican el correcto funcionamiento del filtro, por consiguiente se coloca la grava de  $\frac{1}{2}$  de diámetro, por último se añade la arena gruesa que tiene un diámetro de 0.30 mm.

### ***3.5.11. Prueba Hidráulica de los Tanques.***

- Antes de procederse al enlucido interior, la estructura será sometida a la prueba hidráulica para constatar la impermeabilidad, será llenada con agua hasta su nivel máximo por un lapso de 24 horas como mínimo. En caso que no se presenten filtraciones se ordenará descargarlo y enlucirlo.

- En caso que la prueba no sea satisfactoria, se repetirá después de haber efectuado los resanes tantas veces como sea necesario para conseguir la impermeabilidad total.
- Los resanes se realizarán picando la estructura, sin descubrir la armadura, para que pueda adherirse el concreto preparado con el aditivo respectivo.

### **3.6.INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

#### ***3.6.1. Identificación del Efluente a Analizar.***

La recolección de las muestras se llevó a cabo en el punto de salida del sistema de tratamiento implementado en el paradero la Tonga ubicado en el Barrio Chan, del Cantón Latacunga, en las siguientes coordenadas: X761.951 ó Y 9898.401, y con una altitud de 2.958 m.s.n.m., las aguas analizar son aguas residuales, su origen es descarga doméstica, cabe recalcar que es una muestra puntual, la cual se llevó con el respectivo procedimiento al laboratorio acreditado LANCAS.

#### ***3.6.2. Recepción de la Muestra de Análisis.***

Los parámetros analizados por el laboratorio LANCAS del Instituto Nacional de Estereología e Hidrología INAMHI, el cual es certificado por la Organización Acreditada Ecuatoriana OAE, presentan los siguientes resultados, los mismos que a continuación se realiza una comparación con el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, tablas No. 6 y 7, Criterios de Calidad Admisible para Aguas de Uso Agrícola. Y los resultados obtenidos en el primer análisis antes de la implementación del sistema de tratamiento, esto ayudara a verificar la eficiencia con la que funciona.

**TABLA N° 14: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

Aceites y Grasas.				
PUNTO DE MUESTREO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Entrada al S.T.	mg/l	904,20	0,3	No
Salida del S.T.	mg/l	12,40		No

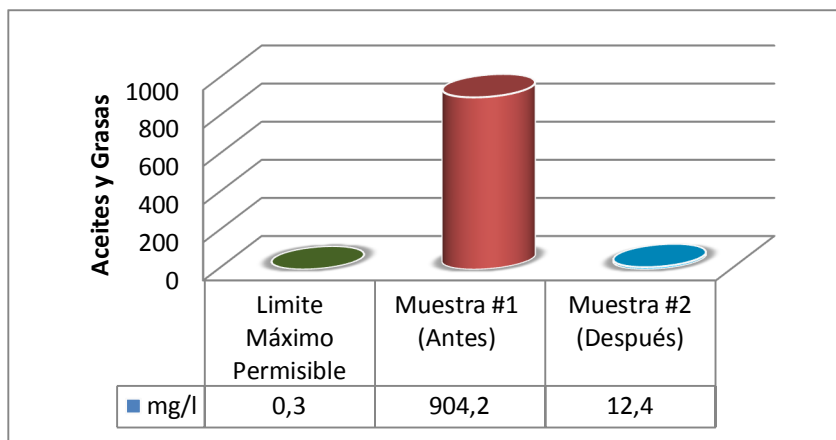
ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 14.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

Mg/l = miligramos/litro.

**FIGURA N° 23: ACEITES Y GRASAS, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Los resultados obtenidos en la muestra #1 y muestra #2 es de 904,2 mg/l y 12,4 mg/l de aceites y grasas, respectivamente; lo cual representa una disminución del 98,63% después del sistema de tratamiento. Comparando con la Normativa TULSMA, para agua de riego, donde se indica que el rango permisible es 0,3 mg/l, estas no cumplen con la ley pero baja considerablemente.

