



**ESCUELA**

**SUPERIOR**

**POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN ALAUSÍ”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**CRISTIAN PAUL CASCO VALLEJO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2013**

## **AGRADECIMIENTO**

- ✓ *Inicialmente agradezco a Dios por brindarme toda la sabiduría para lograr todas mis metas propuestas y superar las dificultades que se me presentaron en la vida cotidiana.*
  
- ✓ *A mi madre, mis abuelitos y mis tíos por apoyarme en todos mis aspiraciones e inculcarme todas las cosas buenas que llevo dentro porque han sido como mis padres en toda mi vida que llevo.*
  
- ✓ *A mi director de tesis Ing. Cesar Ávalos quienes con su experiencia me apoyaron en el desarrollo de la tesis pero antes de todo me enseñó a ser una mejor persona.*
  
- ✓ *A todos mis amigos con los cuales hemos compartido demasiadas cosas en toda la vida estudiantil les agradezco por siempre estar presentes en todo momento.*
  
- ✓ *Al Municipio del Cantón Alausí, en especial al área de Obras Publicas por auspiciarme con el tema de investigación.*

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Dr.  
Álvarez

Silvio

-----

-----

**DECANO**  
**CIENCIAS**

**FAC.**

-----

-----

-----

-----

Ing. Mario Villacrés

**DIRECTOR DE ESCUELA**

-----

-----

Ing. Cesar Ávalos

**DIRECTOR DE TESIS**

-----

-----

Ing. Aída Granja

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

-----

-----

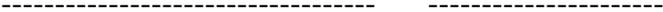
Sr, Carlos Rodríguez

**DIRECTOR DEL CENTRO**  
**DE DOCUMENTACION**

-----

-----

NOTA DE LA TESIS



## **DEDICATORIA**

*Con mucha gratitud dedico este trabajo a mi familia en especial a mi madre Carmen y a mis abuelitos Eduardo y Yolanda quienes me brindaron todo el apoyo incondicional para seguir adelante en la carrera y sobre todas las cosas ser mejor cada día de mi vida y también dedico este proyecto a una personita muy querida que siempre me cuida desde los cielos.*

*“Yo, Cristian Paúl Casco Vallejo soy responsable de la ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”*

-----  
**CRISTIAN PAUL CASCO VALLEJO**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Ø	Ø = diámetro
A	Área Superficial
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Sulfato de Aluminio
cm	Centímetros
C <sub>1</sub>	Concentración de la solución conocida
C <sub>2</sub>	Concentración de la solución desconocida
C	Concentración de hipoclorito (mg/L)
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
d	Profundidad
DCL	Dosis de Cloro
D <sub>Cl</sub>	Dosis de cloro por día necesaria para la desinfección (ml/min)
ETAP	Estaciones de Tratamiento de Agua Potable
EDTA	Etielendiaminatetraacetato
FeSO <sub>4</sub>	Sulfato Ferroso

Hf	Perdidas máxima por carga admisible.
Hs	Altura de seguridad
m	Metros
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
mg	Miligramos
ml	Mililitros
M	Concentración molar
N	Concentración normal
N/No	Número de unidades por muestra
L	Litros
OD	Oxígeno disuelto
ppm	Partes por millón
Q <sub>ent</sub>	Caudal de entrada al tanque de cloración (L/ d)
Q <sub>Diseño</sub>	Cauda de diseño (m <sup>3</sup> / h)
r	radio
s	Segundos

S	Sedimentos
t	Tiempo de contacto (s)
Tc	Tiempo de contacto del agua tratada con la dosis de cloro (h)
$\mu\text{s}$	Microsiems
$V_{\text{H}_2\text{O}}$	Volumen de agua
$V_1$	Volumen de la solución conocida
$V_2$	Volumen de la solución desconocida
$V_T$	Volumen del tanque de cloración (m <sup>3</sup> )
$W_{\text{Cl}}$	Peso del cloro
$W_T$	Peso del hipoclorito de calcio
$X_i$	Fracción molar

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## Contenido

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	v
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	i
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
SUMARY .....	xii
RESUMEN .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xiv
ANTECEDENTES .....	xvi
JUSTIFICACIÓN .....	xviii
1. MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. AGUA POTABLE .....	1
1.1.1. Las funciones del agua.....	2
2. PARTE EXPERIMENTAL .....	43
2.1. MUESTREO .....	43
2.1.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	43
2.1.2. MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	43
2.1.3. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN. ....	43
2.1.4. PLAN DE TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	44
2.2. METODOLOGÍA .....	44
2.2.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	45
2.2.2. TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS .....	45

