



## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**

**NATURALES**

**INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE**

**TEMA:**

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL SISTEMA REGIONAL GUAYAMA, PARROQUIA CHUGCHILÁN, CANTÓN SIGCHOS. PERIODO 2013 - 2014”.**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE  
MEDIO AMBIENTE**

**AUTOR:**

Iza Oña Edgar Javier

**DIRECTOR:**

Ing. Renán Lara Landázuri

**LATACUNGA – ECUADOR. 2014**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

### DECLARACIÓN DEL AUTOR

Yo, IZA OÑA EDGAR JAVIER; declaro bajo juramento que el trabajo descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentada en ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondientes a lo desarrollado en este trabajo, a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, según lo establecido por la ley de la propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Iza Oña Edgar Javier

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL SISTEMA REGIONAL GUAYAMA, PARROQUIA CHUGCHILÁN, CANTÓN SIGCHOS. PERIODO 2013 - 2014”, de Autoría del Señor Iza Oña Edgar Javier, postulante de la especialidad de Ingeniería de Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales “UA – CAREN” de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, junio 2014.

El Director

---

Firma

Ing. Renán Lara Landázuri

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES “UA - CAREN”

ESPECIALIDAD INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

**CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL**

El tribunal de tesis certifica que el trabajo de investigación titulado:  
**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL SISTEMA REGIONAL GUAYAMA, PARROQUIA CHUGCHILÁN, CANTÓN SIGCHOS. PERIODO 2013 - 2014”**, de responsabilidad del Señor Edgar Javier Iza Oña; ha sido prolijamente revisado quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS:

Ing. Oscar Daza

Presidente

\_\_\_\_\_

Msc. Patricio Clavijo

Miembro

\_\_\_\_\_

Ing. Ivonne Endara

Opositora

\_\_\_\_\_

LATACUNGA – ECUADOR

2014.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **IZA OÑA EDGAR JAVIER**, cuyo título versa **“Determinación de la Calidad del Agua de Consumo Humano para el Diseño de la Planta de Tratamiento en el Sistema Regional Guayama, Parroquia Chugchilán, Cantón Sigchos. Periodo 2013 – 2014”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, junio del 2014

Atentamente,

Lic. Marco Beltrán.

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

**C.C. 0502666514**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por darme fuerza para seguir adelante, a mis Padres Mario y Hortensia por la paciencia brindada y apoyo en cada una de mis metas, por su ejemplo, estabilidad económica y sentimental.*

*A mis hermanas Miriam y Diana, a mis tíos por confiar siempre en mí, en especial agradezco a toda mi familia por su constante apoyo.*

*A mi tutor el Ing. Renán Lara, por su colaboración desinteresada en el tema de investigación, por su profesionalismo, seguridad y confianza mutua.*

*Al Consorcio MCCF-CESA, por ayudarme en todo momento*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haberme abierto las puertas durante el trayecto de mis estudios.*

*Edgar Javier Iza Oña*

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por haberme dado salud y fuerzas en todo momento para continuar con las metas planteadas.*

*A mi Padre Mario Iza, por sus sabios consejos y enseñanzas, que me han ayudado en durante toda mi vida para salir adelante.*

*A mi madre Hortensia Oña, por su apoyo, confianza y comprensión que me ha ayudado en los momentos más difíciles.*

*Edgar Javier Iza Oña*

## ÍNDICE

DECLARACIÓN DEL AUTOR .....	II
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS .....	III
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL.....	IV
<b>CERTIFICACIÓN DEL ABSTRACT</b> .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA .....	VII
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
JUSTIFICACIÓN .....	7
OBJETIVOS: .....	8
GENERAL .....	8
ESPECÍFICOS .....	8
HIPÓTESIS .....	9
CAPITULO I.....	10
<b>1. MARCO TEÓRICO</b> .....	10
1.1. DEFINICIÓN .....	10
1.2. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.....	11
1.3. PROPIEDADES DEL AGUA .....	11
1.3.1. <i>Acción disolvente</i> .....	11
1.3.2. <i>Elevada fuerza de cohesión.</i> .....	12
1.3.3. <i>Gran calor específico.</i> .....	12
1.3.4. <i>Elevado calor de vaporización.</i> .....	12
1.4. TIPOS DE AGUAS .....	12
1.5. EL VALOR DEL AGUA .....	14
1.5.1. <i>El valor económico</i> .....	14
1.5.2. <i>El valor social</i> .....	14
1.5.3. <i>El valor cultural</i> .....	14
1.6. AGUA DE CONSUMO HUMANO.....	15
1.6.1. <i>Tipos de agua de consumo humano</i> .....	15
1.6.1.1. <i>Agua entubada.</i> .....	15
1.6.1.2. <i>Agua potable.</i> .....	16
1.6.1.3. <i>Agua “tratada” y “no tratada”.</i> .....	17
1.6.2. <i>Dificultades en el mundo para acceder al agua potable</i> .....	17
1.7. CALIDAD DEL AGUA .....	18
1.7.1. <i>Definición</i> .....	18
1.7.2. <i>Factores que determinan la calidad del agua</i> .....	19
1.7.3. <i>¿Cómo se determina la calidad del agua?</i> .....	19
1.8. CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	19
1.8.1. <i>Definición de contaminación</i> .....	19
1.8.2. <i>Origen de la contaminación del agua</i> .....	20
1.8.3. <i>Contaminantes del agua</i> .....	20
1.8.4. <i>Consecuencias de la contaminación del agua</i> .....	21
1.9. TRATAMIENTO DEL AGUA.....	22
1.9.1. <i>Purificación de agua por sedimentación</i> .....	24
1.9.2. <i>Método de Ablandamiento Cal- Soda-Lime Softening</i> .....	24



1.9.3. Método por Intercambio Catiónico .....	25
1.9.4. Purificación de agua por filtración .....	25
1.9.5. Filtro de carbón activado .....	26
1.9.6. Filtro de arena .....	26
1.9.7. Filtro pulidor .....	26
1.9.8. Purificación de agua por cloración .....	26
1.9.9. Purificación de agua por ozono .....	27
1.9.10. Ajuste del pH .....	27
1.9.11. Purificación de agua por rayos ultravioleta .....	28
1.10. PLANTAS DE TRATAMIENTO .....	29
1.10.1. Tratamiento Físico .....	30
1.10.1.1. Rejas .....	30
1.10.1.1.1. criterios de diseño. ....	30
1.10.1.2. Desarenadores .....	31
1.10.1.2.1. remoción de partículas. ....	31
1.10.1.2.2. criterios de diseño. ....	31
1.10.1.3. Presedimentadores .....	32
1.10.1.3.1. criterios de Diseño. ....	32
1.10.1.4. Aeradores .....	32
1.10.1.4.1. dispositivos admitidos para la aeración. ....	32
1.10.2. Tratamiento Químico .....	33
1.10.2.1. Coagulación .....	33
1.10.2.1.1. como funciona .....	33
1.10.2.1.2. tipos comunes de los productos químicos. ....	33
1.10.2.1.3. alternativas de purificación de agua. ....	34
1.10.2.2. Floculación .....	34
1.10.2.2.1. tipos de floculación .....	35
1.10.2.2.2. parámetros de la floculación .....	35
1.10.3. Tratamiento Microbiológico .....	35
1.11. MARCO LEGAL .....	38
1.11.1 Normativa Ecuatoriana .....	38
1.11. MARCO CONCEPTUAL .....	43
CAPITULO II .....	46
2. METODOLOGÍA APLICADA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	46
2.1. LÍNEA BASE DEL SISTEMA REGIONAL GUAYAMA .....	46
2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	49
2.2.1. Vertientes del Sistema Regional Guayama .....	49
2.2.1.1. Localización .....	49
2.2.1.2. Coordenadas .....	49
2.2.2. Tanque de distribución del Sistema Regional Guayama .....	50
2.2.2.1. Localización .....	50
2.2.2.2. Coordenadas .....	51
2.2.3. Vías de acceso .....	51
2.2.3.1. Vía N° 1 .....	51
2.2.3.2. Vía N° 2 .....	51
2.2.3.3. Vía N° 3 .....	51
2.2.3.4. Vía N° 4 .....	52
2.2.4. Climatología .....	52
2.2.5. Características ecológicas .....	52
2.2.6. Geomorfología .....	53
2.3. SISTEMA REGIONAL GUAYAMA .....	53
2.3.1. Poblaciones consideradas en el presente estudio .....	53
2.3.2. Sistema de agua entubada .....	53

2.3.2.1. <i>Captación</i> .....	54
2.3.2.2. <i>Conducción</i> .....	55
2.3.2.3. <i>Tratamiento</i> .....	55
2.3.2.4. <i>Distribución</i> .....	55
<b>2.4. METODOLOGÍA</b> .....	57
2.4.1. <i>Muestreo</i> .....	57
2.4.2. <i>Puntos de muestreo</i> .....	58
2.4.2.1. <i>Punto N° 1, Vertiente Verde Toro</i> .....	58
2.4.2.2. <i>Punto N° 2, Tanque de recolección de la Comunidad Guayama Sampedro</i> .....	58
2.4.2.3. <i>Punto N° 3, Casa del usuario José Lino Ante de la comunidad Guayama Sampedro</i> .....	59
2.4.3. <i>Parámetros para el análisis de laboratorio</i> .....	59
2.4.3.1. <i>Parámetros físicos – químicos</i> .....	59
2.4.3.2. <i>Parámetros microbiológicos</i> .....	60
2.5. TIPOS DE INVESTIGACIÓN .....	60
2.5.1. <i>Investigación Bibliográfica</i> .....	60
2.5.2. <i>Investigación Cuantitativa</i> .....	60
2.5.3. <i>Investigación Descriptiva</i> .....	61
2.5.4. <i>Investigación De Campo</i> .....	61
2.6. MATERIALES UTILIZADOS .....	61
2.6.1. <i>Materiales de Campo</i> .....	61
2.6.2. <i>Materiales de oficina</i> .....	62
2.7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	63
2.7.1. <i>Muestra 1: Vertiente Verde Toro</i> .....	63
2.7.2. <i>Muestra 2: Tanque de Recolección de Guayama Sampedro</i> .....	65
2.7.3. <i>Muestra 3: Grifo, Casa José Lino Ante</i> .....	68
2.7.4. <i>Análisis comparativo de las muestras</i> .....	70
2.7.5.- <i>Comparaciones de los resultados con el Inventario Hídrico de la cuenca de río Toachi</i> .....	73
<b>CAPITULO III</b> .....	76
<b>3. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO</b> .....	76
3.1. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO .....	76
3.1.1. <i>Objetivo del Diseño</i> .....	76
3.1.2. <i>Tipos de tratamiento para el agua de consumo humano del Sistema Regional Guayama</i> .....	76
3.1.2.1. <i>Cloración</i> .....	76
3.1.2.1.1. <i>cálculos de la dosis de hipoclorito de sodio</i> .....	78
3.1.2.2. <i>Sedimentación</i> .....	79
3.1.2.2.1. <i>cálculo de la velocidad de sedimentación de partículas</i> .....	79
3.1.2.2.2. <i>partes de un sedimentador</i> .....	81
3.1.2.2.3. <i>critérios de diseño</i> .....	82
<b>CONCLUSIONES</b> .....	90
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	91
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	92
<b>ANEXOS</b> .....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1.- FLORA DE ÁREA DE ESTUDIO .....	47
TABLA N° 2.- FAUNA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	48
TABLA N° 3.- TANQUES DEL SISTEMA REGIONAL GUAYAMA.....	56
TABLA N° 4. ANÁLISIS FÍSICOS VERTIENTE VERDE TORO.....	63
TABLA N° 5. ANÁLISIS QUÍMICOS VERTIENTE VERDE TORO.....	64
TABLA N° 6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS VERTIENTE VERDE TORO.....	65
TABLA N° 7. ANÁLISIS FÍSICOS TANQUE DE RECOLECCIÓN DE GUAYAMA SAMPEDRO .....	65
TABLA N° 8. ANÁLISIS QUÍMICOS TANQUE DE RECOLECCIÓN DE GUAYAMA SAMPEDRO .....	66
TABLA N° 9. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS TANQUE DE RECOLECCIÓN DE GUAYAMA SAMPEDRO .....	67
TABLA N° 10. ANÁLISIS FÍSICOS GRIFO, CASA JOSÉ LINO ANTE.....	68
TABLA N° 11. ANÁLISIS QUÍMICOS GRIFO, CASA JOSÉ LINO ANTE.....	69
TABLA N° 12. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS GRIFO, CASA JOSÉ LINO ANTE.....	70
TABLA N° 13. ANÁLISIS FÍSICOS COMPARACIONES DE MUESTRAS .....	70
TABLA N° 14. ANÁLISIS QUÍMICOS COMPARACIONES DE MUESTRAS .....	71
TABLA N° 15. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS COMPARACIONES DE MUESTRAS .....	72
TABLA N° 16. PARÁMETROS FÍSICOS – COMPARACIONES DE LOS RESULTADOS CON EL INVENTARIO DE LA CUENCA DEL RÍO TOACHI.....	73
TABLA N° 17. PARÁMETROS QUÍMICOS – COMPARACIONES DE LOS RESULTADOS CON EL INVENTARIO DE LA CUENCA DEL RÍO TOACHI.....	74
TABLA N° 18. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS – COMPARACIONES DE LOS RESULTADOS CON EL INVENTARIO DE LA CUENCA DEL RÍO TOACHI.....	75
TABLA N° 19: FORMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN:.....	79

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>GRAFICO 1. ÁREA DE PROTECCIÓN DE LA VERTIENTE VERDE TORO</i> .....	50
<i>GRÁFICO N°2. DISPOSITIVO DE INYECCIÓN DE UNA SOLUCIÓN CLORADA CON BOMBA DOSIFICADORA</i> .....	77
GRÁFICO N° 3: VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN. ....	80
GRÁFICO N° 4: PLANTA Y ALZADO DE UN SEDIMENTADOR CONVENCIONAL.....	81
GRÁFICO N° 5: PANTALLA DIFUSORA DEL SEDIMENTADOR (A) Y (B).....	82

## **TEMA DE TESIS**

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL SISTEMA REGIONAL GUAYAMA, PARROQUIA CHUGCHILÁN, CANTÓN SIGCHOS. PERIODO 2013 - 2014”.**

**AUTOR:** EDGAR JAVIER IZA OÑA

**DIRECTOR:** Ing. RENÁN LARA LANDÁZURI

## **RESUMEN**

El Sistema Regional Guayama capta el agua para consumo humano de siete vertientes, donde la principal es la Vertiente Verde Toro. El agua es conducida hasta el tanque de recolección que se encuentra en la Comunidad Guayama Sampedro. El caudal total que ingresa al tanque de recolección es de 4,33 litros por segundo.

Las comunidades abastecidas por el Sistema Regional Guayama son: Guayama Grande, Guayama Sampedro, Chaupi y Pilapuchin.

En el trayecto del agua desde las vertientes hasta el tanque de recolección se genera contaminación de tipo microbiológico, misma que la causa principal es el pastoreo de animales, tales como ganado bovino y ovino.

Mediante análisis de laboratorio se determinan que los parámetros físico-químicos se encuentran dentro de los rangos permisibles para agua de consumo humano, y en cuanto a los parámetros microbiológicos, estos presentan un alto índice de coliformes totales. Cabe destacar que en la vertiente Verde Toro el índice de coliformes tanto fecales como totales se encuentra dentro de los límites permisibles, mientras que en el Tanque de Recolección de Guayama Sampedro, el índice de los

coliformes fecales permanece dentro de los límites permisibles y el índice de coliformes totales es altamente elevado.

La presente investigación plantea una propuesta de solución a esta problemática al elaborar el diseño de una planta de tratamiento cuyo punto de partida son los resultados de los análisis de laboratorio.

Como se mencionó con anterioridad, el problema en la calidad del agua son los coliformes totales. Por tanto el diseño de la planta de tratamiento se concentra en la cloración, la cual es mediante un dispositivo de inyección de una solución clorada con bomba dosificadora, en donde la dosis de hipoclorito de sodio a inyectar corresponde a la cantidad microbiología del agua que resaltan en los resultados de laboratorios. Además se realizó el diseño de un sedimentador con el objetivo de reducir los sólidos suspendidos que se pueden apreciar en la época de invierno.

El Director

---

Firma

Ing. Renán Lara Landázuri

## **THESIS TOPIC**

**DETERMINATION OF WATER QUALITY FOR HUMAN CONSUMPTION PATTERN OF TREATMENT PLANT ON REGIONAL SYSTEM GUAYAMA, CHUGCHILÁN PARISH, CANTON SIGCHOS. PERIOD 2013 – 2014**

**AUTHOR:** EDGAR JAVIER IZA OÑA

**DIRECTOR:** Ing. RENÁN LARA LANDÁZURI

## **ABSTRACT**

Guayama Regional System captures the water for human consumption, where the main aspect is the Vertiente Verde Toro. The water is conducted to the collection tank located in Guayama Sampedro community. The total flow entering the collection tank is 4,33 liters per second.

The communities served by the system are Guayama Grande, Guayama Sampedro, Chaupi y Pilapuching.

The path of the water from the tank variants to collection of microbiological contamination type, it is generated in the main cause grazing animals such as cattle and sheep.

Through laboratory analysis determined that physic-chemical parameters are within allowable rangers for drinking water. As for microbiological parameters, these have a high rate of total coliforms. Note that the slope Toro Verde index both as total fecal coliforms are within the permissible limits, while in the collection tank from Guayama Sampedro, the rate of fecal coliforms remains within permissible limits and total coliform index is highly elevated. Through laboratory analysis determined that physic-chemical parameters are within allowable rangers for drinking water.

This research present a proposed solution to this problematic in developing the design of a treatment plant whose starting point is the result of the laboratory analysis.

As mentioned above, the problem of water quality are total coliforms, therefore the design treatment plant focuses on chlorination, which is a device by injection of a solution of a with chlorine dosing pump, where in the dose of sodium hypochlorite is to be injected corresponding to the amount of water.



## INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es una característica de vital trascendencia en el consumo humano y uso doméstico, de ahí que su preservación y manejo debe ser una constante preocupación de usuarios y autoridades. El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico.

A nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) y afecta sustancialmente a los usos del agua. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana), de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales.

Según Cotopaxi Noticias, Ecuador tiene fuentes de agua de excelente calidad, pero aún un cuarto de las viviendas se abastece directamente del agua que proviene de la lluvia, ríos o vertientes, tanqueros o pozos profundos. El consumo de agua del ecuatoriano es de contrastes. Mientras los cuencanos consideran que tienen la mejor calidad de agua del país y la beben tal como llega, en Guayaquil y Quito se la hierve o purifica, como lo hace la mayoría de hogares ecuatorianos. Las tres ciudades tienen la mejor calidad del líquido potable, según la Secretaría Nacional del Agua y el Centro de Investigaciones y Control Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional. Cristina Torres, responsable técnica encargada del Centro de la Politécnica, asegura que debido a la calidad del agua del país no necesita de tratamientos tan complejos.