**TABLA N° 15: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

Bicarbonatos							
PUNTO DE MUESTREO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS	GRADO DE RESTRICCIÓN				CUMPLE
Entrada al S.T.	meq/l	2,25	Ninguno	Ligero	Moderado	Severo	Si
Salida del S.T.	meq/l	0,66	1,5	1,5	8,5	>8,5	Si

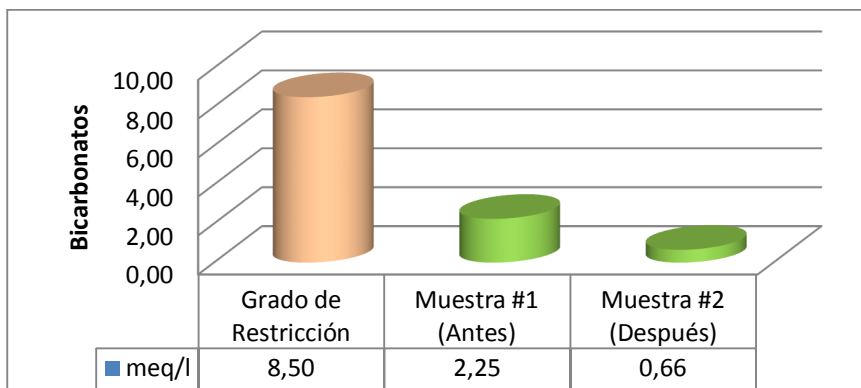
ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 15.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

Meq/l = miliequivalentes/litro.

**FIGURA N° 24: BICARBONATOS, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Los resultados obtenidos en la muestra #1 y muestra #2 es de 2,25 meq/l y 0,66 meq/l de bicarbonatos, respectivamente; lo cual indica una disminución del 70,67% después del sistema de tratamiento. Comparando con el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 7., donde se indica que el grado máximo de restricción es de 8,5 meq/l, este se encuentra en cumplimiento con la ley.

**TABLA N° 16: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

Cloruros							
PUNTO DE MUESTREO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS	GRADO DE RESTRICCIÓN				CUMPLE
Entrada al S.T.	meq/l	2,92	Ninguno	Ligero	Moderado	Severo	Si
Salida del S.T.	meq/l	2,92	4,0	4,0	10,0	>10,0	Si

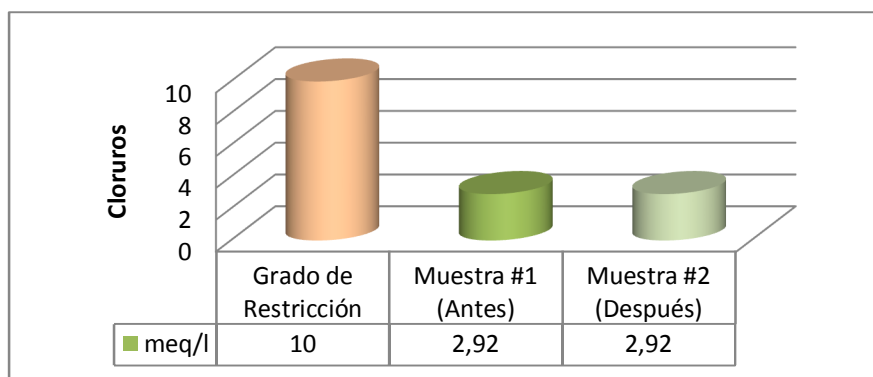
ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 16.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

Meq/l = miliequivalentes/litro.

**FIGURA N° 25: CLORUROS, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Los resultados obtenidos en la muestra #1 y muestra #2 es de 2,25 meq/l y 0,66 meq/l de bicarbonatos, respectivamente; comparando con el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 7, el parámetro de calidad del agua para riego es de 4,0 - >10,0 meq/l, este se encuentra en cumplimiento con la ley.

**TABLA N° 17: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

<b>Coliformes Totales</b>				
<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>	<b>LIMITE MAXIMO PERMISIBLE</b>	<b>CUMPLIMIENTO</b>
Entrada al S.T.	nmp/100ml	15000	1000	No
Salida del S.T.	nmp/100ml	2,4E+06		No

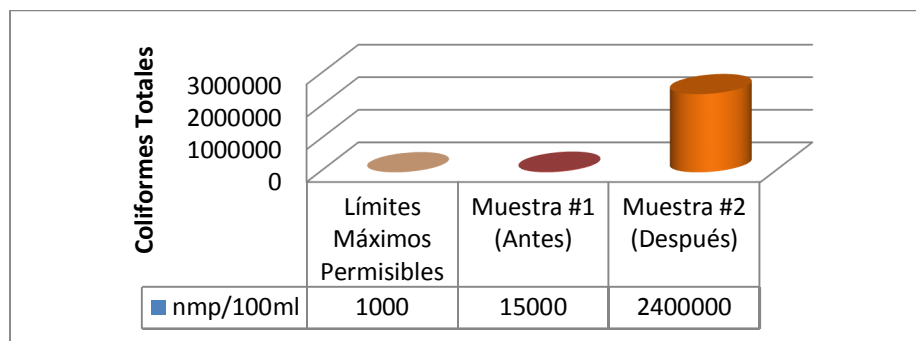
ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 17.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

Nmp/100ml = números por millón/100 mililitros.