2.2.3.	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS UTILIZADOS .....	45
2.2.4.	MÉTODOS Y TÉCNICAS .....	47
2.3.	DATOS EXPERIMENTALES .....	66
2.3.1.	DIAGNÓSTICO .....	66
2.3.2.	DATOS .....	68
3.	LINEA DE INVESTIGACIÓN .....	74
3.1.	CÁLCULOS .....	74
3.1.1.	Rejillas .....	74
3.1.2.	Sedimentador .....	77
3.1.3.	Pre cloración .....	85
3.1.4.	Determinación de la cantidad de cloro. ....	86
3.1.5.	Dosificación de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ .....	87
3.1.6.	Reducción de Coliformes.....	87
3.1.7.	Reservorio de hipoclorito de calcio en solución.....	88
3.2.	RESULTADOS .....	88
3.2.1	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL CAUDAL .....	88
3.2.2	Resultados del Sedimentador.....	92
3.2.3	Resultados de la pruebas de tratabilidad.....	93
3.2.3	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA TRATADA. ....	95
3.3	PROPUESTA .....	95
3.3.1	Sistema de captación.....	95
3.3.2	Floculación.....	96
3.3.3	Pre cloración .....	96
3.3.4	Esquema de la optimación de la planta.....	98
3.4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	99
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	101
4.1.	CONCLUSIONES .....	101
4.2.	RECOMENDACIONES .....	104
	BIBLIOGRAFIA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Aireadores Típicos De Bandejas
FIGURA 2	Sedimentadores horizontales
FIGURA 3	Filtro rápido de arena
FIGURA 4	Difusor Para Canal Abierto
FIGURA 5	Esquema de la planta de agua potable
FIGURA 6	Zonas hipotéticas en un tanque de sedimentación rectangular.

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Elementos que se encuentran en el agua natural
TABLA 2	Medidas típicas del canal de rejillas de un sistema de limpieza manual
TABLA 3	Parámetros para el dimensionamiento de rejillas
TABLA 4	Valores de carga superficial de sedimentación convencionales)
TABLA 5	Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones.
TABLA 6	Valores de las constantes empíricas
TABLA 7	Parámetros de Diseño de Paletas
TABLA 8	Valores de CD
TABLA 9	Plan de muestreo
TABLA 10	Descripción de los métodos de análisis
TABLA 11	Método hach*, Color
TABLA 12	Standard Methods* 4500-hb Potencial de Hidrógeno
TABLA 13	Standard Methods* 2510, Conductividad

TABLA 14	Standard Methods* 2510, Turbiedad
TABLA 15	Standard Methods, Cloruros
TABLA 16	Standard Methods* 2340 c, Dureza
TABLA 17	Standard Methods, Calcio
TABLA 18	Standard Methods*, Sulfatos
TABLA 19	Método Hach* 2510, Amonios
TABLA 20	Método Hach*, Nitritos
TABLA 21	Método Hach*, Nitratos
TABLA 22	Método Hach* 2510, Hierro
TABLA 23	Método Hach* 2510, Fosfatos
TABLA 24	Standard Methods*, Sólidos Totales
TABLA 25	Método Hach* 2540, Sólidos Disueltos
TABLA 26	Caracterización Física-Química del agua de captación de la planta de agua potable del cantón Alausí
TABLA 27	Caracterización Microbiológica del agua de captación de la planta de agua potable del cantón Alausí

TABLA 28	Caracterización Física-Química del agua tratada de la planta de agua potable del cantón Alausí
TABLA 29	Caracterización Microbiológica del agua tratada de la planta de agua potable del cantón Alausí
TABLA 30	Prueba de jarras para el agua de captación.
TABLA 31	Resultados diarios de la medición del caudal.
TABLA 32	Resultado del sedimentador
TABLA 33	Disminución de la turbiedad
TABLA 34	Variación de la conductividad
TABLA 35	Color
TABLA 36	Análisis Físico Químico Final
TABLA 37	Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Disminución de la turbiedad
GRÁFICO 2	Variación de la Conductividad
GRÁFICO 3	Variación del color

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Medición del caudal
ANEXO B	Planta actual
ANEXO C	Vista satelital de la planta actual
ANEXO D	Optimización del sistema de captación
ANEXO E	Vista satelital de la planta optimizada.
ANEXO F	Plano de la planta de agua potable
ANEXO G	Caracterización inicial del agua
ANEXO H	Caracterización final del agua potable.
ANEXO I	Caracterización microbiológica inicial del agua
ANEXO J	Caracterización microbiológica final del agua potable

## SUMMARY

We performed the optimization of the Drinking Water Plant Alausí Canton, in order to improve the quality of life of its population, with obtaining quality water that meets current regulations.