Según el Instituto Nacional de Preinversión (INP), en la provincia de Cotopaxi se ha originado una escasez de agua para consumo humano, que se prevé se agravará

en el futuro. Se estiman que este problema se ha dado por los sistemas de captación de agua no adecuados, que de forma directa o indirecta, afecta a la calidad del agua. Se considera que el agua se contamina desde las vertientes hasta llegar a los tanques de distribución.

Actualmente en las comunidades de Guayama Grande, Guayama San Pedro, Chaupi y Pilapuchin de la parroquia Chugchilán, que son beneficiadas por el Sistema Regional Guayama, el agua de consumo humano no es considerada como agua potable sino como agua entubada por lo que se estiman que existan ciertos factores que perjudiquen que el agua sea apta para el consumo humano.

## **JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación tiene como finalidad dar respuesta a los problemas de la calidad del agua de consumo humano existentes en las comunidades que son beneficiarias del Sistema Regional Guayama.

La situación de la calidad del agua de consumo humano, en el Sistema Regional Guayama, lleva a establecer la falta de una planta de tratamiento, con el perjuicio a la salud de los moradores de las comunidades beneficiarias.

El tema planteado justifica plenamente la realización de la determinación de la calidad del agua de consumo humano mediante análisis de laboratorio, que de acuerdo a los resultados que arrojaron dichos análisis permitieron el diseño de la planta de tratamiento, con criterios adecuados necesarios para mejorar la calidad de vida de las personas.

Frente a la realidad del sistema de captación y distribución del agua, que actualmente es considerada “entubada” y por ende acarrear agentes que alteran la calidad del agua por actividades del hombre, la alternativa adecuada es realizar el muestreo en tres lugares diferentes; es decir en “el ojo de agua”, en el tanque de distribución y en una casa, esto permitirá determinar el lugar del problema.

Por la razón expuesta, es necesario realizar los análisis del agua para con los resultados, diseñar la planta de tratamiento.

En la presente investigación los beneficiarios serán todos moradores de las Comunidades, Guayama Grande, Guayama San Pedro, Chaupi y Pilapuchin.

## **OBJETIVOS:**

### **GENERAL**

- Determinar la calidad del agua de consumo humano y diseñar la planta de tratamiento en el sistema regional Guayama, parroquia Chugchilán, Cantón Sigchos.

### **ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar la situación actual del agua de consumo humano en el sistema regional Guayama.
- Determinar la calidad del agua de consumo humano mediante los análisis de laboratorio.
- Diseñar la planta de tratamiento para el agua de consumo humano en el sistema regional Guayama, parroquia Chugchilán, Cantón Sigchos.

## **HIPÓTESIS**

¿El diseño de una planta de tratamiento ayudará al mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del sistema regional Guayama de la parroquia Chugchilán, Cantón Sigchos?

# CAPITULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Definición

(Antonio Madrid, 2012)

**El agua es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color), aunque también puede hallarse en estado sólido (cuando se conoce como hielo) o en estado gaseoso (vapor). p.23.**

Se conoce como agua dulce al agua que contiene una cantidad mínima de sales disueltas (a diferencia del agua de mar, que es salada). A través de un proceso de potabilización, el ser humano logra convertir el agua dulce en agua potable, es decir, apta para el consumo gracias al valor equilibrado de sus minerales.

El agua mineral, por su parte, es el agua que contiene minerales y otras sustancias disueltas, de modo tal que se le agregue un valor terapéutico o se altere el sabor. Este tipo de agua es el que se comercializa envasado en todo el mundo para el consumo humano.

Es importante destacar que la escasez de agua potable en numerosas regiones del planeta genera más de 5 millones de muertes al año.

## 1.2. Características del agua

(Agua y más cosas, 2011)

**Algunas características del agua sobre todo en estado líquido que es importante conocer para explicar lo que ocurre en la contaminación y descontaminación del agua. Entre otras, el agua pura tiene las siguientes características:**

- Incolora, inodora e insípida.
- Densidad: 1 g/cm<sup>3</sup> a 4°C
- Punto de fusión: 0°C
- Punto de ebullición: 100 °C.
- Constante dieléctrica: 78,3
- pH = 7

## 1.3. Propiedades del agua

(Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, 2000)

### *1.3.1. Acción disolvente*

El agua es el líquido que más sustancias disuelve, por eso decimos que es el disolvente universal. Esta propiedad, tal vez la más importante para la vida, se debe a su capacidad para formar puentes de hidrógeno.

En el caso de las disoluciones iónicas los iones de las sales son atraídos por los dipolos del agua, quedando "atrapados" y recubiertos de moléculas de agua en forma de iones hidratados o solvatados.

La capacidad disolvente es la responsable de que sea el medio donde ocurren las reacciones del metabolismo.

### ***1.3.2. Elevada fuerza de cohesión.***

Los puentes de hidrógeno mantienen las moléculas de agua fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible. Al no poder comprimirse puede funcionar en algunos animales como un esqueleto hidrostático.

### ***1.3.3. Gran calor específico.***

También esta propiedad está en relación con los puentes de hidrógeno que se forman entre las moléculas de agua. El agua puede absorber grandes cantidades de "calor" que utiliza para romper los puentes de hidrógeno por lo que la temperatura se eleva muy lentamente. Esto permite que el citoplasma acuoso sirva de protección ante los cambios de temperatura. Así se mantiene la temperatura constante.

### ***1.3.4. Elevado calor de vaporización.***

Sirve el mismo razonamiento, también los puentes de hidrógeno son los responsables de esta propiedad. Para evaporar el agua, primero hay que romper los puentes y posteriormente dotar a las moléculas de agua de la suficiente energía cinética para pasar de la fase líquida a la gaseosa. Para evaporar un gramo de agua se precisan 540 calorías, a una temperatura de 20° C y presión de 1 atmósfera.

## **1.4. Tipos de aguas**

- **Agua Potable.** Agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.
- **Agua salada.** Agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10 000 mg/l).



- **Agua salobre.** Agua que contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marina. La concentración del total de sales disueltas está generalmente comprendida entre 1000 - 10 000 mg/l. Este tipo de agua no está contenida entre las categorías de agua salada y agua dulce.
- **Agua dulce.** Agua natural con una baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.
- **Agua dura.** Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve malamente en las aguas duras.
- **Agua blanda.** Agua sin dureza significativa.
- **Aguas negras.** Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes.
- **Aguas grises.** Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.
- **Aguas residuales.** Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.
- **Aguas residuales municipales.** Residuos líquidos, originados por una comunidad, formados posiblemente aguas residuales domésticas o descargas industriales.
- **Agua bruta.** Agua que no ha recibido tratamiento de ningún tipo, o agua que entra en una planta para su ulterior tratamiento.
- **Aguas muertas.** Aguas en estado de escasa o nula circulación, generalmente con déficit de oxígeno.
- **Agua alcalina.** Agua cuyo pH es superior a 7.

## **1.5. El valor del Agua**

### ***1.5.1. El valor económico***

(García, El Agua: Patrimonio y Derecho, 2007)

**El agua cumple múltiples funciones importantes para la vida y por lo mismo es difícil establecer en dinero su valor real. En otras palabras, cualquier precio que se ponga al agua nunca va a corresponder a su valor real, a todo lo que ella aporta para la vida. p 50.**

### ***1.5.2. El valor social***

(García, El Agua: Patrimonio y Derecho, 2007)

**Para definir el precio del agua los grupos sociales ponen sobre la mesa una serie de formas sociales heredadas de la historia de su colectividad: sus concepciones sobre el derecho, sus valores culturales y costumbres. Esas formas sociales no están reguladas por el mercado, pero son las determinantes para definir el precio del agua en los grupos sociales. p 54.**

### ***1.5.3. El valor cultural***

(García, El Agua: Patrimonio y Derecho, 2007)

**La gran mayoría de culturas originarias de América fueron hidráulicas, es decir, que su vida económica, política, social y cultural giraba en torno al agua. Esto explica en gran medida que en sus mitos de creación establezcan que son hijos del agua, pues ella es la máxima expresión de la fertilidad.**

## **1.6. Agua de consumo humano**

(OMS, 2010)

**El agua de consumo humano ha sido definida, como aquella “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. En esta definición está implícito que el agua debe estar libre de organismos patógenos, sustancias químicas, impurezas y cualquier tipo de contaminación que cause problemas a la salud humana.**

### ***1.6.1. Tipos de agua de consumo humano***

#### ***1.6.1.1. Agua entubada.***

(clubensayos.com, 2012)

**En la mayoría de los países desarrollados el agua llega a los hogares mediante un sistema de tubería. Este servicio requiere una infraestructura masiva de captación o extracción, posterior almacenaje, purificación y por finalmente bombeado y distribución a través de tuberías hasta los puntos de consumo.**

El mismo suministro utilizado para beber es también utilizado para lavar, hacer correr el retrete, máquinas lavadoras de ropa y de platos. En algunos lugares se han hecho intentos experimentales para introducir agua gris no potable o agua de lluvia para estos usos secundarios.

Las autoridades de salud en diversas regiones han utilizado el suministro de agua pública como medicina masiva utilizando la fluorización. Este es un tema controvertido en términos de salud, libertades y derechos del individuo.

La disponibilidad de agua entubada limpia trae muchos beneficios de salud pública. Normalmente, la misma administración que provee el agua entubada también es responsable de su desecho y tratamiento antes de la descarga de aguas residuales

### ***1.6.1.2. Agua potable.***

(EPAA, 2010)

**Se denomina agua potable, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.**

En la Unión Europea la normativa 98/83/EU establece valores máximos y mínimos para el contenido en minerales, diferentes iones como cloruros, nitratos, nitritos, amonio, calcio, magnesio, fosfato, arsénico, entre otros., además de los gérmenes patógenos. El pH del agua potable debe estar entre 6,5 y 8,5. Los controles sobre el agua potable suelen ser más severos que los controles aplicados sobre las aguas minerales embotelladas.

En zonas con intensivo uso agrícola es cada vez más difícil encontrar pozos cuya agua se ajuste a las exigencias de las normas. Especialmente los valores de nitratos y nitritos, además de las concentraciones de los compuestos fitosanitarios, superan a menudo el umbral de lo permitido. La razón suele ser el uso masivo de abonos minerales o la filtración de purines. El nitrógeno aplicado de esta manera, que no es asimilado por las plantas es transformado por los microorganismos del suelo en nitrato y luego arrastrado por el agua de lluvia al nivel freático. También ponen en peligro el suministro de agua potable otros contaminantes medioambientales como el derrame de derivados del petróleo, lixiviados de minas, etc. Las causas de la no potabilidad del agua son:

- Bacterias, virus;
- Minerales (en formas de partículas o disueltos), productos tóxicos;
- Depósitos o partículas en suspensión.

### ***1.6.1.3. Agua “tratada” y “no tratada”.***

(Grupo Agua - RPP, 2013)

**El concepto “agua tratada” abarca tres dimensiones de la seguridad del agua: calidad, proximidad y cantidad. Con el fin de crear informes internacionales, las personas se clasifican como “con acceso a agua” si disponen de al menos 20 litros diarios de agua limpia procedentes de una fuente situada a menos de 1 kilómetro de su hogar.**

La tecnología define a grandes rasgos si la fuente cumple con los criterios para ser una fuente de agua tratada. Las conexiones internas de una vivienda, las torres de suministro de agua, las bombas y los pozos protegidos son elementos que se definen como fuentes de agua tratada. El agua obtenida de vendedores y camiones de agua y el agua traída desde arroyos o pozos no protegidos es agua no tratada.

La distinción entre agua tratada y no tratada es clara y conveniente con el fin de crear informes internacionales. También es una guía sumamente engañosa hacia la realidad del terreno. En el mundo real de los hogares sin agua segura, el simple límite entre agua tratada y no tratada es ilusorio. Para millones de hogares pobres, los patrones de uso diario de agua combinan el acceso a agua tratada y no tratada.

### ***1.6.2. Dificultades en el mundo para acceder al agua potable***

(EcuRed, 2013)

**El agua adecuada para el consumo humano se llama agua potable. Como se ha explicado el agua que no reúne las condiciones adecuadas para su consumo puede ser potabilizada mediante filtración o mediante otros procesos fisicoquímicos.**

La población mundial ha pasado de 2.630 millones en 1950 a 6.671 millones en 2008. En este periodo (de 1950 a 2010) la población urbana ha pasado de 733

millones a 3.505 millones. Es en los asentamientos humanos donde se concentra el uso del agua no agrícola y donde se contraen la mayoría de las enfermedades relacionadas con el agua. Ante la dificultad de disponer de agua potable para consumo humano en muchos lugares del planeta, se ha consolidado un concepto intermedio, el agua segura como el agua que no contiene bacterias peligrosas, metales tóxicos disueltos, o productos químicos dañinos a la salud, y es por lo tanto considerada segura para beber, por tanto se emplea cuando el suministro de agua potable está comprometido. Es un agua que no resulta perjudicial para el ser humano, aunque no reúna las condiciones ideales para su consumo.

(Ecco Hands, 2013)

**Por diversos motivos, la disponibilidad del agua resulta problemática en buena parte del mundo, y por ello se ha convertido en una de las principales preocupaciones de gobiernos en todo el mundo. Actualmente, se estima que alrededor de mil millones de personas tienen un deficiente acceso al agua potable.**

## **1.7. Calidad del agua**

### ***1.7.1. Definición***

(JM Plase Agua, 2013)

**El agua de consumo puede considerarse de buena calidad cuando es salubre y limpia; es decir, cuando no contiene microorganismos patógenos ni contaminantes a niveles capaces de afectar adversamente la salud de los consumidores.**

La gestión del agua presenta gran complejidad, por lo que normalmente intervienen diversos agentes, como los municipios, las empresas abastecedoras, los laboratorios de control y las administraciones sanitarias. Todos ellos velan por que el suministro

de agua de consumo humano sea buena calidad, sin riesgos para la salud, fácilmente accesible y en la cantidad requerida.

### ***1.7.2. Factores que determinan la calidad del agua***

La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico-químicos y microbiológicos, tales como pH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de fertilizantes, bacterias, hongos. Los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores, pues ellos depositan residuos en el agua y añaden toda clase de sustancias y de contaminantes que no están presentes de forma natural.

### ***1.7.3. ¿Cómo se determina la calidad del agua?***

Para determinar la calidad del agua, agencias certificadas realizan las muestras; toman cantidades pequeñas de agua en un medio que a posterior se puede analizar. Los laboratorios analizan estas muestras según varios factores, y ven si está dentro de los estándares de la calidad para el agua.

Uno de estos factores es el número de colonias de bacterias coliformes; éstas son un indicador para la calidad del agua. Otro factor es la concentración de ciertos contaminantes y de otras sustancias, tales como agentes de la eutrofización.

## **1.8. Contaminación del agua**

### ***1.8.1. Definición de contaminación***

Modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Carta del agua, Consejo de Europa 1968)

### ***1.8.2. Origen de la contaminación del agua***

- Vertido de aguas residuales de origen industrial, que constituyen la principal fuente de contaminación de las aguas.
- Vertido de aguas residuales procedentes de la actividad humana.
- Productos químicos procedentes de la actividad agropecuaria, los cuales son arrastrados por las aguas; entre ellos, plaguicidas, fertilizantes, desechos de animales, etc.
- Presencia de residuos sólidos provenientes de la industria y de las actividades domésticas.
- Dispersión de hidrocarburos en las vías fluviales y marítimas, causadas por el transporte a través de estas vías.
- Contaminación de origen natural

### ***1.8.3. Contaminantes del agua***

- 1.- Microorganismos patógenos causantes de: fiebre tifoidea, paratífus, hepatitis, disenterías, etc.
- 2.- Detergentes sintéticos y fertilizantes ricos en fosfatos.
- 3.- Pesticidas orgánicos como el DDT, aldrín, dieldrín, etc.
- 4.- Productos químicos inorgánicos como los nitratos, nitritos, fluoruros. arsénico, selenio, mercurio.
- 5.- Petróleo y sus derivados como el alquitrán, aceites, combustibles.

El agua también se utiliza para irrigar cultivos y para dar a beber a los animales, los cuales a su vez se van a convertir en alimento para los humanos y otros seres vivos, haciendo una cadena alimentaria, de tal manera que si las fuentes utilizadas están contaminadas, también se contaminarán nuestros cultivos, los animales, los humanos, y los peces que forman parte del medio acuático.



#### ***1.8.4. Consecuencias de la contaminación del agua***

Como sabemos, la contaminación del agua puede llevar a la contaminación de los ríos, a la contaminación de los mares, o incluso a la de lagos, embalses, presas a fin de cuentas, todo aquello que contenga agua.

Esta contaminación afecta para empezar a la fauna y a los diferentes seres vivos que pueden vivir en la misma. De esta forma los productos contaminantes se introducen en la cadena alimenticia, y van invadiendo la misma hasta llegar a los eslabones superiores, es decir, nosotros. Al alimentarnos de los seres vivos que viven en el agua contaminada, como por ejemplo el pescado y el marisco, ingerimos y acumulamos las toxinas que ellos consumieron, lo que tiene consecuencias fatales a largo plazo, como la aparición de enfermedades como alergias, o incluso cáncer.

Además se acumulan más nutrientes cuanto más arriba estamos en la cadena alimenticia, es decir, nosotros acumulamos muchas más toxinas durante nuestra vida que el resto de organismos. De hecho, estudios recientes muestran que los españoles tenemos en la sangre diez veces más mercurio que los alemanes, debido al mayor consumo de pescado en España.

Además, debemos señalar que el agua contaminada puede ser portadora de una gran variedad de enfermedades como la fiebre tifoidea, el cólera, la disentería, la gastroenteritis y causar la mortalidad de la población.

(Ecolisima, 2012)

**El agua limpia y el saneamiento se relacionan estrechamente con el desarrollo humano. La segunda causa más importante de mortalidad infantil en el mundo es la combinación de agua sucia con la falta de servicios de saneamiento. Estas condiciones matan cada día a 4.900 niños.**

¿Cómo podemos contribuir a reducir la contaminación del agua?

En general, es nuestro consumo desmesurado al gran culpable de la contaminación del agua, ya que la producción de todo tipo de bienes implica un gran consumo de agua, y la contaminación de la misma. Por ejemplo, para fabricar la ropa se utilizan

cientos de colorantes y sustancias altamente contaminantes, igual que para el calzado.