**FIGURA N° 26: COLIFORMES TOTALES, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Los resultados obtenidos en la muestra #1 y muestra #2 es de 15000 nmp/100 ml y 2400000 nmp/100 ml de Coliformes totales, respectivamente; comparando con el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 6, el parámetro de calidad del agua para riego, el límite máximo permisible es 1000 nmp/100ml, encontrándose fuera de los límites permisibles para agua de regadío.

**TABLA N° 18: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

Conductividad							
PUNTO DE MUESTREO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS	GRADO DE RESTRICCIÓN				CUMPLE
Entrada al S.T.	ms/cm	6,78	Ninguno	Ligero	Moderado	Severo	No
Salida del S.T.	ms/cm	1,34	0,7	0,7	3,0	>3,0	Si

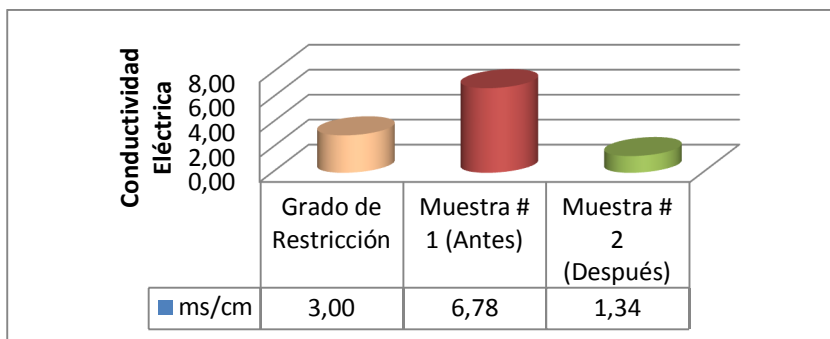
ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 18.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

Ms/cm = micro siemens/centímetro.

**FIGURA N° 27: CONDUCTIVIDAD, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Los resultados obtenidos en la muestra #1 y muestra #2 es de 6,78 ms/cm y 1,34ms/cm de conductividad, respectivamente; lo cual indica una disminución del 80,24% después del sistema de tratamiento. Comparando con el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 7, indica que el grado de restricción es de 3,0 ms/ cm, lo cual este se encuentra en cumplimiento con la ley vigente.

**TABLA N° 19: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

<b>DBO<sub>5</sub></b>				
<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>	<b>LIMITE MAXIMO PERMISIBLE</b>	<b>CUMPLIMIENTO</b>
Entrada al S.T.	mg/l	462,90	N/A	N/A
Salida del S.T.	mg/l	400,20		N/A

ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

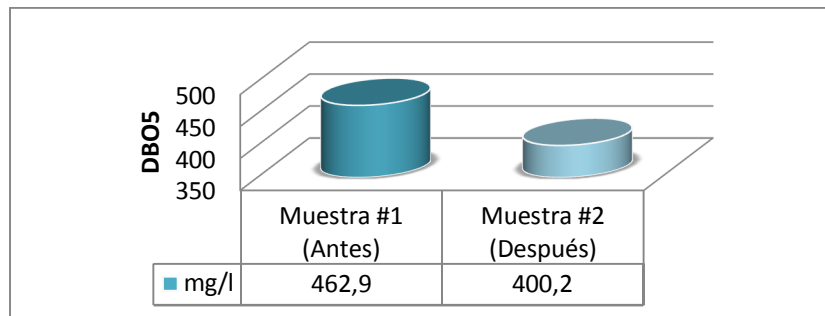
Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 19.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

Mg/l = miligramos/litro.

N/A= No Aplica.

**FIGURA N° 28: DBO, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** La muestra #1 nos dio como resultado 462,9 mg/l como podemos observar el resultado de la muestra #2 es de 400,2 mg/l, esto quiere decir que el sistema de tratamiento es efectivo.