To develop this research we performed a compose sampling for this characterization. The analysis of training and drinking water was conducted in the laboratory of Technical Analysis, Faculty of Sciences at ESPOCH. These catchment water analyses determined that conform fecal, total coliform, hardness, nitrites and phosphates are outside of the current regulations in the country.

With the determination of the maximum flow of 30.8 L/s, was determine that we need flow meters in water catchment system, flocculation tank 1 m<sup>3</sup>, pre chlorination tank 1m<sup>3</sup>, 4 sediments of 204,38 m<sup>3</sup> in order to remove 66.62 % of the total suspended solids in each sedimentation and finally a chlorinator process output to 1 m<sup>3</sup>.

This new optimization proposal for water purification will ensure quality drinking water according to the standard RTE INEN 1108 and APHA.

## **RESUMEN**

Se realizó la Optimización de la Planta de Agua Potable del Cantón Alausí, con el fin de mejorar la calidad de vida de su población, con la obtención de un agua de calidad que cumpla con la normativa vigente.

Para desarrollar esta investigación se realizó un muestreo compuesto para su caracterización. Los análisis del agua de captación y potable se efectuó en el laboratorio de Análisis Técnico, de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Estos análisis del agua de captación determinaron que coliformes fecales, coliformes totales, dureza, nitritos y fosfatos se encuentran fuera de la normativa vigente en el país.

Con la determinación del caudal máximo de 30,8 L/s, se determinó que se necesita medidores de caudal en el sistema de captación del agua, un tanque de floculación de 1 m<sup>3</sup>, un tanque para pre cloración de 1m<sup>3</sup>, 4 sedimentadores de 204,38 m<sup>3</sup> con la finalidad de remover el 66,62% de los sólidos totales suspendidos en cada sedimentador y finalmente un dosificador de cloro a la salida del proceso de 1 m<sup>3</sup>.

Esta nueva propuesta de optimización para la potabilización del agua, garantizará agua potable de calidad conforme la norma RTE INEN 1108 y APHA.

## INTRODUCCIÓN

La Ciudad de Alausí perteneciente a la provincia de Chimborazo, está en constante crecimiento dedicada a la actividad agropecuaria, tiene una superficie de 1707 km<sup>2</sup> con 44089 habitantes los cuales 6330 habitantes existen en la cabecera urbana de Alausí y 37759 habitantes viven en el sector rural. La temperatura promedio es de 14 a 15 °C. El suministro de agua para la población es uno de los más importantes ya que de una buena calidad de agua depende la salud de los pobladores.

La planta de tratamiento de agua potable se encuentra ubicada en el Barrio el Castillo que dota de este preciado recurso a todos sus habitantes, el agua que se potabiliza es agua de vertiente que proviene de la vertiente del Gampala, Tixán y Aipud, que se dirige al interior de la planta mediante tubería de PVC, ya en el interior de la Planta de Tratamiento hay un cajón de recepción, un aireador, cuatro sedimentadores, cuatro filtros de arena, un tanque de cloración de hipoclorito de calcio donde se suministra el cloro activo y de cuatro tanques de almacenamiento del agua potable.

El caudal máximo de 10,47 L/s se lo lleva directo al proceso de cloración y un caudal de 19,28 L/s se trata en todo el proceso de la planta que luego del proceso de cloración es llevado a los tanques de almacenamiento y enviado a la población por fuerza de la gravedad.

El caudal total oscila entre los 25L/s que se distribuyen a toda la población que cuenta con el servicio.

La optimización del sistema de tratamiento del agua potable pretende implementar nuevas estructuras y dosificaciones para realizar un mejor proceso de potabilización; de este modo se garantiza a la población un suministro adecuado para el consumo cumpliendo la norma técnica de calidad NTE INEN 1 108:2011 Cuarta Revisión Agua Potable Requisitos.