Gran parte de la contaminación se debe a la agricultura intensiva, que requiere de pesticidas y fertilizantes cuya fabricación consume gran cantidad de agua y conlleva vertidos de sustancias contaminantes a los cauces. Por otro lado, el uso de estos pesticidas y fertilizantes contamina el suelo y los acuíferos. Podemos contribuir a reducir la contaminación derivada de esta actividad consumiendo menos productos de la agricultura intensiva. Si optamos por consumir productos ecológicos estaremos contribuyendo a la salud de nuestro planeta.

## **1.9. Tratamiento del agua**

El desarrollo de la sociedad reclama cada vez más agua, pero no solo a veces escasea el agua sino que su calidad en los puntos donde se encuentra y capta, desgraciadamente se ha ido deteriorando día a día con el propio desarrollo, esto obliga a un tratamiento cada vez amplio y complejo técnicamente. La eliminación de materias en suspensión y en disolución que deterioran las características físico-químicas y organolépticas así como la eliminación de bacterias y otros microorganismos que pueden alterar gravemente nuestra salud son los objetivos perseguidos y conseguidos en las estaciones de tratamiento a lo largo de todo un proceso que al final logra suministrar un agua transparente y de una calidad sanitaria garantizada. El tratamiento del agua es el proceso de naturaleza físico-químico y biológico, mediante el cual se eliminan una serie de sustancias y microorganismos que implican riesgo para el consumo o le comunican un aspecto o calidad organoléptica indeseable y la transforma en un agua apta para consumir. Todo sistema de abastecimiento de aguas que no está previsto de medios de potabilización, no merece el calificativo sanitario de abastecimiento de aguas. En la potabilización del agua se debe recurrir a métodos adecuados a la calidad del agua origen a tratar. Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) es la instalación donde se lleva a cabo el conjunto de procesos de tratamiento de potabilización situados antes de la red de distribución y/o depósito, que contenga

más unidades de tratamiento. Considerando un agua superficial, de río, embalse, o subterránea, con unos problemas de calidad que estimamos como convencionales, el proceso o línea de tratamiento, considerado también convencional, consta de una serie de etapas más o menos complejas en función de la calidad del agua bruta objeto del tratamiento y se recogen en las siguientes secuencias.

- Pre oxidación y desinfección inicial con cloro, dióxido de cloro u ozono, o permanganato potásico.
- Coagulación-Floculación, con sales de aluminio o de hierro y coadyuvantes de la floculación (poli electrolitos, poli edemas) coagulación con cal, sosa o carbonato sódico.
- Decantación, en diversos tipos de decantadores.
- Filtración sobre arena o sobre lecho mixto (arena y antracita) y en determinados casos sobre lecho de carbón en grano.
- Acondicionamiento, corrección del pH por simple neutralización o por remineralización con cal y gas carbónico.
- Desinfección final con cloro, clora minas, dióxido de cloro u ozono.

Las instalaciones de tratamiento se completan, a veces, con la adición de carbón activo en polvo, para la eliminación de sustancias que provocan la aparición de olores y sabores, la adición de permanganato potásico para la eliminación de hierro y manganeso y en casos más conflictivos y constantes de presencia de sustancias orgánicas así como otras que pueden originar olores y sabores, se llega a la instalación de filtros de carbón activo en grano tras los filtros de arena. Hoy en día el tratamiento no solo tiene que seguir y mejorar el tratamiento convencional, sino que deberá abordar las nuevas causas de contaminación que no puedan eliminarse con los métodos convencionales, recurriendo a otros métodos e incluso empleando otros reactivos complementarios. El tratamiento del agua y en especial la desinfección (hasta ahora generalmente con cloro) ha sido responsable en gran medida del 50% de aumento de las expectativas de vida en los países desarrollados a lo largo del siglo XX. La eficacia del tratamiento del agua en la reducción de las

enfermedades que esta transmite depende de la calidad del agua en origen y del proceso seguido en el sistema de tratamiento. Los agentes patógenos transmitidos por el agua, que pueden causar enfermedades, provienen generalmente de sistemas hídricos con inadecuado tratamiento, especialmente desinfección y filtración.

### ***1.9.1. Purificación de agua por sedimentación***

La sedimentación consiste en dejar el agua de un contenedor en reposo, para que los sólidos que posee se separen y se dirijan al fondo. La mayor parte de las técnicas de sedimentación se fundamentan en la acción de la gravedad.

La sedimentación puede ser simple o secundaria. La sedimentación simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de otro tratamiento especial; mientras mayor sea el tiempo de reposo mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbidez será menor, haciendo el agua más transparente.

El reposo natural prolongado también ayuda a mejorar la calidad del agua, pues provee oportunidad de la acción directa del aire y los rayos solares, lo cual mejora el sabor y elimina algunas sustancias nocivas del agua.

La sedimentación secundaria ocurre cuando se aplica un coagulante para producir el asiento de la materia sólida contenida en el agua.

### ***1.9.2. Método de Ablandamiento Cal- Soda-Lime Softening***

Se agrega cal (hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) y soda hash (carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al agua para causar la precipitación del carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$  e hidróxido de magnesio  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

En sistemas municipales se agrega el hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  al agua y el sólido precipitado se remueve por medio de la sedimentación. Algunas pequeñas partículas permanecen por lo que se burbujea dióxido de carbono para convertir

estas pequeñas partículas en bicarbonatos solubles. Debido a que alguna de esta dureza se conserva este proceso es conocido como ablandamiento parcial.

En una escala menor se puede agregar carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al agua dura que va a ser utilizada para lavar ropa.

### ***1.9.3. Método por Intercambio Catiónico***

Este proceso sustituye los iones calcio  $\text{Ca}^{2+}$  y magnesio  $\text{Mg}^{2+}$  por otros iones que no contribuyen a la dureza como lo son el ion sodio  $\text{Na}^+$  y el ion potasio  $\text{K}^+$ . Esto se logra haciendo fluir el agua por un contenedor lleno de una resina que contenga los iones sodio y potasio. Los iones en la resina son intercambiados por los iones causantes de la dureza del agua. Una vez que todos los iones de la resina han sido intercambiados, la resina ya no puede remover más iones calcio  $\text{Ca}^{2+}$  y magnesio  $\text{Mg}^{2+}$  hasta que esta se regenere usando cloruro de sodio  $\text{NaCl}$  o cloruro de potasio  $\text{KCl}$ . Este método es más común para sistemas domésticos.

El intercambio catiónico es un método de ablandamiento total porque remueve toda la dureza del agua.

### ***1.9.4. Purificación de agua por filtración***

La filtración es el proceso de separar un sólido del líquido en el que está suspendido al hacerlos pasar a través de un medio poroso (filtro) que retiene al sólido y por el cual el líquido puede pasar fácilmente.

Se emplea para obtener una mayor clarificación, generalmente se aplica después de la sedimentación para eliminar las sustancias que no salieron del agua durante su decantación.

### ***1.9.5. Filtro de carbón activado***

El agua pasa a columnas con carbón activado. El carbón activado ha sido seleccionado considerando las características fisicoquímicas del agua, obteniendo eficiencia en la eliminación de cloro, sabores y olores característicos del agua de pozo y una gran variedad de contaminantes químicos orgánicos categorizados como productos químicos dañinos de origen "moderno" tales como: pesticidas, herbicidas, metilato de mercurio e hidrocarburos clorinados.

### ***1.9.6. Filtro de arena***

La función de este filtro es de detener las impurezas grandes (sólidos hasta 30 micras) que trae el agua al momento de pasar por las camas de arena y quitarle lo turbio al agua, estos filtros se regeneran periódicamente. Dándoles un retrolavado a presión, para ir desalojando las impurezas retenidas al momento de estar filtrando.

### ***1.9.7. Filtro pulidor***

La función de este filtro es de detener las impurezas pequeñas (sólidos hasta 5 micras). Los pulidores son fabricados en polipropileno grado alimenticio (FDA). Después de este paso se puede tener un agua brillante y cristalina

Pre oxidación y desinfección inicial con cloro, dióxido de cloro u ozono o permanganato potásico.

### ***1.9.8. Purificación de agua por cloración***

Cloración es el procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados, como el hipoclorito de sodio o de calcio. En las plantas de tratamiento de agua de gran capacidad, el cloro se aplica después de la filtración. Para obtener una desinfección adecuada, el cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos; transcurrido ese tiempo podrá considerarse el agua como sanitariamente segura.

El hipoclorito de sodio es la solución más fácil de dosificar y cómoda de utilizar para desinfección del agua de consumo humano. Es un líquido que se puede obtener en concentraciones desde 0,5% hasta un 10%. La dosis recomendada para la desinfección es entre 1 y 5 mg/l. la dosis dependerá de la claridad o turbiedad del agua.

(aquaquimi, 2012)

**Se utilizan dosis mayores a 4mg/l para aguas turbias y muy contaminadas; sin embargo a esas concentraciones el agua tendría un sabor muy fuerte y desagradable, por lo que se recomienda mantener el nivel de cloro a inyectar entre 0,5 y 1 mg/l.**

### ***1.9.9. Purificación de agua por ozono***

Es el desinfectante más potente que se conoce, el único que responde realmente ante los casos difíciles (presencia de amebas, etc.). No comunica ni sabor ni olor al agua; la inversión inicial de una instalación para tratamiento por ozono es superior a la de cloración pero posee la ventaja que no deja ningún residuo.

Se utiliza además Coagulación-Floculación, con sales de aluminio o de hierro y coadyuvantes de la floculación (poli electrólitos, poli adamas) coagulación con cal, sosa, o carbonato sódico.

### ***1.9.10. Ajuste del pH***

El agua municipal necesita un ajuste de pH a menudo, para prevenir la corrosión de las tuberías y prevenir la disolución del plomo en los abastecimientos de agua. El pH es llevado hacia arriba o hacia abajo a través de la adición del cloruro de hidrógeno, en caso de que un líquido sea básico, o del hidróxido de sodio, en caso de un líquido ácido. El pH será convertido a aproximadamente 7 ó 7,5, después de la adición de ciertas concentraciones de estas sustancias.

### ***1.9.11. Purificación de agua por rayos ultravioleta***

La desinfección por ultravioleta usa la luz como fuente encerrada en un estuche protector, montado de manera que, cuando pasa el flujo de agua a través del estuche, los rayos ultravioleta son emitidos y absorbidos dentro del compartimiento. Cuando la energía ultravioleta es absorbida por el mecanismo reproductor de las bacterias y virus, el material genético (ADN/ARN) es modificado, de manera que no puede reproducirse. Los microorganismos se consideran muertos y el riesgo de contraer una enfermedad, es eliminado.

Los rayos ultravioleta se encuentran en la luz del sol y emiten una energía fuerte y electromagnética. Están en la escala de ondas cortas, invisibles, con una longitud de onda de 100 a 400 nm (1 nanómetro= $10^{-9}$ m).

Hoy en día el tratamiento no solo tiene que seguir y mejorar el tratamiento convencional, sino que deberá abordar las nuevas causas de contaminación que no puedan eliminarse con los métodos convencionales, recurriendo a otros métodos e incluso empleando otros reactivos complementarios. El tratamiento del agua y en especial la desinfección (hasta ahora generalmente con cloro) ha sido responsable en gran medida del 50% de aumento de las expectativas de vida en los países desarrollados a lo largo del siglo XX. La eficacia del tratamiento del agua en la reducción de las enfermedades que esta transmite depende de la calidad del agua en origen y del proceso seguido en el sistema de tratamiento. Los agentes patógenos transmitidos por el agua, que pueden causar enfermedades, provienen generalmente de sistemas hídricos con inadecuado tratamiento, especialmente desinfección y filtración.

Los reactivos son incorporados en las siguientes etapas:

- Cloro/Dióxido de Cloro/Ozono/Permanganato potásico, empleados como oxidantes y en la desinfección inicial o primaria, se incorporan a la entrada de la cámara de mezcla.
- Coagulante, se incorpora en la cámara de mezcla.



- Cal, u otro álcali o ácido para corregir pH, se pueden incorporar tanto en la fase de mezcla y coagulación, como al agua ya filtrada.
- Coadyuvantes de la floculación como los poli electrolitos, se dosifican generalmente tras la fase de coagulación y antes de la decantación.
- Carbón activo en polvo, para la adsorción de sustancias orgánicas, en la fase de mezcla y en cualquier caso, antes de la decantación.
- Cloro/Dióxido de cloro/Ozono/Clora minas, empleados en la desinfección final, se incorporan al agua filtrada.

En cuanto al control de calidad del agua en una ETAP hay que considerar en primer lugar que el agua que entra en una estación o planta de tratamiento (agua bruta o agua cruda) se somete a una serie de ensayos y análisis físicos, químicos y bacteriológicos que determinan el estado y características de esta agua y por tanto las pautas del tratamiento a seguir. Igualmente es necesario realizar distintos análisis a lo largo de las diversas fases del tratamiento con objeto de comprobar la eficacia de cada una de estas operaciones y finalmente se realizan los correspondientes análisis y controles al agua una vez completado el proceso de tratamiento y así conocer las características finales del agua tratada.

## 1.10. Plantas de tratamiento

Según la OMS.

**Muchas plantas de tratamiento de agua, principalmente en los países en desarrollo, tienen equipos que no funcionan adecuadamente. Esto se debe a que no se comprenden o no se cumplen los requisitos de operación y mantenimiento. Además, el diseño de esas plantas de tratamiento generalmente no siguen las técnicas que permiten mejorar el desempeño del proceso de tratamiento, lo que significa que se**

**usan de manera ineficiente y que no se aprovecha toda su capacidad.**

### **1.10.1. Tratamiento Físico**

#### ***1.10.1.1. Rejas***

##### ***1.10.1.1.1. criterios de diseño.***

Esta unidad normalmente es parte de la captación o de la entrada del desarenador:

a) El diseño se efectúa en función del tamaño de los sólidos que se desea retener, determinándose según ello la siguiente separación de los barrotes:

Separación de 50 a 100 mm cuando son sólidos muy grandes. Esta reja normalmente precede a una reja mecanizada.

Separación de 10 a 25 mm desbaste medio.

Separación de 3 a 10 mm: desbaste fino.

b) La limpieza de las rejas puede ser manual o mecánica, dependiendo del tamaño e importancia de la planta o de la llegada intempestiva de material capaz de producir un atascamiento total en pocos minutos.

c) La velocidad media de paso entre los barrotes se adopta entre 0,60 a 1 m/s, pudiendo llegar a 1,40 m/s, con caudal máximo.

d) Las rejas de limpieza manual se colocan inclinadas a un ángulo de 45° a 60°. Se debe considerar una superficie horizontal con perforaciones en el extremo superior de la reja con la finalidad de escurrir el material extraído.

e) Debe preverse los medios para retirar los sólidos extraídos y su adecuada disposición.

### **1.10.1.2. Desarenadores**

#### **1.10.1.2.1. remoción de partículas.**

- a) Aguas sin sedimentación posterior deberá eliminarse 75% de las partículas de 0,1 mm de diámetro y mayores.
- b) Aguas sometidas a sedimentación posterior deberá eliminarse 75% de la arena de diámetro mayor a 0,2 mm.

Deberá proyectarse desarenadores cuando el agua a tratar acarree arenas. Estas unidades deberán diseñarse para permitir la remoción total de estas partículas.

#### **1.10.1.2.2. criterios de diseño.**

- a) El período de retención deber estar entre 5 y 10 minutos.
- b) La razón entre la velocidad horizontal del agua y la velocidad de sedimentación de las partículas deber ser inferior a 20.
- c) La profundidad de los estanques deberá ser de 1,0 a 3,0 m.
- d) En el diseño se deberá considerar el volumen de material sedimentable que se deposita en el fondo. Los lodos podrán removerse según procedimientos manuales o mecánicos.
- e) Las tuberías de descarga de las partículas removidas deberán tener una pendiente mínima de 2%.
- f) La velocidad horizontal máxima en sistemas sin sedimentación posterior será de 0,17 m/s. y para sistemas con sedimentación posterior será de 0,25 m/s.
- g) Deberá existir, como mínimo, dos unidades.

### ***1.10.1.3. Presedimentadores***

#### ***1.10.1.3.1. criterios de Diseño.***

- a) Este tipo de unidades deben ser consideradas en el diseño de una planta cuando es posible obtener remociones de turbiedad de por lo menos 50%, o cuando la turbiedad de la fuente supera las 1,500 UNT.
- b) El tiempo de retención debe definirse en función de una prueba de sedimentación. Normalmente el tiempo en el cual se obtiene la máxima eficiencia varía de 1 a 2 horas.
- c) En el dimensionamiento de la unidad se emplearán los criterios indicados para unidades de sedimentación sin coagulación previa.

### ***1.10.1.4. Aeradores***

Sirven para remover o introducir gases en el agua. Pueden ser utilizados en la oxidación de compuestos solubles y remoción de gases indeseables.

#### ***1.10.1.4.1. dispositivos admitidos para la aeración.***

- a) Plano inclinado formado por una superficie plana con inclinación de 1:2 a 1:3, dotado de protuberancias destinadas a aumentar el contacto del agua con la atmósfera.
- b) Bandejas perforadas sobrepuestas, con o sin lecho percolador, formando un conjunto de, por lo menos, cuatro unidades.
- c) Cascadas constituidas de por lo menos, cuatro plataformas superpuestas con dimensiones crecientes de arriba hacia abajo.
- d) Cascadas en escalera, por donde el agua debe descender sin adherirse a las superficies verticales.
- e) Aire comprimido difundido en el agua contenida en los tanques.

- f) Tanques con aeración mecánica.
- g) Torre de aeración forzada con anillos "Rashing" o similares.
- h) Otros de comprobada eficiencia.

## ***1.10.2. Tratamiento Químico***

### ***1.10.2.1. Coagulación***

El tratamiento de la coagulación del agua utiliza procesos químicos para preparar el agua para el uso humano o para devolverla al medio ambiente. A través de la coagulación, las plantas de tratamiento de agua pueden eliminar las partículas de desecho en el agua y continuar con su tratamiento para ser utilizada nuevamente. El agua tratada es también menos dañina cuando se devuelve al medio natural.

#### ***1.10.2.1.1. como funciona***

El agua en sus formas naturales y en su forma de residuos incluye pequeñas partículas. En el agua, estas partículas con la misma carga están suspendidas en un coloide (una mezcla con propiedades entre una suspensión fina y una solución). El proceso de repulsión - la propiedad física de las partículas con la misma carga (es decir, negativo y negativo) que se repelen entre sí - detiene la combinación de las partículas en una forma reiterada. El tratamiento de la coagulación del agua aplica productos químicos para ayudar a las partículas de agua que se combinan entre sí. Cuando las partículas se agregan, pueden ser eliminadas del agua tratada con mayor facilidad.