**TABLA N° 20: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

DQO				
PUNTO DE MUESTREO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Entrada al S.T.	mg/l	6150	N/A	N/A
Salida del S.T.	mg/l	4850		N/A

ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

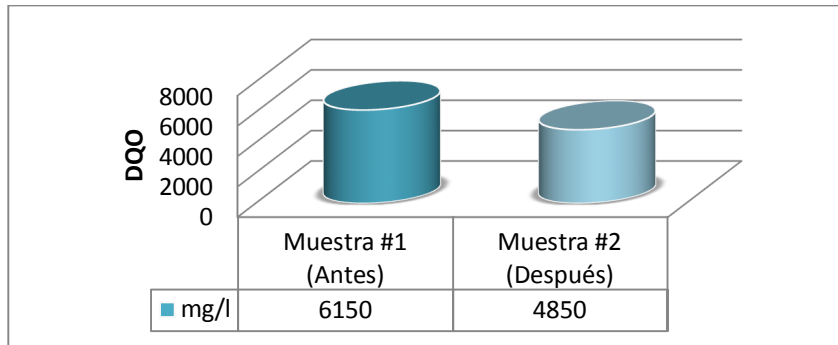
Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 20.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

Mg/l = miligramos/litro.

N/A= No Aplica.

**FIGURA N° 29: DQO, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** La muestra #1 nos dio como resultado 6150 mg/l como podemos observar el resultado de la muestra #2 es de 4850 mg/l, esto quiere decir que el sistema de tratamiento es efectivo.

**TABLA N° 21: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

<b>Nitrógeno Total</b>				
<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>	<b>CUMPLIMIENTO</b>
Entrada al S.T.	mg/l	148,19	N/A	N/A
Salida del S.T.	mg/l	108,10		N/A

ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

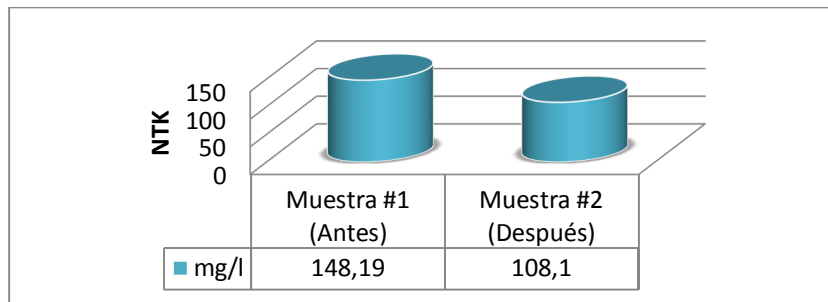
Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 21.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

Mg/l = miligramos/litro.

N/A= No Aplica.

**FIGURA N° 30: NITRÓGENO TOTAL, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** La muestra #1 nos dio como resultado 6150 mg/l como podemos observar el resultado de la muestra #2 es de 800 mg/l, esto quiere decir que el sistema de tratamiento es efectivo ya que la trampa de grasas atrapa la mayoría de los detergentes utilizados.

**TABLA N° 22: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

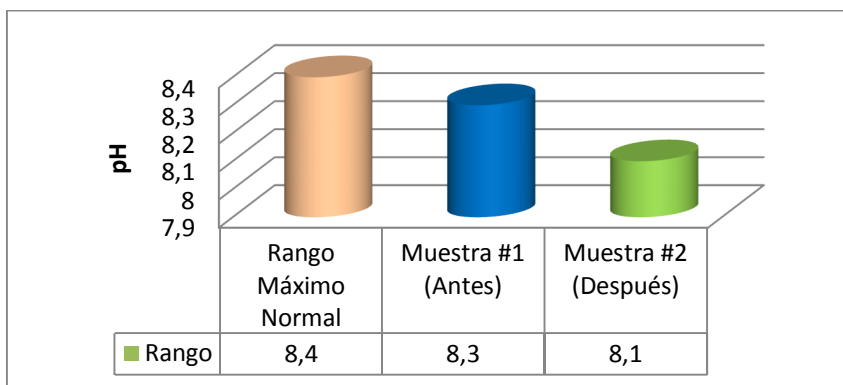
pH				
PUNTO DE MUESTREO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS	RANGO NORMAL	CUMPLIMIENTO
Entrada al S.T.	Rango normal	8,3	6,5 ó 8,4	Si
Salida del S.T.	Rango normal	8.1		Si

ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 22.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

**FIGURA N° 31: PH, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Los resultados obtenidos en la muestra #1 y muestra #2 es de 8,3 y 8,1 de pH, respectivamente; lo cual indica una disminución del 0.2 después del sistema de tratamiento. Comparando con el TULSMA, anexo 1, tabla 7, indica que el rango normal se encuentra de 6,5-8,4, lo cual cumple con la ley vigente para agua de riego.