## ANTECEDENTES

Alausí es un Cantón de la Provincia de Chimborazo en el Ecuador. Se sitúa en una altitud promedio de 2.340 msnm. La cota más baja del cantón es de 1.225 msnm, en la parroquia Huigra y la mayor se encuentra a 3.340 metros sobre el nivel del mar en Achupallas. Tiene una superficie: de 1.707 km<sup>2</sup>.

La temperatura media es de 14 a 15 °C. Alausí se encuentra a 97 km al sur de Riobamba, en un pequeño valle al pie del cerro Gampala, en la depresión en la que se sitúa el Río Chanchán

Fue fundada el 29 de junio de 1534 y se considera fue la primera población en la Real Audiencia de Quito. La llegada del ferrocarril el 8 de septiembre de 1902 constituyó una prometedora realidad para el desarrollo urbano, arquitectónico y social de Alausí.

Algunos parámetros significativos de los servicios existentes en el cantón son:

- Agua potable las vivienda: 23%,
- Energía eléctrica 79,7%,
- Servicio telefónico 10,53%

Se creó la planta de tratamiento de agua potable a inicios del año 1983 la misma que está ubicada en el barrio el Castillo de la ciudad de Alausí, tiene una captación de agua de 15 – 20 L/s.

En general los tratamientos para el agua potable se han realizado en todo el Ecuador ya que es un factor muy importante para la vida de sus pobladores, otros estudios más

importantes se han realizado en la ESPOCH como: optimización de plantas de agua potable, optimización de plantas de tratamiento de aguas residuales, diseños de plantas de aguas residuales que han ayudado a mejorar la calidad de vida de poblaciones como: Mocha, Tunshi, Chunchi entre otras.

En general las condiciones de la planta de tratamiento no son buenas debido a los siguientes problemas:

- Tres de los cuatro sedimentadores colapsaron.
- Variación del caudal a la entrada de la planta.
- Los filtros de arena que se saturan por muchos solidos presentes en el agua debido a derrumbes provenientes en las vertientes.
- Dosificación inadecuada con cloro granular.

## JUSTIFICACIÓN

La situación actual de la calidad del agua potable en el Cantón Alausí que es suministrada a sus habitantes está por debajo de la calidad óptima que debe estar para su consumo, esto se debe a que no hay un control continuo en la correcta dosificación de cloro que se lo realiza de acuerdo al criterio del operador con cloro granular en altas concentraciones que no son las más adecuadas para este proceso.

El cantón Alausí cuenta con una planta de potabilización de agua, ubicada en el sector del barrio el Castillo, aquí la dosificación del cloro, no tiene ningún tipo de control, se lo hace según la experiencia de los operadores que constituye un problema técnico que no se basa en un análisis adecuado para la dosificación del mismo en el agua la cual su caudal varía en gran medida día tras día, también se debe considerar la falta de capacitación del personal para la manipulación, control de la planta y dosificación del cloro, aquí se hace evidente la problemática que se presenta y todos los impactos ambientales que se ven implícitos en ella.

La salud de la localidad por tanto es muy susceptible y evidencia en casi todos los niveles los problemas que conlleva el consumo de un agua que no cumple con los parámetros de calidad, por lo que la mayoría de sus habitantes está inconforme con este servicio que está afectando su salud como es resequeidad en la piel y disentería que son las enfermedades más evidenciadas en la población.

Finalmente vale considerar que las acciones relacionadas con la preservación de salud de sus pobladores y del ambiente no son un gasto, son medidas que debemos tomar con

gran responsabilidad y perseverancia con el objetivo de procurar un medio sano para el desarrollo adecuado de los habitantes, para de esta manera alcanzar y mantener una buena calidad de vida. Por tanto el gobierno municipal del Cantón Alausí, con el fin de mejorar el nivel de vida de sus pobladores y la calidad de agua de consumo ha priorizado optimizar su planta de tratamiento de agua potable, patrocinando el proyecto de la **OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN ALAUSÍ.**

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Optimizar la planta de tratamiento de Agua Potable del cantón Alausí.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinación de las variables del proceso.
- Caracterización de agua de alimentación en la planta de tratamiento.
- Determinar el caudal máximo del agua antes de ingresar a la planta de agua potable.
- Ejecutar el diagnóstico del estado actual de la planta.
- Efectuar la dosificación de cloro más adecuada para la desinfección del agua potable.
- Caracterización del agua a la salida de los tanques de almacenamiento.