#### ***1.10.2.1.2. tipos comunes de los productos químicos.***

Hay dos tipos de productos químicos coagulantes, los coagulantes primarios y los coagulantes coadyuvantes. Según el Departamento de Protección del Medio Ambiente de Pennsylvania, los coagulantes coadyuvantes se "añaden después del

coagulante primario para producir un floculo más fuerte y más sedimentable. Estas sustancias químicas también pueden ayudar a reducir la cantidad de coagulante primario necesario y la cantidad de lodo producido durante el proceso de tratamiento". Cuatro productos químicos comunes que se utilizan como coagulantes son el sulfato de aluminio, sulfato ferroso, sulfato férrico y cloruro férrico. Incluso después de que se utilizan estos químicos para tratar el agua, ésta se desarrollará en otras medidas, incluyendo la filtración y desinfección (en cuyo punto se utilizarán más químicos).

#### ***1.10.2.1.3. alternativas de purificación de agua.***

Cuando el agua natural o residual se filtra en una planta, primero se proyectará para la eliminación de grandes componentes, incluyendo tierra, hojas y trozos de basura. La introducción de los productos químicos se produce en la etapa coagulante. El tratamiento del agua también puede utilizar procesos menos perjudiciales para el medio ambiente como múltiples pasos de filtración (usando membranas y una sustancia como la arena) para eliminar las partículas del agua y luego desalinizarla en lugar de utilizar productos químicos.

#### ***1.10.2.2. Floculación***

La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y del tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales y de la minería.

Los compuestos que pueden estar presentes en el agua pueden ser:

- Sólidos en suspensión;
- Partículas coloidales (menos de 1 micra), gobernadas por el movimiento browniano; y,

- Sustancias disueltas (menos que varios nanómetros).

#### ***1.10.2.2.1. tipos de floculación***

- **Floculación Pericinéctica**

Esta producido por el movimiento natural de las moléculas del agua y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano.

- **Floculación Ortocinéctica**

Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico. Después que el agua es coagulada es necesario que se produzca la aglomeración de los microfloculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinéctica luego se produce la floculación ortocinéctica.

#### ***1.10.2.2.2. parámetros de la floculación***

Los parámetros que se caracterizan la floculación son los siguientes:

- Floculación Ortocinéctica (Se da por el grado de agitación proporcionada: Mecánica o Hidráulica).
- Gradiente de Velocidad (energía necesaria para producir la mezcla).
- Número de colisiones (choque entre microfloculos).
- Tiempo de retención (tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación).
- Densidad y tamaño de floculación.
- Volumen de lodos (los floculos formados no deben sedimentar en las unidades de floculación).

### ***1.10.3. Tratamiento Microbiológico***

El tratamiento secundario de aguas, también conocido como “tratamiento biológico”, consiste en la estabilización de la materia orgánica contaminante, aún presente en el agua residual después del tratamiento primario, mediante la acción

de una biomasa activa, especialmente bacterias. Actúa a través de procesos de absorción biológica, mecanismo que efectúan las bacterias a través de su membrana citoplásmica, con reacciones bioquímicas catalizadas por enzimas, que permiten utilizar los sólidos disueltos como fuente de energía, de tal manera que una vez aprovechados, son transformados en sólidos mineralizados o estabilizados.

Por lo tanto, las bacterias se alimentan a través de su membrana citoplásmica, utilizando la fracción soluble (disuelta) de la materia orgánica. Los tratamientos primarios tales como cribado, sedimentación y flotación únicamente permiten la remoción de sustancias contaminantes en suspensión, las cuales por lo general representan la menor fracción contaminante de las aguas residuales, en comparación con la fracción soluble.

De acuerdo con la forma en que utilizan el oxígeno para la realización de sus funciones metabólicas, las bacterias pueden ser aeróbicas, anaeróbicas y facultativas, nombres de gran importancia en ingeniería sanitaria, dado que las tecnologías de tratamiento secundario reciben su nombre en función del tipo de bacterias presentes en el proceso biológico.

Las primeras (aeróbicas) son aquellas que requieren del oxígeno en forma molecular para poder respirar, esto es, oxígeno disuelto en el agua. Las segundas, anaeróbicas, no requieren de oxígeno molecular disuelto en el agua, sino que lo toman directamente de la materia orgánica que utilizan como fuente de alimentación.

Finalmente las terceras, facultativas, pueden vivir en presencia o ausencia de oxígeno disuelto, comportándose como aeróbicas o anaeróbicas según sea la situación en que estén inmersas.

En materia de tratamientos de aguas, es posible dividir los procesos biológicos en dos grupos: depuración aeróbica y depuración anaeróbica.

El uso de las microalgas para remover los nutrientes que traen las aguas residuales es una tecnología conocida. Las microalgas eliminan la mayoría del Nitrógeno inorgánico (amonio y nitratos) y parte del fósforo por absorción celular directa. El



principal factor limitante de esta tecnología es el hecho de que como resultado del tratamiento, se obtiene, además de un agua más limpia, una población de microalgas que debe eliminarse del agua antes de su disposición final en los cuerpos de agua receptores; además, mucho del fósforo permanece en el agua, aún después del tratamiento. Para superar este inconveniente se ha venido desarrollando una nueva aproximación tecnológica que permita lograr un mejor sistema de tratamiento. Los dos objetivos básicos que han marcado el desarrollo de dicha tecnología han sido por una parte, lograr el aumento significativo en el crecimiento de la población de microalgas de manera que haya una mayor absorción de nutrientes y por otro lado, encontrar una forma fácil de eliminar las microalgas del agua después del tratamiento. Si consideramos que las Microalgas como plantas microscópicas, en teoría su crecimiento podría verse favorecido por las bacterias promotoras del crecimiento en plantas, las cuales mejoran el desarrollo de muchos cultivos de importancia agronómica.

Para asegurar una estrecha proximidad física entre las microalgas y bacterias es necesario atrapar a los dos microorganismos en una matriz esféricas transparente que deben cumplir ciertos requisitos; por un lado permitir la entrada de luz necesaria para que las microalgas lleven a cabo sus procesos fotosintéticos; por otro lado debe ser lo suficientemente pequeña para permitir la difusión del O<sub>2</sub> y nutrientes dentro de la esfera y al mismo tiempo suficientemente grande y pesada para evitar su flotación y asegurar su completo sumergimiento en el agua residual. De esta manera cuando el tratamiento del agua residual finaliza, solo es necesario recolectar las esferas, dejando el agua tratada libre de la población microbiol. Este podría ser un sistema biológico artificial que no existe en la naturaleza con microalgas y bacterias. En este estudio se utilizó la microalga *Chlorella* y a la bacteria *Azospirillum brasilense*, promotora del crecimiento de las plantas, conocida por ser una bacteria sin un hospedero específico, que puede aumentar el crecimiento y cosecha de numerosas plantas. Para crear el sistema biológico se inmovilizó a los 2 microorganismos en una esfera de alginato (polímero de alga) y se obtuvo que la bacteria de procedencia agrícola tiene el mismo efecto sobre la planta unicelular, las células se multiplican más rápidamente creando poblaciones de microalgas significativamente más grandes. También se aumenta la concentración de

pigmentos de la microalga característicamente tan importantes para los microorganismos fotosintetizadores que derivan de su energía de la luz y el nivel de lípidos permitiendo una mayor supervivencia de la microalga para absorber amonio y fósforo del agua residual doméstica se incrementa significativamente. Más aún la bacteria sobrevive por un tiempo más largo en presencia de la bacteria que cuando esta sola, es posible utilizar el mismo lote de esferas inmovilizadas repetidamente y eliminar más eficientemente los nutrientes del agua residual.

## **1.11. Marco Legal**

### ***1.11.1 Normativa Ecuatoriana***

**Constitución De La República Del Ecuador, publicada en el R.O: Nro. 449 el 20 de octubre del 2008**

**Título II: DERECHOS, Capítulo segundo: Derechos del buen vivir, Sección primera agua y alimentación**

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

#### **Sección séptima: Salud**

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad,

calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional.

**Título VII: RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR, Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales, 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.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

## Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108

### Requisitos específicos para agua potable

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2
Piomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,1
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01
<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos. * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup> Po, <sup>224</sup> Ra, <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>239</sup> Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup> Co, <sup>89</sup> Sr, <sup>90</sup> Sr, <sup>129</sup> I, <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>210</sup> Pb, <sup>228</sup> Ra		

Fuente: NTE INEN 1 108: Requisitos para agua potable.

#### Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
§ Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP		
Benzo [a]pireno	mg/l	0,0007
<b>Hidrocarburos:</b>		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

Fuente: NTE INEN 1 108: Requisitos para agua potable.

### Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales <sup>(1)</sup> : - Tubos múltiples NMP/100 ml ó - Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
<sup>(1)</sup> ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

Fuente: NTE INEN 1 108: Requisitos para agua potable.

## Ley Orgánica de los Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua

### Título I, Capítulo I: De los principios

Artículo 1. Naturaleza Jurídica.-

El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable.

El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible e inembargable.

Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de competencia exclusiva del Estado central.

Art. 1ter. Dimensiones del agua.-

El agua presenta las siguientes dimensiones:

a) Agua Vida. Representa su función esencial como fuente de vida humana y natural, y comprende su uso para el desarrollo de actividades básicas e indispensables para la existencia tales como el consumo humano, riego en garantía de la subsistencia y soberanía alimentaria, y la preservación de la Pacha Mama.

b) Agua Ciudadanía. Alude a sus funciones sociales y culturales necesarias para el desarrollo de actividades y servicios públicos de interés general para la ciudadanía y su bienestar.

c) Agua Desarrollo sustentable. Comprende su utilización como recurso estratégico de crecimiento económico y social en relación con el desarrollo de actividades económicas productivas distintas de aquellas orientadas a la garantía de la soberanía alimentaria.

### **Ley Orgánica de Salud**

Art. 9.- Corresponde al Estado garantizar el derecho a la salud de las personas, para lo cual tiene, entre otras, las siguientes responsabilidades:

- Priorizar la salud pública sobre los intereses comerciales y económicos.

Art. 196.- La autoridad sanitaria nacional analizará los distintos aspectos relacionados con la formación de recursos humanos en salud, teniendo en cuenta las necesidades nacionales y locales, con la finalidad de promover entre las instituciones formadoras de recursos humanos en salud, reformas en los planes y programas de formación y capacitación.

## 1.11. Marco Conceptual

**Automatizado.-** Aplicar procedimientos automáticos a un aparato, proceso o sistema: han automatizado la biblioteca universitaria.

**Biodegradabilidad.-** Es el enumeramiento de una sustancia que puede descomponerse en los elementos químicos que lo conforman, debido a la acción de agentes biológicos, como plantas, animales, microorganismos y hongos, bajo condiciones ambientales naturales.

**Coloides.-** En física y química un coloide, sistema coloidal, suspensión coloidal o dispersión coloidal es un sistema formado por dos o más fases, principalmente: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas; por lo general sólidas.

**Complejidad.-** Característica que tiene una cosa compleja, difícil de comprender, especialmente por componerse de varios elementos o partes.

**Condensación.-** Acción de condensar una sustancia para hacerla más densa, especialmente eliminando parte del líquido que contiene.

**Convencional.-** Que es muy común o no tiene nada de espontáneo u original.

**Cribado.-** Hacer pasar una materia por una criba para separar las partes finas; especialmente para limpiarla de impurezas.

**Disuelto.-** Hacer que un cuerpo o una sustancia, al mezclarse con un líquido, se deshaga hasta que sus partículas queden incorporadas a dicho líquido.

**Drenaje.-** Eliminación del agua acumulada en un lugar, especialmente en un terreno, por medio de zanjas o cañerías.

**Eficiencia.-** Virtud y facultad para lograr un efecto determinado. Acción con que se logra este efecto.

**Electroforesis.-** Fenómeno de migración que presentan las partículas cargadas cuando se someten a la acción de un campo eléctrico.

**Eutrofización.**- Excesiva proliferación de algas y macrofitas en las aguas por un exceso de materia orgánica.

**Filtración.**- Proceso por el cual se separa un sólido del líquido (o del gas) que lo contiene, utilizando una membrana que permite el paso del líquido y retiene el sólido.

**Floculación.**- Proceso a través del cual las partículas de un coloide se aglomeran y forman partículas más gruesas, las cuales a menudo pueden redispersarse por agitación, pues las fuerzas de unión en su interior son débiles.

**Flóculos.**- Masa floculada que es formada por la acumulación de partículas suspendidas. Puede ocurrir de forma natural, pero es usualmente inducido e orden de ser capaz de eliminar ciertas partículas del agua residual.

**Interfaz.**- Interfaz es un término que procede del vocablo inglés interface (“superficie de contacto”).

**Iones.**- Átomo o conjunto de átomos con carga eléctrica debida a la pérdida o ganancia de electrones.

**Organolépticas.**- Propiedades de las sustancias orgánicas e inorgánicas (esp. las de los minerales) que pueden apreciarse por los sentidos.

**Patógenos.**- Productor o causante de una enfermedad.

**Pluviales.**- Agua de la lluvia.

**Repercusión.**- Consecuencia indirecta de un hecho o decisión.

**Residual.**- Que queda como residuo.

**Saprophytas.**- Organismo que se desarrolla sobre sustancias orgánicas en descomposición.

**Sedimentación.**- Proceso de acumulación de material orgánico, detrítico o químico, en un medio lacustre, continental o marino.

**Turbio.**- Se aplica al líquido que no es claro ni transparente.



**Volátiles.-** Se aplica a la sustancia que se transforma fácilmente en vapor o en gas cuando está expuesta al aire.

## **CAPITULO II**

### **2. METODOLOGÍA APLICADA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **2.1. Línea Base del Sistema Regional Guayama**

El presente trabajo se realizó en las comunidades Guayama Grande, Guayama Sampedro, Chaupi y Pilapuchin, perteneciente a la parroquia Chugchilán del cantón Sigchos, provincia Cotopaxi y está ubicada al sur de su cabecera cantonal a aproximadamente 35 km de distancia.

La altitud media sobre el nivel del mar es de 3160 metros, con una topografía irregular con pendientes y temperaturas que varían desde una mínima de 6°C hasta una temperatura máxima de 26,8°C y con una precipitación entre 500 y 1000 mm.

El agua para consumo humano del sistema regional Guayama beneficia a las comunidades: Guayama Grande, Guayama Sampedro, Chaupi y Pilapuchin.

El Sistema Regional Guayama se compone de 7 vertientes mismas que se encuentran en la comunidad de Cuisana; de las cuales la vertiente Verde Toro es la más grande, tomando datos de la misma, como: Caudal, Coordenadas, Flora y Fauna, cabe destacar que estas dos últimas son referentes a toda la zona en que están las vertientes del sistema y que tiene un área de 7 Ha. El agua de las 7 vertientes

abastece a las comunidades de Guayama Grande, Guayama Sampedro, Chaupi y Pilapuchin.

**Flora y Fauna.-** Después de realizar visitas al área de estudio, se determinó las especies de flora y fauna.

**Tabla N° 1.- FLORA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Familia</b>
Pumamaqui	<i>Oreopanax sp.</i>	Araliaceae
Chilco	<i>Baccharis latifolia</i>	Asteraceae
Tifo		
Milga		
Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	Scrophulariaceae
Berro de agua	<i>Nasturtium officinale</i>	Brassicaceae
Facteg		
Paja	<i>Paspalum quadrifarium</i>	Poaceae
Sigse	<i>Cortaderia selloana</i>	Poaceae
Achupalla	<i>Puya clava</i>	Bromeliaceae
Zapatito	<i>Calceolaria sp.</i>	Scrophulariaceae
Ortiga Negra	<i>Bohemeria sp.</i>	Urticaceae
Yagual	<i>Polylepis incana</i>	Rosaceae
Sauco	<i>Sambacus Nigra</i>	Lamiaceae

Fucunero	<i>Siphocampylus giganteus</i>	Campanulaceae
----------	--------------------------------	---------------

**Tabla N° 2.- FAUNA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Familia</b>
Lagartija	<i>Podarcis. sp</i>	Lacertidae
Lobo	<i>Canis lupus</i>	Canidae
Zorro	<i>Vulpini</i>	Canidae
Perdiz	<i>Alectoris rufa</i>	Fasiánidas
Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Leporidae
Mirlo	<i>Turdus merula</i>	Turdidae
Mariposa	<i>Danaus plexippus</i>	Nymphalidae
Abejas	<i>Apis mellifera</i>	Apidae
Ranas	<i>Pelophylax perezii</i>	Ranidae
Saltamontes	<i>Saltus Montus</i>	Tridactyloidea

**Vertiente: Verde Toro**

Altitud: 3494 msnm

Latitud: 0730823 E

Longitud: 9905673 N

Caudal: 3,26 Lt/seg

Área de protección física y biológica: 2916 m<sup>2</sup>

Conducción.- Desde la Vertiente se conduce por una tubería de 90 mm hasta el tanque de distribución ubicado en la comunidad de Guayama Sampedro.