**TABLA N° 23: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

<b>Sólidos Totales Disueltos</b>				
<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>	<b>CUMPLIMIENTO</b>
Entrada al S.T.	mg/l	5402	3000	No
Salida del S.T.	mg/l	1742		Si

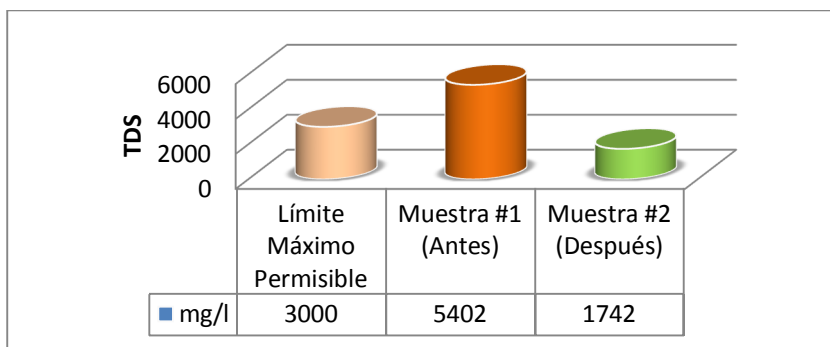
ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 23.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

Mg/l = miligramos/litro.

**FIGURA N° 32: SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Los resultados obtenidos en la muestra #1 y muestra #2 es de 5402 mg/l y 1742 mg/l de TDS, respectivamente; lo cual indica una disminución del 67,75% después del sistema de tratamiento. Comparando con el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 6, Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, el límite máximo permisible es 3.000,0 mg/l, este se encuentra en cumplimiento con la ley.

**TABLA N° 24: COMPARACIÓN DE MUESTRAS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA LEGAL PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA.**

Sulfatos				
PUNTO DE MUESTREO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Entrada al S. T.	mg/l	170	N/A	N/A
Salida del S. T.	mg/l	140		N/A

ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

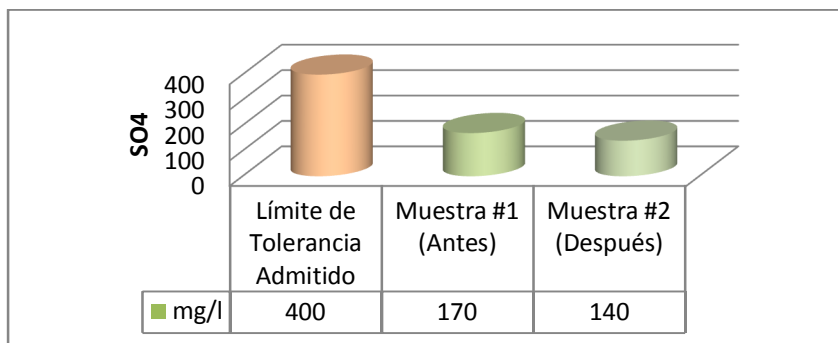
Significado de las iniciales utilizadas en la tabla No 24.

S.T. = Sistema de Tratamiento.

Mg/l = miligramos/litro.

N/A= No Aplica.

**FIGURA N° 33: SULFATOS, DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**



ELABORADO POR: ARMAS, Ricardo (2015).

**Interpretación.-** Los resultados obtenidos en la muestra #1 y muestra #2 es de 170 mg/l y 140 mg/l de sulfatos, respectivamente; comparando con los límites de Tolerancia Admisible de la República de Venezuela, indica que el límite es 400 mg/l, encontrándose en cumplimiento.

## 4. CONCLUSIONES

Una vez concluido el trabajo investigativo sobre la reutilización de las aguas grises, e implementado el sistema de tratamiento se procede a emitir las siguientes conclusiones.

Se comparó la muestra inicial con la ley vigente, e indican que Aceites y Grasas, Coliformes Totales, Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales Disueltos, se encuentran fuera de los Límites Máximos Permisibles de acuerdo con el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, tablas No. 6 y 7, Criterios de Calidad Admisible para Aguas de Uso Agrícola.