# CAPÍTULO I

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. AGUA POTABLE

El agua de consumo inocua (agua potable), no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. Las Guías son aplicables al agua envasada y al hielo destinado al consumo humano. No obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto, y para determinados usos farmacéuticos y de producción de alimentos.<sup>1</sup>

### **¿De dónde viene el agua potable?**

Puede ser bombeada de la tierra a través de los pozos, en estos casos el agua debe ser depurada, para que pueda ser bebida sin contaminantes, otra parte del agua se bombea de la tierra (debajo de las dunas de arena, esta agua se purifica de manera natural).

El agua potable, también puede venir de agua superficial, como ríos y lagos, pero el proceso de purificación que debe sufrir es más largo, por tanto, más costoso.

---

<sup>1</sup> Organización Mundial de la Salud, Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice, Tercera edición.

### **1.1.1. Las funciones del agua**

Las funciones del agua, íntimamente relacionadas con las propiedades microbiológicas y de carácter físico-químico, se podrían resumir en los siguientes puntos:

- Puede intervenir como reactivo en reacciones del metabolismo aportando hidrogeniones o hidroxilos al medio.
- Soporte de las funciones metabólicas
- Transporte de sustancias
- Favorece la circulación y turgencia
- Amortiguador térmico
- Da flexibilidad y elasticidad a los tejidos

#### **1.1.1.1. Estado natural**

El agua es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia, o sea, sólido, líquido y gas. Como sólido o hielo se encuentra en los glaciares y los casquetes polares, así como en las superficies de agua en invierno; también en forma de nieve, granizo y escarcha, y en las nubes formadas por cristales de hielo. Existe en estado líquido en las nubes de lluvia formadas por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación. Además, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre en forma de pantanos, lagos, ríos, mares y océanos. Como gas, o vapor de agua, existe en forma de niebla, vapor y nubes. El agua está presente también en la porción superior del suelo, en

donde se adhiere, por acción capilar, a las partículas del mismo. En este estado, se le denomina agua ligada y tiene unas características diferentes del agua libre.

Por influencia de la gravedad, el agua se acumula en los intersticios de las rocas debajo de la superficie terrestre formando depósitos de agua subterránea que abastecen a pozos y manantiales, y mantienen el flujo de algunos arroyos durante los periodos de sequía.

#### **1.1.1.2. Contaminación del agua**

La contaminación no es más que la alteración en la composición de la atmosfera del agua o del suelo, por todos aquellos materiales extraños y por algunos no extraños que por las excesivas emisiones comienzan a detectarse o aumentar su concentración.

En condiciones normales los ríos pueden auto-depurarse; las aguas arrastran los desechos hacia los océanos, las bacterias utilizan el oxígeno disuelto en las aguas y degradan los compuestos orgánicos, que a su vez son consumidas por los peces y las plantas acuáticas devolviendo el oxígeno y el carbono a la biosfera.

A medida que la humanidad va progresando, esto se hace cada vez más difícil. Diariamente se acumulan residuos productos de la lluvia, de actividades naturales y de todas las muestras actividades en el hogar, el comercio, en fábricas, talleres, actividades agrícolas y ganaderas.

La contaminación del agua se produce por:

- La erosión del suelo constituye un factor importante en la contaminación del agua en especie en épocas de lluvia, ya que se incrementa la cantidad de sólidos suspendidos.
- Descarga de aguas municipales, eliminación de residuos industriales, microorganismos patógenos o productores de enfermedades.
- Aplicación descontrolada de productos químicos al suelo (pesticidas nitratos y fosfatos usados como abonos de plantas, sedimentos sólidos erosionados del suelo, etc.), que más tarde son arrastrados por el agua.
- Agregado de combustibles, aceites, sustancias nucleares o insecticidas a las aguas.
- El manejo indebido del desperdicio animal puede tener un efecto serio en los pozos y en la calidad de nuestra agua potable, si el estiércol no es manejado apropiadamente, existe una mayor posibilidad de que los contaminantes y las bacterias entren en las fuentes de agua subterránea. La aplicación de estiércol en el riego de tierras de cultivo con fertilizante conteniendo nitrógeno y otros nutrientes cerca de arroyos o cunetas, da un gran potencial para que los contaminantes se filtren dentro de las fuentes o corrientes de agua subterránea.