## **2.2. Ubicación Geográfica**

### ***2.2.1. Vertientes del Sistema Regional Guayama***

#### ***2.2.1.1. Localización***

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Sigchos

Parroquia: Chugchilán

Comunidad: Cuisana

#### ***2.2.1.2. Coordenadas***

##### **Longitud**

0730809 E

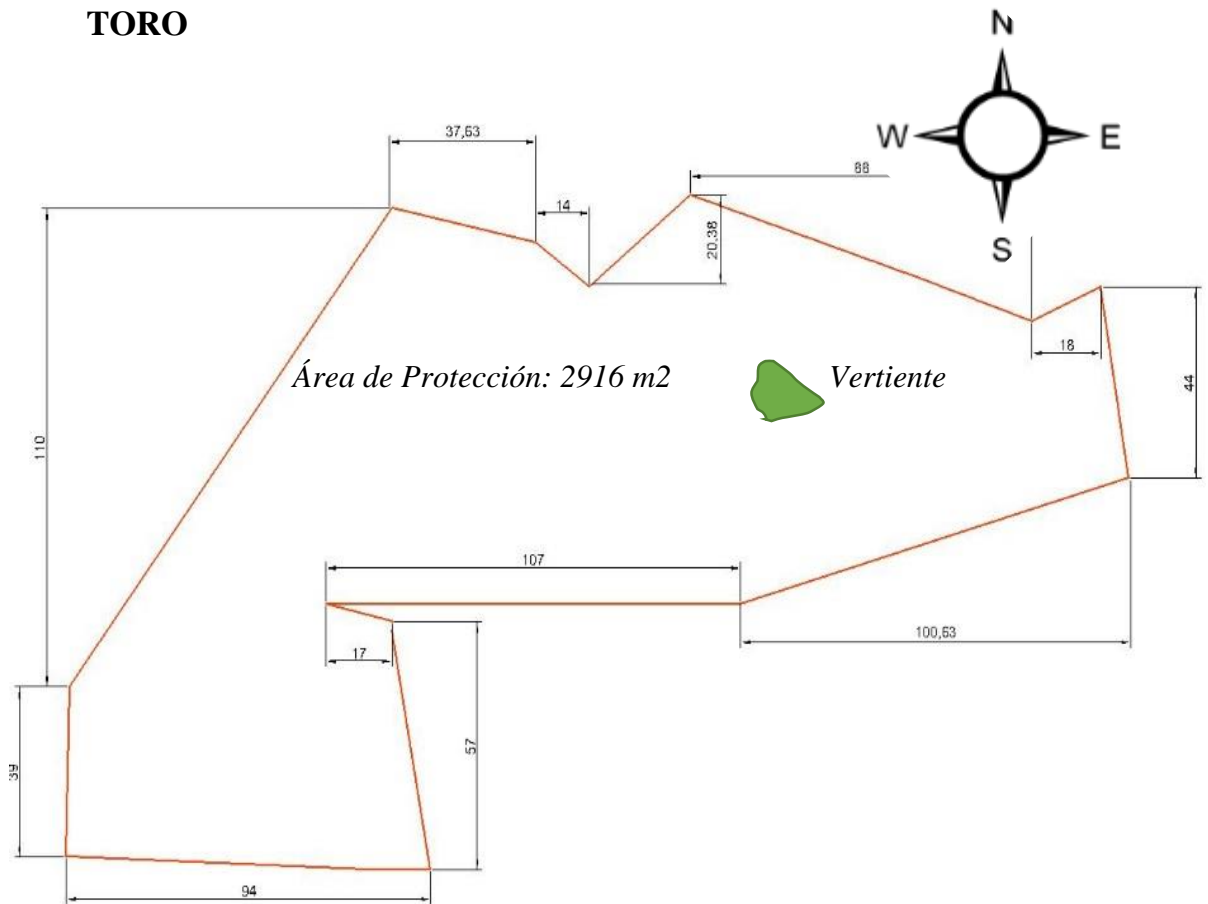
##### **Latitud**

9905711 N

##### **Altitud**

3541 m.s.n.m

**Grafico 1. ÁREA DE PROTECCIÓN DE LA VERTIENTE VERDE TORO**



### ***2.2.2. Tanque de distribución del Sistema Regional Guayama***

#### ***2.2.2.1. Localización***

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Sigchos

Parroquia: Chugchilán

Comunidad: Guayama Sampedro

#### **2.2.2.2. Coordenadas**

##### **Longitud**

0732188 E

##### **Latitud**

9907714 N

##### **Altitud**

3392 m.s.n.m

#### **2.2.3. Vías de acceso**

##### **2.2.3.1. Vía N° 1**

De Latacunga tomar la vía a Pujili – Zumbahua – Quilotoa con una distancia de 66 km, vía de primer orden. Desde el Quilotoa se toma la vía de asfalto hasta las comunidades Cuisana y Guayama Sampedro, ubicada de 25 a 40 minutos en camioneta.

##### **2.2.3.2. Vía N° 2**

De Latacunga tomar la vía a Pujili – Zumbahua, vía de primer orden. Del centro de Zumbahua tomar la vía de asfalto al Quilotoa hasta el sector Niño rumi.

Desde la Niño Rumi, dirección noreste atravesando las comunidades de Shalala-Macapungo, Pilapuchin, Chaupi, Guayama Sampedro, Guayama Grande hasta Cuisana.

##### **2.2.3.3. Vía N° 3**

De Latacunga, dirección Noroeste, atravesando el Cantón Saquisilí hasta Sigchos.

Del cantón Sigchos tomar la vía hasta la Parroquia Chugchilán. De ahí atravesar las comunidades de Moreta, Tonducto, Shiñacunga, ubicadas hacia el sur de la parroquia, hasta las comunidades Cuisana y Guayama Sampedro.

#### **2.2.3.4. Vía N° 4**

De Latacunga, dirección Noroeste, atravesando el Cantón Saquisilí hasta Sigchos.

Del cantón Sigchos tomar la vía hasta la Parroquia Chugchilán. De ahí atravesar la comunidad de La Moya, ubicada hacia el Sureste de la Parroquia. De la Moya dirigirse hacia el Oeste hasta para la comunidad Cuisana y al sur este para la Comunidad Guayama Sampedro.

### **2.2.4. Climatología**

El clima de la Parroquia de Chugchilán es frío ecuatorial seco, frío ecuatorial semihúmedo, frío ecuatorial húmedo, Mesotérmico Ecuatorial Húmedo, Mesotérmico Tropical Húmedo y Mesotérmico Tropical muy Húmedo. Con temperaturas que varían desde una mínima de 6°C hasta una temperatura máxima de 26.8°C. Con precipitaciones entre 500 y 1.000 mm. La velocidad del viento tiene un promedio mensual de 6m/s y un promedio anual de 72 m/s. La dirección predominante del viento es NS con una intensidad máxima de 11m/s. en los meses de julio y agosto los mismos que son vinculados en ocasiones a la presencia de neblina, siendo épocas de intensos vientos. *Datos tomados de Plan de Ordenamiento Territorial de Chugchilán (PDOT)*

### **2.2.5. Características ecológicas**

La cobertura vegetal variada de esta parroquia la misma que con los diferentes pisos altitudinales que existen, le dan la posibilidad de diversidad florística y faunística, sin embargo el mal manejo y la falta de conocimiento vinculado a áreas erosionadas ha generado un deterioro paulatino que cada vez evidencia su deterioro en la merma



de caudales en sus cuencas y microcuencas y diversidad paisajista, presenciando solo una mínima cantidad de agua en sus cascadas, desapareciendo el potencial de generador de agua. *Datos tomados de Plan de Ordenamiento Territorial de Chugchilán (PDOT)*

### ***2.2.6. Geomorfología***

La mayor parte de la superficie del territorio 81,56% corresponde zonas montañosas y relieves escarpados, estas superficies de la parroquia tiene pendientes mayores al 70%; seguido de cimas de relieves montañosos con colinas medianas y con áreas menores de gargantas con flancos escarpados y vertientes de las cordilleras. Las zonas llanas con pendientes menores a 5% ocupan únicamente el 1.0 por ciento del total de los suelos. Estos factores son los generadores de paisajes con topografías totalmente irregulares y escasa vegetación. En estos lugares se puede presenciar que el suelo tiene aptitud únicamente para conservación de la vegetación natural. *Datos tomados de Plan de Ordenamiento Territorial de Chugchilán (PDOT)*

## **2.3. Sistema Regional Guayama**

### ***2.3.1. Poblaciones consideradas en el presente estudio***

La población considerada en el presente estudio se encuentra localizada en las comunidades de Guayama Sampedro, Guayama Grande, Chaupi y Pilapuchin. El número de beneficiarios de las comunidades mencionadas es de: 1935.

### ***2.3.2. Sistema de agua entubada***

En la presente investigación las comunidades consideradas cuentan con sistema de agua entubada que comprende de dos redes de alimentación y que provienen de diferentes vertientes, que entre las principales están:

La Vertiente Verde Toro, ubicada a 3 km, dirección noroeste de la Comunidad Guayama Sampedro. El área de protección de la vertiente es de 2916 m<sup>2</sup>, actualmente mediante, El Consorcio MCCH-CESA que se encuentra ejecutando el Programa Integral de Desarrollo de Pueblos Indígenas ha realizado una protección de vertientes con plantas como: yagual, lupino, aliso, acacia y otros, además de una protección física con postes de hormigón y alambre; el fin de esta actividad es evitar la disminución del agua. El caudal de la vertiente es de: 3,26 Lt/seg, que fue medido por los Técnico Locales de la Zona, en los meses de Abril.

La vertiente Pactacunga, se encuentra ubicada en la misma comunidad de Cuisana. El área de protección es de 3739,8 m<sup>2</sup>, mismo que es protegido con plantas nativas y una protección física con postes de hormigón y alambre. El caudal de la vertiente es 0,35 Lt/seg.

Desde cada una de las vertientes están compuestos de las siguientes unidades:

#### ***2.3.2.1. Captación***

En la Vertiente Verde Toro la captación se realiza mediante una rejilla lateral, además está protegido con un tanque de hormigón y con tapa metálica. Las dimensiones del tanque son 2 metros de ancho, 5 metros de largo y 1,5 metros de alto. El tanque está dividido en 3 secciones, mismas que sirven para filtrar el agua de los sólidos y por consiguiente el agua que se filtra no contiene partículas sólidas.

También cuenta con un tanque de emergencia que es utilizado para realizar la limpieza, su dimensión es: 0,50 metros de alto, 1 metro de ancho y 1,50 metros de largo.

En esta vertiente existe un excedente de agua tanto en el mismo ojo de agua como en el tanque de captación. El mismo excedente forma un riachuelo que recorre las comunidades de Cuisana, Guayama Grande y que es utilizado para el regadío en Guayama Grande y Guayama Sampedro.

Para proteger la captación existe un cerramiento con malla metálica y tubos de metal, además de una base de bloques.

En la misma vertiente, 400 metros más bajo, se encuentra otra captación mediante un muro de hormigón armado y cubiertos de piedras que sirven como filtro. El agua es absorbida por un dren francés, que a 15 metros se encuentra el tanque de captación de hormigón armado con tapa de hormigón (en malas condiciones) con gancho de varilla. La dimensión del tanque es: 2,5 metros de largo, 1,5 metros de ancho y 1,5 metros de alto.

El tanque está dividido en dos secciones, con el fin de retener los sólidos y enviar el agua sin los mismos.

Las captaciones actualmente no presentan problemas de inestabilidad del suelo, por lo tanto se puede seguir utilizando el tanque.

#### ***2.3.2.2. Conducción***

La conducción es de 2800 metros de longitud con una tubería PVC de 90 mm que recorre una topografía irregular. En la trayectoria hasta el tanque de recolección en la comunidad Guayama Sampedro, existen 3 válvulas de aire. La mayor trayectoria del recorrido es pendiente abajo.

#### ***2.3.2.3. Tratamiento***

El sistema regional Guayama no cuenta con una planta de tratamiento en la captación ni en el inicio de la distribución, cabe destacar que al agua no se le trata ni con cloro.

#### ***2.3.2.4. Distribución***

El Sistema Regional Guayama cuenta con un tanque de recolección y nueve tanques de distribución que abarcan las comunidades de Guayama Sampedro, Guayama Grande, Chaupi y Pilapuchin.

**Tabla N° 3.- TANQUES DEL SISTEMA REGIONAL GUAYAMA**

<b>Tanque N°</b>	<b>Propietario del Terreno</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Función</b>	<b>Coordenadas</b>
1	Ángel Molina	Guayama S/P	Recolección	0732188 E
				9907714 N
2	Olmedo Chiguano	Guayama Grande	Distribución	0731946 E
				9908509 N
3	Comunidad Guayama Sampedro	Guayama S/P	Distribución	0732844 N
				9908778 E
4	José Pullupaxi	Chaupi y Guayama S/P	Distribución	0735046 N
				9908678 E
5	María Elena Passo	Chaupi	Distribución	0734067 E
				9908797 N
6	Julio Gavilanes Soria	Chaupi	Distribución	0734598 N
				9907797 E
7	Hilda Chusin	Chaupi	Distribución	0733887 E
				9909263 N
8	Rafael Pilaguano	Pilapuchin	Distribución	0736284 E
				9907797 N
9	Daule Gavilanes	Pilapuchin	Distribución	0735343 E
				9908086 N

10	Nicolas Pilaguano	Pilapuchin	Distribución	0734474 E
				9908965 N

**Fuente: Investigador**

## 2.4. Metodología

### 2.4.1. Muestreo

En primera instancia se requirió de información bibliográfica y de recopilación de datos de campo, necesarios para el muestreo.

La toma de muestras se realizó en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo. Mediante esta Norma se pudo definir el tipo de muestras y consideraciones a tomar en cuenta, en el momento de la recolección de las muestras.

Para la conservación de las muestras se aplicó la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras. Según indica la TABLA 1 Técnicas generales para la conservación de muestras análisis físico-químico.

También se utilizó la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2226:2012 Agua. Calidad Del Agua. Muestreo. Diseño de los Programas de Muestreo. En donde nos indica los factores a considerar en los canales, ríos y vertientes.

Se recogieron 3 muestras; la primera en la vertiente principal, la segunda en el tanque de distribución y la ultima en la casa del usuario José Pilatasig perteneciente a la comunidad Guayama Grande. Una vez tomadas las muestras se realizaron los análisis físico-químico y microbiológico del agua para la determinación de los contaminantes presentes en el Sistema Regional Guayama.

## ***2.4.2. Puntos de muestreo***

### ***2.4.2.1. Punto N° 1, Vertiente Verde Toro.***

**Muestra.**

**Descripción:** La toma de la muestra 1, del punto 1 se la realiza en la vertiente Verde Toro.

**Ubicación:** Comunidad Cuisana

**Coordenas:** 07308009 E

9905711 N

**Tipo de muestra:** Muestra simple.

**Tipo de envase:** Botella de polietileno de 2L.

**Materiales:** Mandil, Guantes, Termómetro, Cooler.

### ***2.4.2.2. Punto N° 2, Tanque de recolección de la Comunidad Guayama Sampedro.***

**Muestra.**

**Descripción:** La toma de la muestra 2, del punto 2 se la realiza en el tanque de recolección de Guayama Sampedro

**Ubicación:** Guayama Sampedro

**Coordenas:** 0732188 E

9907714 N

**Tipo de muestra:** Muestra simple.

**Tipo de envase:** Botella de polietileno de 2L.

**Materiales:** Mandil, Guantes, Termómetro, Cooler.

***2.4.2.3. Punto N° 3, Casa del usuario José Lino Ante de la comunidad Guayama Sampedro.***

**Muestra.**

**Descripción:** La toma de la muestra 3, del punto 3 se la realiza en la casa de José Pilatasig, quien es usuario del sistema Regional Guayama y pertenece a la comunidad Guayama Grande.

**Ubicación:** Guayama Grande

**Coordenas:** 071941 E

9908506 N

**Tipo de muestra:** Muestra simple.

**Tipo de envase:** Botella de polietileno de 2L.

**Materiales:** Mandil, Guantes, Termómetro, Cooler.

***2.4.3. Parámetros para el análisis de laboratorio***

***2.4.3.1. Parámetros físicos – químicos***

- Calcio
- Color
- Conductividad
- DBO
- DQO
- Dureza Total

- Fosfatos
- Magnesio
- Oxígeno disuelto
- Nitratos
- Nitritos
- pH
- Sólidos Totales
- Temperatura
- Turbidez

#### ***2.4.3.2. Parámetros microbiológicos***

- Coliformes Fecales
- Coliformes Totales

## **2.5. Tipos de investigación**

### ***2.5.1. Investigación Bibliográfica***

La investigación bibliográfica fue utilizada en el presente trabajo para realizar consultas de material bibliográficos, con el fin complementar el marco teórico.

### ***2.5.2 Investigación Cuantitativa***

La metodología cuantitativa es aquella que permite examinar los datos de manera científica, o más específicamente en forma numérica.



Este tipo de investigación cuantitativa ayuda a determinar la cantidad de los contaminantes del agua del sistema regional Guayama.

### ***2.5.3 Investigación Descriptiva***

Consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

Este tipo de investigación va ayudar a la obtención e interpretación de datos en términos claros y precisos con la finalidad de clasificar los datos, categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas.

### ***2.5.4. Investigación De Campo***

Podríamos definirla como aquella que permitirá obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social (investigación pura), o bien estudiar una situación para diagnosticar necesidades y problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos (investigación aplicada).

Este tipo de investigación ayuda en el desarrollo del proyecto, ya que se podrá observar directamente la situación actual del agua de consumo humano del sistema regional Guayama.

## **2.6. Materiales Utilizados**

### ***2.6.1. Materiales de Campo***

- Botella de polietileno de 2L

- Envases plásticos recolector de muestra con tapa rosca
- Guantes quirúrgicos
- Caja
- Colector de muestras
- Cooler
- Cinta masquín

### ***2.6.2. Materiales de oficina***

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Bolígrafos y lápices
- Hojas de papel bond
- Cuaderno espiral
- Flash memory

## 2.7. Interpretación de Resultados

Los análisis de laboratorio se realizaron en los Laboratorios OSP de la Universidad Central del Ecuador. Los parámetros analizados se interpretaron con la norma NTE INEN 1108 correspondiente a los requisitos establecidos para agua de consumo humano. Además se realizaron una interpretación comparativa con resultados de laboratorios realizados en el año 2011 en el Inventario de Recursos Hídricos de la cuenca del río Toachi, por el Consorcio MCCH-CESA

### 2.7.1. Muestra 1: Vertiente Verde Toro

Tabla N° 4. ANÁLISIS FÍSICOS

Parámetros	Unidades	Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108	Resultados, Laboratorio OSP	Cumple
Color	UTC	15	<8	Si
Conductividad	us/cm		179,4	No existe
Turbidez	UNT	5	<4	Si
PH			6,3	No existe
Sólidos Totales	mg/l		179	No existe
Temperatura	°C		18,1	No existe

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

### Análisis de datos

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la muestra 1 referente a la Vertiente Verde Toro, se puede observar que los parámetros físicos se encuentra

dentro de los límites máximos permisibles que establece la Norma NTE INEN 1108.

**Tabla N° 5. ANÁLISIS QUÍMICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108</b>	<b>Resultados, Lab OSP</b>	<b>Cumple</b>
Fosfatos (P-PO4)	mg/l	0,1	<0,1	Si
Nitratos	mg/l	50	4,1	Si
Nitritos	mg/l	0,2	0,013	Si
Dureza Total	mg/l		56	No existe
Oxígeno Disuelto	mg/l		5,1	No existe
Calcio	mg/l		14,5	No existe
DBO	mgO2/l		<5	No existe
DQO	mgO2/l		<8	No existe
Magnesio	mg/l		4,9	No existe

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

### **Análisis de datos**

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la muestra 1 referente a la Vertiente Verde Toro, se puede observar que los parámetros químicos se encuentra dentro de los límites máximos permisibles que establece la Norma NTE INEN 1108.

**Tabla N° 6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108</b>	<b>Resultados, Lab OSP</b>	<b>Cumple</b>
Coliformes Totales	NMP/100 ml	< 1,1	< 1,1	Si
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	< 1,1	< 1,1	Si

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

#### **Análisis de datos**

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la muestra 1 referente a la Vertiente Verde Toro, se puede observar que los parámetros microbiológicos se encuentra dentro de los límites máximos permisibles que establece la Norma NTE INEN 1108.