Se diseñó el sistema de tratamiento a través de los conocimientos adquiridos en los programas de Excel y AutoCAD, el cual permitió el replanteo en campo para implementar y de esta manera reutilizar el agua, como irrigación para sus cultivos.

Se evaluó el sistema mediante los análisis realizados en el laboratorio, se puede evidenciar que fueron positivos en relación a los límites máximos permisibles para agua de regadío disponibles en la tabla 6 y 7 del TULSMA de la República del Ecuador, con excepción de Coliformes Totales, esto debido a la alta concentración de la materia orgánica presente en el agua potable de Chan.

Se concluye que la falta de conocimiento en cuanto a la reutilización de agua provoca un gran desaprovechamiento del recurso hídrico en los sectores rurales de la provincia de Cotopaxi.

## **5. RECOMENDACIONES**

Como recomendaciones se puede decir que.

Es necesario capacitar al usuario sobre la operación y mantenimiento respectivos, para garantizar la sostenibilidad del sistema y que no genere mayores problemas en los resultados.

Realizar un monitoreo después de un mes de su implementación, ya que mientras el flujo de agua sea constante y con periodos de descanso en el filtro lento de arena, la capa biológica puede trabajar, esto incrementa los beneficios para la recuperación de aguas grises, y disminuye la cantidad de virus y bacterias presentes.

Se recomienda impulsar nuevas investigaciones y divulgar trabajos ya realizados para que se popularice y se pueda adquirir los beneficios que se han descrito.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ARCE VELASQUEZ, A. L., FILIS MORENO, M., & RIVERA, L. M. (s.f.). *Serie Autodidactica de Medición de Calidad de Agua*.
- CALLE CHUMO, R. N., & RODAS SOTO, W. L. (2013). *Estudio de Tratabilidad para el Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en una Industria Alimenticia*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil.
- CALLE. CHUMO, R. N. (2013).
- CAMACHO BARREIRO, A., & ARIOS ROACHE, L. (2000). *Diccionario de Términos Ambientales*.
- CASAS. José M., G. F. (2007). *Educación Ambiental*.
- Constitución Política del Ecuador. (20 de Octubre de 2009). *Registro Oficial*.
- CRITES, R. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*.
- DÍAZ CUENCA, E., ALVARADO GRANADOS, A. R., & CAMACHO CALZADA, K. E. (1 de Enero de 2012). *El Tratamiento de Agua Residual Doméstica para el Desarrollo Local Sostenible*. Recuperado el 22 de Marzo de 2015, de Quivera: <http://www.redalyc.org/pdf/40123894005.pdf>
- ESCOLÁSTICO LEÓN, C. C. (2013). *Ecología: Introducción. Organismos y Poblaciones*.
- FRAUME, N. (2006). *Contaminación del Agua Alteración en la Composición Natural del Agua Producida por Residuos Agrícolas, Industriales y Urbanos*.
- GALAN, A. P. (2010). *Normas de Gestión de las Licencias Urbanísticas de Actividades*. Ayuntamiento de Madrid. Madrid.
- GLYNN, H. G. (1999).

- HILL, J. W. (1999).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (1998). Norma Técnica Ecuatoriana 2169. *Agua, Calidad del Agua, Muestreo, Manejo y Conservación de Muestras, primera edición.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (1998). Norma Técnica Ecuatoriana 2176. *Agua, Calidad del Agua, Muestreo, Técnicas de Muestreo, primera edición.*
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos. (Miércoles 6 de Agosto de 2010). Usos y Aprovechamiento del Agua. *Registro Oficial N° 305.*
- Ley Reformatoria del Código Penal. (2 de Enero de 2000). Registro Oficial N°2.
- MANAHAN, S. (2006).
- MARRON, C. (s.f.). *Plantas de Tratamiento por Filtración Lenta: Diseño, Operación y Mantenimiento.*
- MASTERS, G. M. (2008). *Introducción a la Ingeniería Medio Ambiental.*
- MIHELICIC, J. Z. (2012). *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño.*
- MORELL, I. H. (2000). *El Agua en Castellón: un Reto para el Siglo XXI.*
- MUÑOZ, É. (s.f.). *Fundamentos de la Investigación.*
- OSORIO ROBLES, F. T. (2010). *Tratamiento de Aguas para la Eliminación de Microorganismos y Agentes Contaminantes.*
- Physical Science Study Commie. (1965).
- POSSO YÉPEZ, M. Á. (2005). *Metodología para el Trabajo de Grado.*