#### **2.7.2. Muestra 2: Tanque de Recolección de Guayama Sampedro**

**Tabla N° 7. ANÁLISIS FÍSICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108</b>	<b>Resultados Lab OSP</b>	<b>Cumple</b>
Color	UTC	15	<8	Si
Conductividad	us/cm		179,4	No existe
Turbidez	UNT	5	<4	Si

PH			6,4	No existe
Solidos Totales	mg/l		136	No existe
Solidos Suspendidos	mg/l		< 8	No existe
Solidos Disueltos	mg/l		134	No existe
Temperatura	°C		18,1	No existe

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

### **Análisis de datos**

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la muestra 2 referente al Tanque de recolección de Guayama Sampedro, se puede observar que los parámetros físicos se encuentra dentro de los límites máximos permisibles que establece la Norma NTE INEN 1108.

### **Tabla N° 8. ANÁLISIS QUÍMICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108</b>	<b>Resultados Lab OSP</b>	<b>Cumple</b>
Fosfatos (P-PO4)	mg/l	0,1	<0,1	Si
Nitratos	mg/l	50	3,9	Si
Nitritos	mg/l	0,2	< 0,010	Si
Dureza Total	mg/l		56	No existe

Oxígeno Disuelto	mg/l		5,7	No existe
Calcio	mg/l		14,6	No existe
DBO	mgO <sub>2</sub> /l		< 5	No existe
DQO	mgO <sub>2</sub> /l		< 8	No existe
Magnesio	mg/l		4,6	No existe

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

### **Análisis de datos**

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la muestra 2 referente al Tanque de recolección de Guayama Sampedro, se puede observar que los parámetros químicos se encuentra dentro de los límites máximos permisibles que establece la Norma NTE INEN 1108.

### **Tabla N° 9. Análisis MICROBIOLÓGICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108</b>	<b>Resultados, Lab OSP</b>	<b>Cumple</b>
Coliformes Totales	NMP/100 ml	< 1,1	4,5	No
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	< 1,1	< 1,1	Si

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

### **Análisis de datos**

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la muestra 2 referente al Tanque de recolección de Guayama Sampedro, se puede observar que los coliformes Totales tienen un valor de 4,5 sobrepasando los límites máximos permisibles que establece la Norma NTE INEN 1108; mientras que los coliformes fecales se encuentra dentro del rango establecido.

### **2.7.3. Muestra 3: Grifo, Casa José Lino Ante**

**Tabla N° 10. ANÁLISIS FÍSICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108</b>	<b>Resultados, Lab OSP</b>	<b>Cumple</b>
Color	UTC	15	<8	Si
Conductividad	us/cm		179,5	No existe
Turbidez	UNT	5	<4	Si
PH			6,2	No existe
Sólidos Totales	mg/l		181	No existe
Temperatura	°C		18,1	No existe

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

### **Análisis de datos**

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la muestra 3 referente al Grifo de la casa de José Lino Ante, se puede observar que los parámetros físicos se



encuentra dentro de los límites máximos permisibles que establece la Norma NTE INEN 1108.

**Tabla N° 11. ANÁLISIS QUÍMICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108</b>	<b>Resultados, Lab OSP</b>	<b>Cumple</b>
Fosfatos (P-PO4)	mg/l	0,1	<0,1	Si
Nitratos	mg/l	50	3,9	Si
Nitritos	mg/l	0,2	< 0,010	Si
Dureza Total	mg/l		56	No existe
Oxígeno Disuelto	mg/l		5,1	No existe
Calcio	mg/l		13,7	No existe
DBO	mgO2/l		< 5	No existe
DQO	mgO2/l		< 8	No existe
Magnesio	mg/l		5,4	No existe

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

### **Análisis de datos**

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la muestra 3 referente al Grifo de la casa de José Lino Ante, se puede observar que los parámetros químicos se encuentra dentro de los límites máximos permisibles que establece la Norma NTE INEN 1108.

**Tabla N° 12. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108</b>	<b>Resultados, Lab OSP</b>	<b>Cumple</b>
Coliformes Totales	NMP/100 ml	< 1,1	6,8	No
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	< 1,1	< 1,1	Si

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

**Análisis de datos**

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la muestra 3 referente al Grifo de la casa de José Lino Ante, se puede observar que los coliformes Totales tienen un valor de 6,8 sobrepasando los límites máximos permisibles que establece la Norma NTE INEN 1108; mientras que los coliformes fecales se encuentra dentro del rango establecido.

**2.7.4. Análisis comparativo de las muestras**

**Tabla N° 13. ANÁLISIS FÍSICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108</b>	<b>Resultados, Lab OSP</b>		
			<b>Vertiente Verde Toro</b>	<b>Tanque de recolección G/S</b>	<b>José Lino Ante</b>
Color	UTC	15	<8	<8	<8

Conductividad	us/cm		179,4	179,4	179,5
Turbidez	UNT	5	<4	<4	<4
PH			6,3	6,4	6,2
Solidos Totales	mg/l		179	136	181
Temperatura	°C		18,1	18,1	18,1

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

### **Análisis de datos**

Los parámetros físicos de las tres muestras: Vertiente Verde Toro, Tanque de recolección de Guayama Sampedro y Casa de José Lino Ante, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de la norma NTE INEN 1108. Además los resultados son aproximadamente iguales con pequeñas variaciones.

**Tabla N° 14. ANÁLISIS QUÍMICOS**

Parámetros	Unidades	Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108	Resultados, Lab OSP		
			Vertiente Verde Toro	Tanque de recolección G/S	José Lino Ante
Fosfatos (P-PO4)	mg/l	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitratos	mg/l	50	4,1	3,9	3,9
Nitritos	mg/l	0,2	0,013	< 0,010	< 0,010

Dureza Total	mg/l		56	56	56
Oxígeno Disuelto	mg/l		5,1	5,7	5,1
Calcio	mg/l		14,5	14,6	13,7
DBO	mgO <sub>2</sub> /l		<5	< 5	< 5
DQO	mgO <sub>2</sub> /l		<8	< 8	< 8
Magnesio	mg/l		4,9	4,6	5,4

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

### **Análisis de datos**

Los parámetros químicos de las tres muestras: Vertiente Verde Toro, Tanque de recolección de Guayama Sampedro y Casa de José Lino Ante, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de la norma NTE INEN 1108. Además los resultados son aproximadamente iguales con pequeñas variaciones.

**Tabla N° 15. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Parámetros	Unidades	Límites Máximos Permisibles, NTE INEN 1108	Resultados, Lab OSP		
			Vertiente Verde Toro	Tanque de recolección G/S	José Lino Ante
Coliformes Totales	NMP/100 ml	< 1,1	< 1,1	4,5	6,8
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1

Fuente: Laboratorios OSP, Universidad Central del Ecuador

## **Análisis de datos**

Los parámetros microbiológicos de las tres muestras: Vertiente Verde Toro, Tanque de recolección de Guayama Sampedro y Casa de José Lino Ante, los coliformes totales de la muestra 2 y 3 sobrepasan los límites máximos permisibles de la norma NTE INEN 1108, con valores de 4,5 y 6,8. Sin embargo los coliformes fecales están dentro del rango establecido en la norma.

### **2.7.5.- Comparaciones de los resultados con el Inventario Hídrico de la cuenca de río Toachi.**

**Tabla N° 16. PARÁMETROS FÍSICOS**

Parámetros	Unidades	Resultados Lab OSP			Inventario Hídrico	
		Vertiente Verde Toro	Tanque de recolección G/S	José Lino Ante	Tanque SAP Guayama	Vertiente Pactacunga
Color	UTC	<8	<8	<8	Incoloro	Incoloro
Conductividad	us/cm	179,4	179,4	179,5	380	347
Turbidez	UNT	<4	<4	<4	1,7	1,0
PH		6,3	6,4	6,2	6,73	6,35
Solidos Totales	mg/l	179	136	181	364	448
Temperatura	°C	18,1	18,1	18,1	-----	-----

Fuente: Elaborado por el estudiante.

### **Análisis de comparaciones.**

En los parámetros físicos se puede observar que la conductividad y los sólidos totales del Inventario Hídrico realizado por el Consorcio MCCCH-CESA, son más

elevados que los resultados del laboratorio OSP. Los demás parámetros se encuentran en rangos similares.

**Tabla N° 17. PARÁMETROS QUÍMICOS**

Parámetros	Unidades	Resultados Lab OSP			Inventario Hídrico	
		Vertiente Verde Toro	Tanque de recolección G/S	José Lino Ante	Tanque SAP Guayama	Vertiente Pactacunga
Fosfatos (P-PO4)	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,536	0,634
Nitratos	mg/l	4,1	3,9	3,9	1,89	1,49
Nitritos	mg/l	0,013	< 0,010	< 0,010	0,001	0,001
Dureza Total	mg/l	56	56	56	60	84
Oxígeno Disuelto	mg/l	5,1	5,7	5,1	-----	-----
Calcio	mg/l	14,5	14,6	13,7	24	24
DBO	mgO2/l	<5	< 5	< 5	-----	-----
DQO	mgO2/l	<8	< 8	< 8	-----	-----
Magnesio	mg/l	4,9	4,6	5,4	0	5,8

Fuente: Elaborado por el estudiante.

### **Análisis de comparaciones**

En los parámetros químicos se puede observar que tanto los datos del Inventario Hídrico como de los resultados del laboratorio OSP, se encuentran en rangos similares, con pequeñas diferencias.

**Tabla N° 18. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS**

Parámetros	Unidades	Resultados Lab OSP			Inventario Hídrico	
		Vertiente Verde Toro	Tanque de recolección G/S	José Lino Ante	Tanque SAP Guayama	Vertiente Pactacunga
Coliformes Totales	NMP/100 ml	< 1,1	4,5	6,8	31,6	26,9
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1	4,1

Fuente: Elaborado por el estudiante.

#### **Análisis de comparaciones**

En cuanto a los parámetros microbiológicos se observa que los datos del Inventario Hídrico sobrepasan los resultados del laboratorio OSP con excepción en coliformes fecales del Tanque SAP Guayama.

## **CAPITULO III**

### **3. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

#### **3.1. Diseño de la Planta de Tratamiento**

De acuerdo con la interpretación de los resultados de análisis de laboratorio, se pudo notar la alta presencia de coliformes totales, pero además por experiencia de los moradores de la zona se conoce que en la época de invierno el agua se vuelve turbia; es decir lodosa, teniendo en cuenta esto se consideró realizar el diseño de un sedimentador para los sólidos totales.

En cuanto a coliformes totales, se realizó el cálculo de dosificación de cloro de acuerdo al caudal y para los sólidos totales se diseñará un sedimentador, aplicando la ley de Stokes.

##### ***3.1.1. Objetivo del Diseño***

Mejorar la calidad del agua de consumo humano del Sistema Regional Guayama mediante los tratamientos de cloración y sedimentación.

##### ***3.1.2. Tipos de tratamiento para el agua de consumo humano del Sistema Regional Guayama.***

###### ***3.1.2.1. Cloración***

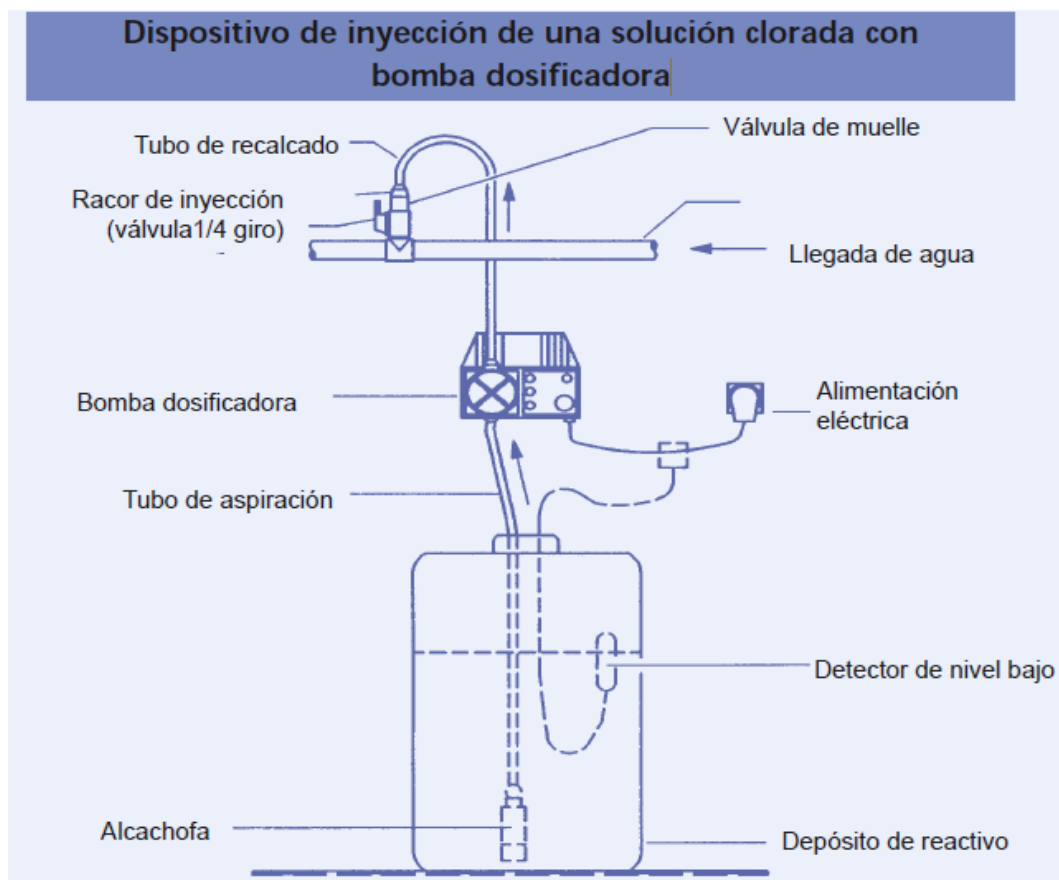
En los resultados del análisis de laboratorio se puede observar un alto valor de coliformes totales, por lo que el tratamiento sería la cloración, cabe destacar el agua



de consumo humano especificado en este documento no recibe ningún tipo de tratamiento.

La propuesta de cloración es mediante un dispositivo de inyección de una solución clorada con bomba dosificadora.

### **GRÁFICO N°2. DISPOSITIVO DE INYECCIÓN DE UNA SOLUCIÓN CLORADA CON BOMBA DOSIFICADORA**



Fuente: División de Salud Ambiente - Organización Panamericana de la Salud

El agua del tanque de recolección del Sistema Regional Guayama, según los resultados de laboratorio; tiene 4,5 NMP/100 ml en Coliformes Totales y Coliformes Fecales con <1,1 NMP/100 ml, por lo que se recomienda utilizar Hipoclorito de Sodio

Para calcular la dosis exacta de hipoclorito de sodio, que se requiere para tratar el agua, se utiliza la siguiente fórmula:

***Formula:***

$$D = \frac{C * Q}{S}$$

***Donde:***

D= Caudal de Dosis de la bomba dosificadora por Hora (Lt/h)

C= Dosis de Cloro a Inyectar (mg/ lt o gr/m3)

Q= Caudal de Agua a tratar (m3/h)

S= Concentración de la solución de cloro (gr/lt)

***Datos:***

D= ¿?

C= 1 gr/m3

Q= 15,58 m3/h

S= 100 gr/lt (10%)

### ***3.1.2.1.1. cálculos de la dosis de hipoclorito de sodio.***

***Cálculos:***

$$D = \frac{1 \frac{gr}{m^3} * 15,58 \frac{m^3}{h}}{100 \frac{gr}{lt}}$$

$$D = \frac{15,58 \frac{gr}{h}}{100 \frac{gr}{lt}}$$

***D = 0,15  $\frac{lt}{h}$  Dosis de caudal de bomba dosificadora por hora***

Después de realizar los cálculos, se observa que el caudal de la bomba dosificadora es: 0,15 lt/hora, lo que significa que en un día es: 3,6 litros.

### 3.1.2.2. Sedimentación

La operación más usada en el tratamiento de aguas es la sedimentación mediante el asentamiento gravitacional de las partículas en suspensión más pesadas que el agua. Este proceso se llama sedimentación simple y es el que se utilizara en este caso.

#### 3.1.2.2.1. cálculo de la velocidad de sedimentación de partículas.

A continuación se muestran las fórmulas aplicables para calcular la velocidad de sedimentación de partículas presentes en el agua. Van a ser función del número de Reynolds, que a su vez dependerá del tamaño de la partícula.

**Tabla N° 19: FORMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN**

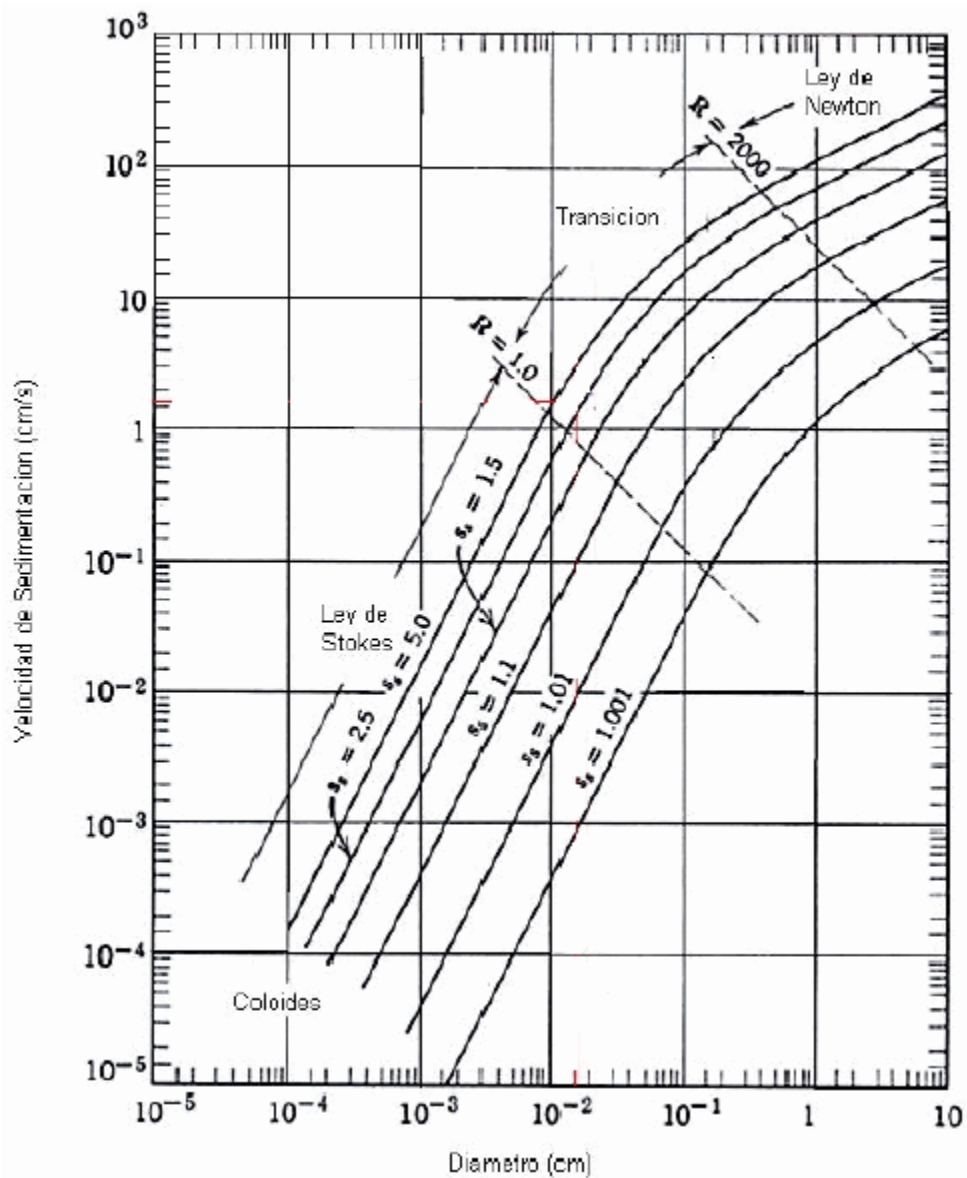
Material	ϕ Limite de las partículas (cm)	# de Reynolds	Vs	Régimen	Ley Aplicable
Grava	>1.0	>10 000	100	Turbulento	$V_s = 1.82 \sqrt{\frac{dg(\rho_a - \rho)}{\rho}}$ Newton
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.050 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1 000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$V_s = 0.22 \left( \frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[ \frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right]$ Allen
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Laminar	$V_s = \frac{1}{18} g \left( \frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$ Stokes

El sedimentador tiene por objeto separar del agua cruda partículas inferiores a 0,2 mm y superiores a 0,05 mm y la velocidad de paso totalmente baja con un número

de Reynolds  $< 4000$ , es decir que nos encontramos en régimen laminar, tal y como se muestra en el Gráfico N° 3, y la ecuación que se utiliza es la ley de Stokes.

$$V_s = \frac{g * dG^2 * (\delta G - \delta a)}{18 * u}$$

**Gráfico N° 3: VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN.**



Fuente: Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos (GITS)

Mediante el Gráfico N° 3, podemos saber la velocidad de sedimentación si conocemos el diámetro de las partículas.

### 3.1.2.2.2. partes de un sedimentador.

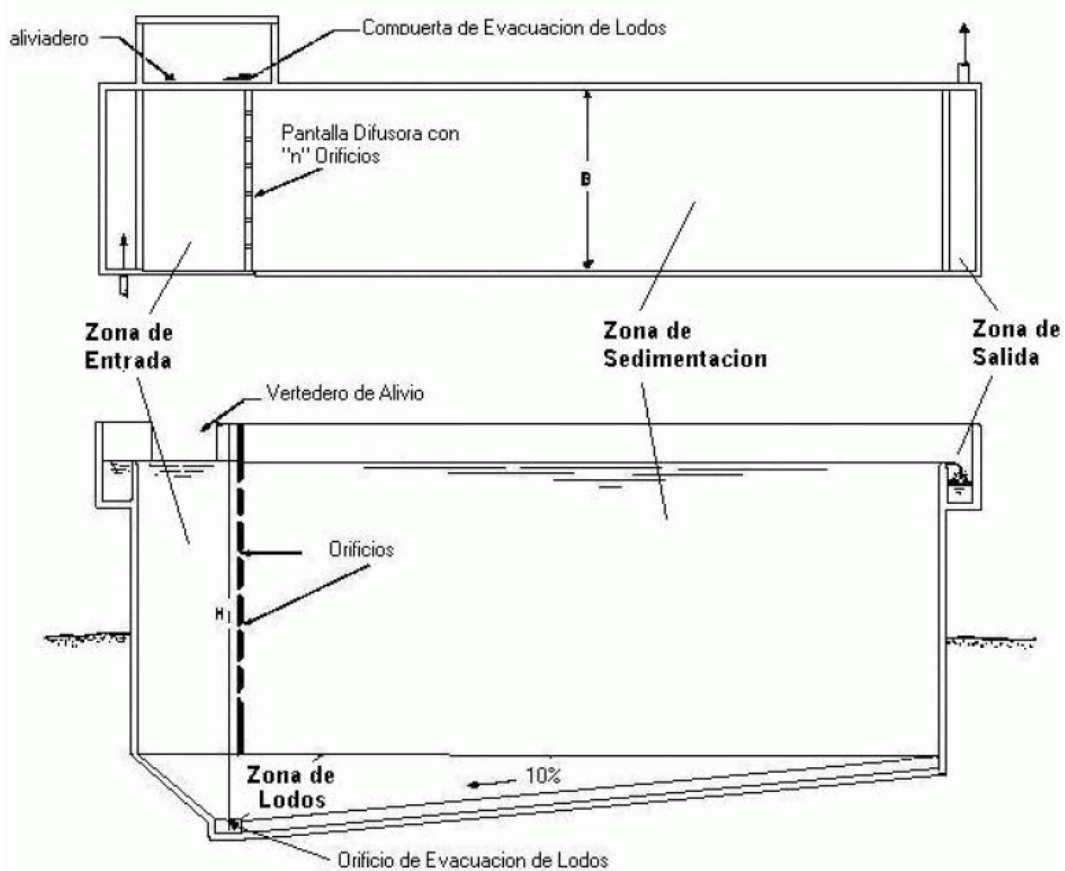
**Zona de entrada:** Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.

**Zona de sedimentación:** Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón.

**Zona de Salida:** Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

**Zona de recolección de lodos:** Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

**Gráfico N° 4: PLANTA Y ALZADO DE UN SEDIMENTADOR CONVENCIONAL.**



Fuente: Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos (GITS)

### 3.1.2.2.3. criterios de diseño.

Como datos de inicio se debe conocer:

- a) Caudal necesario
- b) Calidad fisicoquímica del agua
- c) Deberá cumplir con las relaciones:

El tiempo de retención será entre 2 – 6 horas.

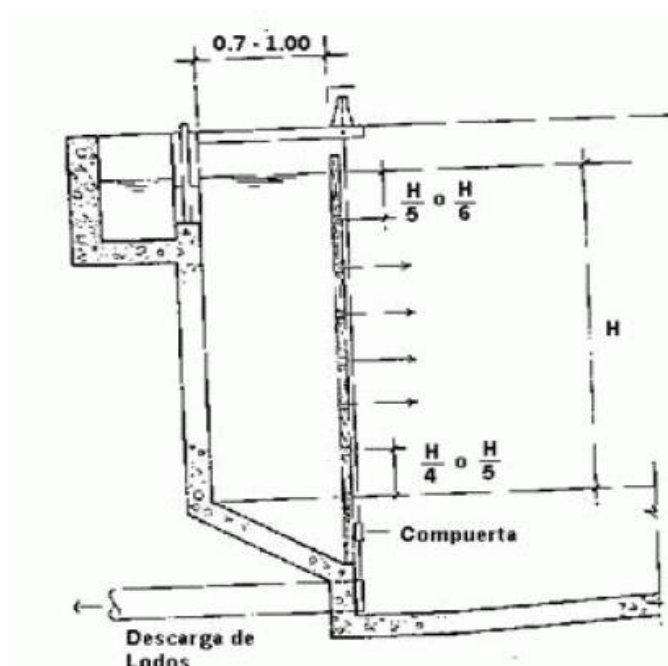
$$3 < \frac{L}{B} < 6$$

$$5 < \frac{L}{H} < 20$$

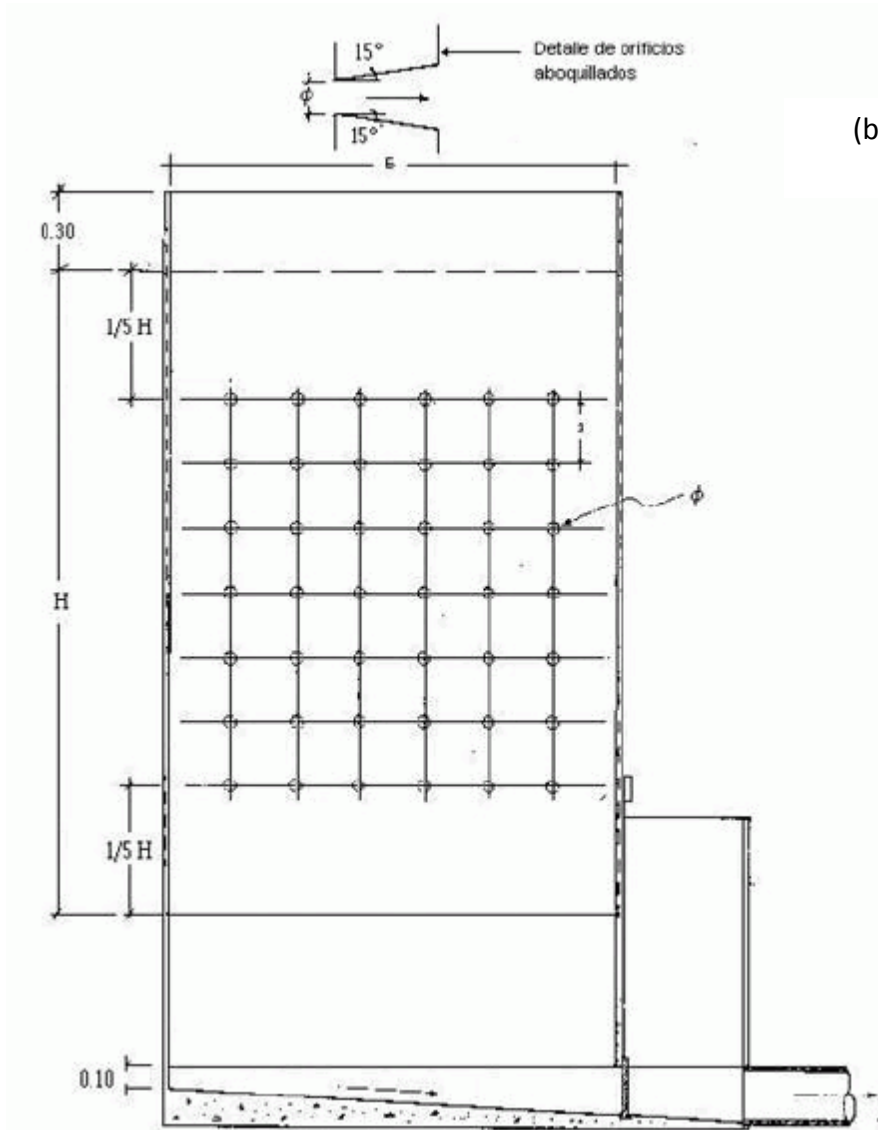
$$\frac{L}{H} = \frac{Vp}{Vs}$$

- d) La ubicación de la pantalla difusora debe ser entre 0,7 a 1,00 m de distancia de la pared de entrada. Gráfico N° 4 (a).
- e) Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a  $\frac{1}{5}$  o  $\frac{1}{6}$  de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre  $\frac{1}{4}$  o  $\frac{1}{5}$  de la altura (H) a partir de la superficie del fondo. Gráfico N° 4 (b).

**Gráfico N° 5: PANTALLA DIFUSORA DEL SEDIMENTADOR (A) Y (B).**



(a) Situación de Pantalla



(b) Distribución de los orificios

#### 3.1.2.2.4. cálculo del sedimentador.

Cálculo de la Velocidad de Sedimentación:

$$V_s = \frac{g * dG^2 * (\delta G - \delta a)}{18 * u}$$

Donde:

G: Aceleración de la Gravedad

dG: Diámetro de la partícula

$\delta G$ : Densidad de la partícula

$\delta a$ : Densidad del medio

$u$ : Viscosidad dinámica del medio

18: constante

Datos:

$V_s = ?$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$d_G = 0,00002 \text{ m}$

$\delta G = 1400 \text{ kg/m}^3$

$\delta a = 1000 \text{ kg/m}^3$

$u = 0,001116 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$

Constante = 18

$$V_s = \frac{9,18 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,00002 \text{m}^2 * (1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{18 * 0,001116 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}}$$

$$V_s = \frac{0,00000000367 \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2} * (400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{0,020 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}}$$

$$V_s = \frac{0,000001468 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}}{0,020 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}}$$

$$V_s = 0,0000734 \text{ m/s}$$

Los datos de partida para el cálculo del sedimentador son:

- Caudal:  $374,12 \text{ m}^3/\text{día} = 0,00433 \text{ m}^3/\text{seg}$
- Ancho del sedimentador:  $B = 4 \text{ m}$ .
- Velocidad de Sedimentación:  $V_s = 0,0000734 \text{ m/s}$



- a) Cálculo del área superficial de la zona de sedimentación, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$A_s = \frac{Q}{V_s}$$

Donde  $V_s$  es la velocidad de sedimentación (m/s) y  $Q$  es el caudal ( $m^3/s$ )

$$A_s = \frac{0,00433 \frac{m^3}{seg}}{0,0000734 \frac{m}{seg}}$$

Obteniendo un valor para el área superficial de:

$$A_s = 58,99 m^2$$

- b) Una vez obtenido el área superficial, podemos determinar las dimensiones de largo  $L_2$  (m) determinado así la longitud de sedimentación partiendo del ancho  $B$  (m) del sedimentador que tomamos como dato de partida (2,5 m). Para esto utilizamos la siguiente fórmula.

$$L_2 = \frac{A_s}{B}$$

Resolviendo obtenemos:

$$L_2 = \frac{58,99 m^2}{4 m} = 14,75 m$$

Que teniendo en cuenta que la pantalla difusora se tiene que ubicar a 0,7 m como mínimo, obtenemos una longitud total de la unidad según la siguiente ecuación.

$$L = 0,7 m + 14,75 m = 15,45 m$$

Este es el momento de comprobar que se cumple la relación:  $3 < \frac{L}{B} < 6$

$$\frac{L}{B} = \frac{15,45 m}{4 m} = 3,86 m$$

Y también se cumple la relación:  $5 < \frac{L}{H} < 20$

$$\frac{L}{H} = \frac{15,45 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 15,45 \text{ m}$$

- c) Una vez que se cumplen las relaciones de forma del sedimentador podemos calcular la velocidad de paso con la siguiente ecuación:

$$Vp = \frac{100 * Q}{B * H}$$

Resolviendo tenemos:

$$Vp = \frac{100 * 0,00433 \frac{m^3}{seg}}{4 \text{ m} * 1 \text{ m}} = \frac{0,433 \frac{m^3}{seg}}{4 \text{ m}^2} = 0,11 \frac{m}{seg}$$

Es decir que obtenemos una velocidad de paso:

$$Vp = 0,11 \frac{m}{seg}$$

- d) A continuación obtenemos el tiempo de retención mediante la ecuación:

$$T_0 = \frac{\text{Volumen}}{\text{Caudal}} = \frac{61,8 \text{ m}^3}{0,00433 \frac{m^3}{seg}} = 14272,52 \text{ segundos}$$

Es decir que el tiempo de retención es:

$$T_0 = 14272,52 \text{ segundos} = 3,97 \text{ horas}$$

- e) El fondo del sedimentador tendrá una pendiente del 10% para poder evacuar los lodos con la finalidad de limpiar el sedimentador. De esta manera la altura máxima se obtiene mediante la ecuación.

$$H_M = H + (0,1 * L_2)$$

Resolviendo se obtiene:

$$H_M = 1 \text{ m} + (0,1 * 15,45 \text{ m}) = 1 \text{ m} + 1,54 \text{ m} = 2,54 \text{ m}$$

Entonces la altura máxima es:

$$H_M = 2,22 \text{ m}$$

- f) Por ultimo falta hacer el cálculo para conocer cuál será la lámina de agua de salida del vertedero que lo obtenemos con la siguiente ecuación:

$$H_2 = \left( \frac{Q}{1,84 * B} \right)^{2/3}$$

Resolviendo tenemos:

$$H_2 = \left( \frac{0,00433 \frac{m^3}{seg}}{1,84 * 4 m} \right)^{2/3}$$

$$H_2 = \left( \frac{0,00433 \frac{m^3}{seg}}{7,36m} \right)^{2/3} = \left( 0,00058 \frac{m^2}{seg} \right)^{2/3}$$

$$= \sqrt[3]{\left( 0,00058 \frac{m^2}{seg} \right)^2} = \sqrt[3]{0,00000034 \frac{m^4}{seg^2}} =$$

$$= 0,0069 \sqrt[3]{\frac{m \cdot m^3}{seg^2}} = 0,0069 m \sqrt[3]{\frac{m}{seg^2}}$$

La unidad o ecuación:  $\sqrt[3]{\frac{m}{seg^2}}$  desaparece por la constante 1,84 que es un condicionamiento para dicho caso.

Obteniendo un resultado para la lámina de agua de salida de:

$$H_2 = 0,0069 m$$

Con este valor, hemos terminado los cálculos para la caja del sedimentador, faltando el estudio de la pantalla difusora. Las dimensiones finales del sedimentador son:

$$B = 4 m$$

$$L_{total} = 15,45 m$$

$$H = 1 m$$

- g) A continuación se procede a calcular los orificios de la pantalla difusora que va a obligar al agua a moverse por la caja del sedimentador con flujo de pistón. La pantalla debe ubicarse a 0,7 m de la entrada de agua en el sedimentador y está compuesta por un número de orificios que cumplen que el área total de todos ellos cumple la ecuación siguiente:

$$A_0 = \frac{Q}{V_p}$$

Donde  $V_p$  es la velocidad de paso mismo que se encuentra en la ecuación del literal c, por tanto primero tenemos:

$$V_p = 0,011 \frac{m}{seg}$$

Ya con la velocidad de paso, resolvemos la ecuación de  $A_0$  y obtenemos un valor de:

$$A_0 = \frac{0,00433 \frac{m^3}{seg}}{0,11 \frac{m}{seg}}$$

$$A_0 = 0,039 m^2$$

- h) El paso siguiente es adoptar un supuesto diámetro de orificio,  $d_0 = 0,022$  m en este caso y se determina el área de cada orificio que da como resultado  $a_0 = 0,00039$  m. Con estos datos podemos obtener el número de orificios de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$n = \frac{A_0}{a_0}$$

$$n = \frac{0,039 m^2}{0,00039 m} = 100$$

Entonces el número de orificios es:

$$n = 100$$

Después se determina la porción de altura de la pantalla difusora con orificios mediante la ecuación:  $h = H - \frac{2}{5} * H$  obteniendo un valor de: 0,6 m.

- i) Ya conociendo la parte que van a ocupar los orificios en la pantalla difusora y el número de orificios solo nos queda ubicarlos homogéneamente en esta zona. De forma que tenemos que asumir el número de filas y columnas que habrán en la pantalla.