- RIGOLA LAPENÑA, M. (2005). *Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Proceso y Residuales*.
- SANTAFÉ, F. (2009).
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente. (31 de Marzo de 2003). *Registro Oficial N° 356*.
- ULLOA ENRÍQUEZ, F. (2013). *Análisis de su División Político-Administrativo Cotopaxi*. Latacunga: arcoiris producción gráfica.
- VIDAL, G. J. (2006).
- VILLALBA AVIÑÉS, C. (2006). *Metodología de la Investigación Científica* (tercera ed.).
- VISO RODRÍGUEZ, A. (2005). *Reutilización de Aguas Residuales para Riego Tendencias Tecnológicas*. Tesis, Centro Tecnológico de la Energía y el Medio Ambiente.
- WIMPENNY, J., HEINZ, I., & KOO-OSHIMA, S. (2013). *Reutilización del Agua en la Agricultura: Beneficios para Todos?* Recuperado el 28 de Marzo de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>

# **ANEXOS**

Recolección de Muestras de Aguas Grises



Identificación de Muestras



Identificación de Muestras



Colocación de Muestras en cooler



Sellado del cooler



Recepción al Laboratorio CICAM



# Informe de Resultados Muestra #1



## ESCUELA POLITECNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL AMBIENTAL



Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte • Calle Ladrón de Guevara E 11-253  
Tel.: (00593-2) 3938780 Ext.: 2151 • Telefax: (00593-2) 221306 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicamepn@gmail.com  
Quito – Ecuador

### INFORME DE RESULTADOS

Quito, 6 de abril de 2015

#### EMPRESA

Solicitado por: MARIO ARMAS

Atención:

Dirección: Latacunga

Identificación de la muestra (cliente): ninguna

Fecha de recolección: 23 de marzo de 2015

Responsable de toma de muestra: cliente

No. IR15363

Ref. ST15064

Teléfono: 032807851

Fax:

Origen: descarga doméstica compuesta

Tipo de muestra: agua residual

Tipo de envase: plástico y vidrio

Llegó refrigerada: si

Se utilizó preservante: no

#### LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M-363

Fecha de ingreso al Laboratorio: 23 de marzo de 2015

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	***LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
Aceites y grasas	mg/L	904,2	0,3	27/03/2015	APHA 5520 B, Gravimétrico
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	meq/L	2,25		28/03/2015	APHA 2320 B, Titulación
Cloruros	mg/L	103,08		28/03/2015	APHA 4500 - Cl B
Coliformes totales	NMP/100mL	15000	1000	23/03/2015	APHA 9222 C
*Conductividad	ms/cm	6,78		24/03/2015	PEE/CICAM/11 (APHA 2510 B)
*Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L	462,9		30/03/2015	PEE/CICAM/06 (APHA 5210 B)
*Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	6150		23/03/2015	PEE/CICAM/01 (APHA 5220 D)
Nitrógeno total (N)	mg/L	148,19		24/03/2015	Procedimiento interno
Sólidos totales disueltos	mg/L	5402	3000,0	27/03/2015	APHA 2540 C
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	mg/L	170		24/03/2015	APHA 4500 - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E

**NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

\*El Centro de Investigaciones y Control Ambiental está acreditado por el OAE en estos parámetros y su rango es: DBO<sub>5</sub> entre 2,0 y 500 mg/l, DQO entre 10 y 10000 mg/l, pH entre 4 y 10 unidades, tensoactivos entre 0,025 y 100 mg/l, fenoles entre 0,020 y 2 mg/l.  
\*\*\*Límites máximos permisibles de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Ambiental, Libro VI Anexo 1: Tablas 6 y 7

Valores de incertidumbre de los parámetros acreditados, para el análisis de matrices acuosas:

Parametro	Rango de trabajo (mg/L)	Incertidumbre (%)
DBO (mg/L)	2 - 200	17,28
	200 - 500	14,2
DQO (mg/L)	10-10000	29,44
	0,56 - 9,86	1,331
Conductividad (µs/cm)	9,87 - 147	0,172
	148 - 998	3,202
	999- 1410	6,969
	1410 - 12800	42,864

Realizado por: Ing. Martín Ortiz  
ANALISTA RESPONSABLE



Revisado por: Ing. Carola Fierro  
DIRECTORA DE CALIDAD

Visita de Campo



Replanteo



Excavación Mecánica



Verificación de Profundidad



Nivelación



Empedrado



Fundición de Hormigón



Estructura del Sistema de Tratamiento



Revestimiento de Paredes



Tamizado de Grava 1/2 Diámetro



Lavado de Gravas 3/4 Diámetro



Lavado de Gravas 1/2 Diámetro



Prueba Hidráulica



Prueba Hidráulica



Perforación de Ingreso al Filtro



Colocación de Piedra Bola



Colocación de Grava  $\frac{3}{4}$  Diámetro



Colocación de Grava  $\frac{1}{2}$  Diámetro



Arena de 30 mm de Diámetro



Recolección de Muestras



Identificación de Muestra



Medición de pH en Campo



Temperatura de muestras 4 °C



Recepción al Laboratorio LANCAS



Informe de Resultados Muestra #2



INFORME DE RESULTADOS

RC38-03

Nº. 15-1355

Pág. 2 de 3

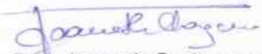
Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Conductividad	PE-02	SM 2510 B	uS/cm	1342,0
* Bicarbonatos	PE-11	SM 2320 B	mg/L	665,84
<sup>(a)</sup> Sólidos totales disueltos	PE-23	SM 2540 B y C	mg/L	1742,0
* Coliformes totales	PE-26	SM 9221 B-C	NMP/100 ml	2,4E+06
* Aceites y Grasas	PE-55	SM 5220 B	mg/L	12,40

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LE C 15-005"

"Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

"<sup>(a)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"

  
 Dra. Jeaneth Cartagena  
 Responsable de Laboratorio  


## Informe de Resultados Muestra #2



### ESCUELA POLITECNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL AMBIENTAL



Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte • Calle Ladrón de Guevara E 11-253  
Tel.: (00593-2) 3938780 Ext.: 2151 • Telefax: (00593-2) 221306 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicamepn@gmail.com  
Quito – Ecuador

#### INFORME DE RESULTADOS

Quito, 11 de diciembre de 2015

**EMPRESA**

Solicitado por: MARIO ARMAS

Atención:

Dirección: Latacunga

Identificación de la muestra (cliente): ninguna

Fecha de recolección: 04 de diciembre de 2015

Responsable de toma de muestras: cliente

No. IR16421

Ref. ST16075

Teléfono: 032807851

Fax:

Origen: descarga domestica simple

Tipo de muestra: agua residual

Tipo de envase: plástico y vidrio

Llego refrigerada: si

Se utilizó preservante: no

**LABORATORIO**

Numero de ingreso al laboratorio: M-527

Fecha de ingreso al laboratorio: 04 de diciembre de 2015

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	***LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	FECHA DE ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
Cloruros	mg/L	103,08		09/12/2015	APHA 4500-CI B
*Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L	400,2		10/12/2015	PEE/CICAM/06(APHA 5210 B)
*Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	4850		04/12/2015	PEE/CICAM/01(APHA 5220 D)
Nitrógeno total ( N)	mg/L	108,10		05/12/2015	Procedimiento interno
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	mg/L	140		04/12/2015	APHA 4500 – SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E

**NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

\*El Centro de Investigaciones y Control Ambiental está acreditado por el OAE en estos parámetros y su rango es: DBO<sub>5</sub> entre 2,0 y 500 mg/l, DQO entre 10 y 10000 mg/l, pH entre 4 y 10 unidades, tensoactivos entre 0,025 y 100 mg/l, fenoles entre 0,020 y 2 mg/l.

\*\*\*Límites máximos permisibles de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Ambiental, Libro VI Anexo 1: Tablas 6 y 7

Valores de incertidumbre de los parametros acreditados, para el analisis de matrices acuosas:

Parametro	Rango de trabajo (mg/L)	Incertidumbre (%)
DBO (mg/L)	2 - 200	17,28
	200 - 500	14,2
DQO (mg/L)	10-10000	29,44
	0,56 - 9,86	1,331
Conductividad (µs/cm)	9,87 -147	0,172
	148 - 998	3,202
	999- 1410	6,969
	1410 - 12800	42,864

Realizado por: Ing. Martín Ortiz  
ANALISTA RESPONSABLE



Revisado por: Ing. Carola Fierro  
DIRECTORA DE CALIDAD