Numero de filas  $n_f = 4$  y numero de columnas  $n_c = 25$ . Mediante las siguientes ecuaciones, tenemos:

$$a_1 = \frac{h}{n_f} = \frac{0,6 \text{ m}}{4} = 0,15\text{m}$$

$$a_2 = \frac{B - a_1 * (n_c - 1)}{2} = \frac{4 \text{ m} - 0,15\text{m} * (25 - 1)}{2} = 0,20\text{m}$$

Llegando a la conclusión que debe haber un espaciamiento:

$$\textit{entre filas de } a_1 = 0,15\text{m}$$

$$\textit{entre columnas de } a_2 = 0,20\text{m}$$

## **3.2. Conclusiones y Recomendaciones**

### ***3.2.1. Conclusiones***

En la presente investigación teniendo en cuenta los objetivos planteados se llegó a las siguientes conclusiones:

- Mediante los análisis de laboratorio realizado se determinó la calidad del agua del Sistema Regional Guayama en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, mismos que se encuentran dentro de los límites permisibles a excepción de los parámetros microbiológicos.
- De acuerdo a la Norma NTE INEN 1108 correspondiente a los requisitos establecidos para agua de consumo humano, los parámetros microbiológicos, específicamente coliformes totales están con un índice elevado de 4,6 NMP/100 ml en el Tanque de recolección de la comunidad Guayama Sampedro.
- El diseño de la planta de tratamiento se enfocó en realizar el cálculo de cloración para la dosificación de hipoclorito de sodio para un dispositivo de inyección de una solución clorada con bomba dosificadora.
- La cantidad de caudal de la bomba dosificadora calculada es de 0,15 litros por hora.
- En épocas de lluvias, según conocimientos de la gente de la zona, el agua se vuelve turbia y lodosa, significa que el contenido de los sólidos suspendidos aumentan y para lo cual se diseñó un sedimentador.

### ***3.2.2. Recomendaciones***

- La calidad del agua es un factor importante por tanto se recomienda implementar el dispositivo de inyección de una solución clorada con bomba dosificadora para reducir el índice de coliformes totales.
- Al implementar la cloración, se recomienda también realizar un análisis de agua sobre parámetros microbiológicos, en laboratorio para comparar con los resultados de esta investigación.
- Se recomienda considerar la implementación del sedimentador para reducir los sólidos suspendidos en épocas de lluvias.
- Cuando se implemente la cloración, se recomienda dar mantenimiento según requiera la bomba dosificadora.
- Se recomienda realizar análisis de agua semestralmente para comprobar la calidad del mismo.
- Se recomienda prohibir el pastoreo de animales dentro del área de protección de las vertientes.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **LIBROS**

1. FORO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (2002), Cuarto encuentro nacional. Pág. 275. Quito – Ecuador.
2. GARCÍA, Dennis, (2007). El agua: patrimonio y derecho. Pág. 50 – 56, segunda edición 2007, impreso en Imprimax Ecuador.
3. CAMAREN (2009), Gestión integrada del agua: conceptos y políticas. Pág. 107. Quito – Ecuador.
4. EMBID, Antonio, (2012). Agua y Ciudades. Primera Edición.
5. ZAPATTA, Alex (2008), Una aproximación a los conflictos del agua. Pág. 20. Quito – Ecuador.
6. Ley de orgánica de los recurso hídricos uso y aprovechamiento del agua
7. FORO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (2002), Primer encuentro nacional. Pág. 274 – 282. Quito – Ecuador.
8. FORO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (2002), Tercer encuentro nacional. Pág. 122 – 123. Quito – Ecuador.

### **TESIS**

1. CASTRO, Juan. Diseño de una propuesta de tratamiento y purificación del agua de consumo humano en el centro de experimentación y producción Salache (Ceypsa) de la Universidad Técnica de Cotopaxi., 2011. Tesis de grado presentada en la Universidad Técnica de Cotopaxi previo la obtención del título de Ingeniero En Medio Ambiente.



## LEGISLACIÓN

1. Constitución de la República del Ecuador (2008).
2. Norma INEN, Agua Potable.
3. Ley Orgánica de Recursos Hídricos
4. Ley Orgánica de Salud

## PAGINAS WEB

*Agua y más cosas.* (09 de 2011). Obtenido de

<http://aguaymascosas.blogspot.com/2011/09/caracteristicas-del-agua.html>

Antonio Madrid, V. (2012). *Manual del Agua. Ciencia, Tecnología y Legislación.*  
Madrid: A. Madrid Vicente.

*aquaquimi.* (03 de febrero de 2012). Obtenido de

[http://www.aquaquimi.com/Paginas/Trat\\_agua\\_pot/Desinfeccion%20agua/agua%20potable%20cloro.html](http://www.aquaquimi.com/Paginas/Trat_agua_pot/Desinfeccion%20agua/agua%20potable%20cloro.html)

*clubensayos.com.* (27 de 01 de 2012). Obtenido de

<http://clubensayos.com/Ciencia/La-Importancia-Del-Agua/1521829.html>

*Ecco Hands.* (03 de 04 de 2013). Obtenido de <http://eccohands.jimdo.com/eco-programas/zona-verde/agua-fuente-de-vida/>

*Ecolisima.* (04 de 11 de 2012). *Ecolisima: Economía - Medio Ambiente.* Obtenido de <http://ecolisima.com/la-contaminacion-del-agua/#more-321>

*EcuRed.* (24 de 04 de 2013). Obtenido de

[http://www.ecured.cu/index.php/Agua\\_potable](http://www.ecured.cu/index.php/Agua_potable)

*EPAA*. (16 de 03 de 2010). Obtenido de <http://www.epaa.gob.ec/agua-potable/>

García, D. (2007). *El Agua: Patrimonio y Derecho*. Ecuador: Imprimax.

García, D. (2007). *El Agua: Patrimonio y Derecho*. Ecuador: Imprimax.

García, D. (2007). *El Agua: Patrimonio y Derecho*. Ecuador: Imprimax.

*Grupo Agua - RPP*. (27 de 08 de 2013). Obtenido de

<http://radio.rpp.com.pe/cuidaelagua/agua-tratada-agua-no-tratada/>

*Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado*.

(03 de 09 de 2000). Obtenido de

<http://platea.pntic.mec.es/~iali/personal/agua/agua/propieda.htm>

*JM Plase Agua*. (15 de 02 de 2013). Obtenido de

[http://www.plaseges.com/control\\_sanitario.htm](http://www.plaseges.com/control_sanitario.htm)

*OMS*. (14 de 05 de 2010). Obtenido de

[http://www.paho.org/per/index.php?option=com\\_content&view=category  
&id=853&layout=blog&Itemid=631](http://www.paho.org/per/index.php?option=com_content&view=category&id=853&layout=blog&Itemid=631)

*purificadorah2o*. (23 de 09 de 2010). Obtenido de

[http://purificadorah2o.blogspot.com/2010\\_09\\_01\\_archive.html](http://purificadorah2o.blogspot.com/2010_09_01_archive.html)

# ANEXOS

**Anexo 1. VERTIENTE PRINCIPAL VERDE TORO**



**Anexo 2. TANQUE DE RECOLECCIÓN DE LA COMUNIDAD GUAYAMA SAMPEDRO.**



**Anexo 3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.**



**Anexo 4. TOMA DE MUESTRAS.**



## Anexo 5. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-33580  
ORDEN DE TRABAJO No 43365

SOLICITADO POR:	CONSORCIO MCCH-CESA
DIRECCIÓN:	PANAMERICANA NORTE Y PRINCIPAL
FECHA DE RECEPCION:	07/01/14
HORA DE RECEPCION:	11H47
MUESTRA DE:	AGUA DE CONSUMO HUMANO
DESCRIPCION:	VERTIENTE VERDE TORO
FECHA DE ANALISIS:	DEL 07/01 AL 29/01/14
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA	29/01/14
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS:	TRANSPARENTE
ESTADO:	LIQUIDO
CONTENIDO:	3 LITROS
MUESTREADO POR:	CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregada al personal técnico del OSP.

### INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
CALCIO	mg/l	14.5	MAM-05/APHA 3500 Ca B MODIFICADO
COLOR	HAZEN	<8	MAM-76/METODO RAPIDO MERCK
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	<5	MAM-38/APHA 5210 B MODIFICADO
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	<8	MAM-23/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
DUREZA TOTAL	mgCaCO <sub>3</sub> /l	56	MAM-13/APHA 2340 C MODIFICADO
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> )	mg/l	<0.1	MAM-17/APHA 4500 PC y/o E MODIFICADO
MAGNESIO	mg/l	4.9	MAM-19/APHA 3500 Mg- B MODIFICADO
NITRATOS(N-NO <sub>3</sub> )	mg/l	4.1	MAM-43 / APHA 4500-NO3-MODIFICADO
NITRITOS(N-NO <sub>2</sub> )	mg/l	0.013	MAM-81/COLORIMETRICO HACH 375
pH	----	6.3	MAM-34/APHA 4500-pH + MODIFICADO
SOLIDOS TOTALES	mg/l	179	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO
TURBIDEZ	UNT	<4	MAM-78/METODO RAPIDO MERCK
CONDUCTIVIDAD	us/cm	179.4	MAM-10/APHA 2510 B MODIFICADO
OXIGENO DISUELTO	mg/l	5.1	MAM-22/APHA 4500 O C MODIFICADO
TEMPERATURA	°C	18.1	MAM-33/APHA 2550 B MODIFICADO



LABORATORIO DE ENSAYOS  
N° OAE LE 10 04-002

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



Quim. Christian Paredes  
JEFE AREA DE QUIMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES

1 1/1

RAM-4.1-04





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-33581  
ORDEN DE TRABAJO No 43365

SOLICITADO POR: CONSORCIO MCCH-CESA  
DIRECCIÓN: PANAMERICANA NORTE Y PRINCIPAL  
FECHA DE RECEPCION: 07/01/14  
HORA DE RECEPCION: 11H47  
MUESTRA DE: AGUA DE CONSUMO HUMANO  
DESCRIPCION: TANQUE DE RECOLECCION DE GUAYANA SAMPEDRO  
FECHA DE ANALISIS: DEL 07/01 AL 29/01/14  
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA: 29/01/14  
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS: TRANSPARENTE  
ESTADO: LIQUIDO  
CONTENIDO: 3 LITROS  
MUESTREADO POR: CLIENTE  
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregada al personal técnico del OSP.

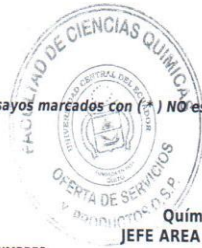
INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
CALCIO	mg/l	14.6	MAM-05/APHA 3500 Ca B MODIFICADO
COLOR	HAZEN	<8	MAM-76/METODO RAPIDO MERCK
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	<5	MAM-38/APHA 5210 B MODIFICADO
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	<8	MAM-23A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
DUREZA TOTAL	mgCaCO <sub>3</sub> /l	56	MAM-13/APHA 2340 C MODIFICADO
FOSFATOS (P-PO4)	mg/l	<0.1	MAM-17/APHA 4500 PC y/o E MODIFICADO
MAGNESIO	mg/l	4.6	MAM-19/APHA 3500 Mg- B MODIFICADO
NITRATOS(N-NO3)	mg/l	3.9	MAM-43 / APHA 4500-NO3-MODIFICADO
NITRITOS(N-NO2)	mg/l	<0.010	MAM-81/COLORIMETRICO HACH 375
pH	----	6.4	MAM-34/APHA 4500-pH + MODIFICADO
SOLIDOS TOTALES	mg/l	185	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO
TURBIDEZ	UNT	<4	MAM-78/METODO RAPIDO MERCK
CONDUCTIVIDAD	us/cm	179.5	MAM-10/APHA 2510 B MODIFICADO
OXIGENO DISUELTO	mg/l	5.7	MAM-22/APHA 4500 O C MODIFICADO
TEMPERATURA	°C	18.1	MAM-33/APHA 2550 B MODIFICADO



LABORATORIO DE ENSAYOS  
N° OAE LE 1C 04-002

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



Quím. Christian Paredes  
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES

2 1/1

RAM-4.1-04







UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-33582  
ORDEN DE TRABAJO No 43365

SOLICITADO POR: CONSORCIO MCCH-CESA  
DIRECCIÓN: PANAMERICANA NORTE Y PRINCIPAL  
FECHA DE RECEPCION: 07/01/14  
HORA DE RECEPCION: 11H47  
MUESTRA DE: AGUA DE CONSUMO HUMANO  
DESCRIPCION: JOSE LINO ANTE  
FECHA DE ANALISIS: DEL 07/01 AL 29/01/14  
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA: 29/01/14  
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS: TRANSPARENTE  
ESTADO: LIQUIDO  
CONTENIDO: 3 LITROS  
MUESTREADO POR: CLIENTE  
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregada al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO
CALCIO	mg/l	13.7	MAM-05/APHA 3500 Ca B MODIFICADO
COLOR	HAZEN	<8	MAM-76/METODO RAPIDO MERCK
DBO <sub>5</sub>	mgO2/l	<5	MAM-38/APHA 5210 B MODIFICADO
DQO	mgO2/l	<8	MAM-23A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
DUREZA TOTAL	mgCaCO3/l	56	MAM-13/APHA 2340 C MODIFICADO
FOSFATOS (P-PO4)	mg/l	<0.1	MAM-17/APHA 4500 PC y/o E MODIFICADO
MAGNESIO	mg/l	5.4	MAM-19/APHA 3500 Mg- B MODIFICADO
NITRATOS(N-NO3)	mg/l	3.9	MAM-43 / APHA 4500-NO3-MODIFICADO
NITRITOS(N-NO2)	mg/l	<0.010	MAM-81/COLORIMETRICO HACH 375
pH	----	6.2	MAM-34/APHA 4500-pH + MODIFICADO
SOLIDOS TOTALES	mg/l	181	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO
TURBIDEZ	UNT	<4	MAM-78/METODO RAPIDO MERCK
CONDUCTIVIDAD	us/cm	179.5	MAM-10/APHA 2510 B MODIFICADO
OXIGENO DISUELTO	mg/l	5.1	MAM-22/APHA 4500 O C MODIFICADO
TEMPERATURA	°C	18.1	MAM-33/APHA 2550 B MODIFICADO



LABORATORIO DE  
ENSAYOS  
N° OAE LE 10 04-002

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



Quím. Christian Paredes  
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES

3 /11

RAM-4.1-04





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
 OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS  
 LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA  
 INFORME DE RESULTADOS

INF.LAB.MI.29016  
 ORDEN DE TRABAJO No. 43364

SOLICITADO POR:	CONSORCIO MCCH-CESA
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	PANAMERICANA NORTE Y PRINCIPAL
MUESTRA DE:	AGUA DE CONSUMO HUMANO
DESCRIPCIÓN:	AGUA VERTIENTE VERDE TORO
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACION:	-----
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCION:	07/01/2014
HORA DE RECEPCION:	11H47
FECHA DE ANALISIS:	08/01/2014
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	13/01/2014
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	CARACTERÍSTICO
OLOR:	CARACTERÍSTICO
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO DECLARADO:	100ml
CONTENIDO ENCONTRADO:	-----
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
INDICE DE COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	<1.1	MMI-11/SM 9221-B
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	<1.1	MMI-12/SM 9221-E

DATOS ADICIONALES:  
 NMP/100ml: Número mas probable de coliformes por 100 mililitros



LABORATORIO DE ENSAYOS

N° OAE LE 10 04-002 "Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



B.F. Magaly Chasi  
 JEFE ÁREA DE MICROBIOLOGIA



1 / 1

RMI-4.1-04



Dirección: Francisco Viteri e Ina y Gilberto Cotto Salazar Teléfonos: 0509 050 4 000 455 1 45 10 01 01 01



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
 OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS  
 LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA  
 INFORME DE RESULTADOS

INF.LAB.MI.29017  
 ORDEN DE TRABAJO No. 43364

SOLICITADO POR: CONSORCIO MCCH-CESA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE: PANAMERICANA NORTE Y PRINCIPAL  
 MUESTRA DE: AGUA DE CONSUMO HUMANO  
 DESCRIPCION: AGUA TANQUE DE RECOLECCION DE GUAYAMA  
 SAMPEDRO  
 LOTE: -----  
 FECHA DE ELABORACION: -----  
 FECHA DE VENCIMIENTO: -----  
 FECHA DE RECEPCION: 07/01/2014  
 HORA DE RECEPCION: 11H47  
 FECHA DE ANALISIS: 08/01/2014  
 FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS  
 A LA SECRETARIA: 13/01/2014  
 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA  
 COLOR: CARACTERÍSTICO  
 OLOR: CARACTERÍSTICO  
 ESTADO: LÍQUIDO  
 CONTENIDO DECLARADO: 100ml  
 CONTENIDO ENCONTRADO: -----  
 OBSERVACIONES: LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL  
 PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA  
 MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.  
 MUESTREADO POR: EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
INDICE DE COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	4.5	MMI-11/SM 9221-B
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	<1.1	MMI-12/SM 9221-E

DATOS ADICIONALES:  
 NMP/100ml: Número mas probable de coliformes por 100 mililitros



LABORATORIO DE  
 ENSAYOS

N° OAE LE 10 04-002 "Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



B.F. Magaly Chasi  
 JEFE ÁREA DE MICROBIOLOGIA



2 / 1

RMI-4.1-04





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
 OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS  
 LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA  
 INFORME DE RESULTADOS

INF.LAB.MI.29018  
 ORDEN DE TRABAJO No. 43364

SOLICITADO POR: CONSORCIO MCCH-CESA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE: PANAMERICANA NORTE Y PRINCIPAL  
 MUESTRA DE: AGUA DE CONSUMO HUMANO  
 DESCRIPCION: AGUA JOSELINO ANTE  
 LOTE: -----  
 FECHA DE ELABORACION: -----  
 FECHA DE VENCIMIENTO: -----  
 FECHA DE RECEPCION: 07/01/2014  
 HORA DE RECEPCION: 11H47  
 FECHA DE ANALISIS: 08/01/2014  
 FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA: 13/01/2014  
 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA  
 COLOR: CARACTERÍSTICO  
 OLOR: CARACTERÍSTICO  
 ESTADO: LÍQUIDO  
 CONTENIDO DECLARADO: 100ml  
 CONTENIDO ENCONTRADO: -----  
 OBSERVACIONES: LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.  
 MUESTREADO POR: EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
INDICE DE COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	6.8	MMI-11/SM 9221-B
INDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	<1.1	MMI-12/SM 9221-E

DATOS ADICIONALES:  
 NMP/100ml: Número mas probable de coliformes por 100 mililitros



LABORATORIO DE ENSAYOS  
 N° OAE LE 10 04-002

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



B.F. Magaly Chasi  
 JEFE ÁREA DE MICROBIOLOGIA



3 1/1

RMI-4.1-04



**Anexo 6. PLANOS DEL SEDIMENTADOR.**