**Según la FAO (1981), los contaminantes según su efecto se pueden dividir en dos grupos principales:**

**a) CONTAMINANTES DIRECTOS.**

Estos contaminantes tienen efectos bien definidos y nocivos en las poblaciones de organismos acuáticos. Este grupo abarca los contaminantes térmicos y químicos tóxicos que pueden degradarse fácilmente, como el fenol o las sustancias tóxicas persistentes y posiblemente bioacumulativa, tales como plaguicidas clorados orgánicos.

**b) CONTAMINANTES INDIRECTOS.**

Estos contaminantes son capaces de modificar el medio ambiente acuático de un modo que afecta perjudicialmente a la flora y fauna. Este grupo incluye las sustancias sólidas, orgánicas o inorgánicas, no tóxicas que pueden quedar en suspensión y que por ello estorban la penetración de la luz y que en consecuencia la acción fotosintética de las algas, o bien puede sedimentarse, con lo cual afectan a los seres bentónicos y las aguas residuales con elevada demanda bioquímica de oxígeno, que son la causa de que en el medio haya bajas concentraciones de oxígeno.

**1.1.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE**

Condiciones que debe reunir el agua para la bebida humana:

1. Condiciones Físicas
2. Condiciones Químicas
3. Condiciones Microbiológicas

Un agua turbia, será inapropiada para el lavado de ropas, un agua corrosiva no será adecuada para ser empleada como fuente de agua caliente o vapor, etc.

Para el uso humano se prefiere que el agua no sea ni muy dura ni muy blanda y fundamentalmente debe exigirse que no esté expuesta en ningún instante a contaminación cloacal, excremental o por desagües industriales.

Para considerar a un agua “de buena calidad”, debe primar siempre en las exigencias la seguridad de su calidad microbiológica.

Se considera buena un agua para la bebida humana, cuando cumpliendo requisitos químicos, llega al consumidor en buenas condiciones físicas y libres de sustancias nocivas, inobjetable en su color y gusto, y lo que es más importante, sin contener organismos que puedan perjudicar la salud del que la consume.

#### **1.1.1.3.1. Condiciones físicas**

En la provisión de agua se debe tener especial cuidado en cuanto con los sabores, olores, colores y la turbidez del agua que se brinda en parte porque dan mal sabor, pero también a causa de su uso en la elaboración de bebidas, preparación de alimentos y fabricación de textiles. (Orellana, 2005)

Los sabores y olores se deben a la presencia de sustancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición. Las mediciones de los mismos se hacen con base en la dilución necesaria para reducirlos a un nivel apenas detectable por observación humana.

El color del agua se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias. El color en el agua doméstica puede manchar los accesorios sanitarios y opacar la ropa. Las pruebas se llevan a cabo por comparación con un conjunto estándar de concentraciones de una sustancia química que produce un color similar al que presenta el agua.

La turbidez además de que es objetable desde el punto de vista estético, puede contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión. El agua con suficientes partículas de arcilla en suspensión (10 unidades de turbidez), se aprecia a simple vista. Las fuentes de agua superficial varían desde 10 hasta 1.000 unidades de turbidez, y los ríos muy opacos pueden llegar a 10.000 unidades. Las mediciones de turbidez se basan en las propiedades ópticas de la suspensión que causan que la luz se disperse o se absorba. Los resultados se comparan luego con los que se obtienen de una suspensión estándar.

#### **1.1.1.3.2. Condiciones químicas**

Los múltiples compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial y serán benéficos o dañinos de acuerdo a su composición y concentración. Por ejemplo el hierro y el manganeso en pequeñas cantidades no solo causan color, también se oxidan para formar depósitos de hidróxido férrico y óxido de manganeso dentro de las tuberías de agua.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> ORELLANA, Jorge, Ingeniería Sanitaria UTN-FRRO, Características del agua potable.

Las aguas duras son aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y también forma incrustaciones en tuberías de agua caliente y calderas.

Recordemos que el agua químicamente pura es la combinación de oxígeno e hidrógeno y puede obtenerse en laboratorios por el fenómeno de electrólisis y en la naturaleza durante las tormentas eléctricas.

Las sustancias que producen acidez al agua, pero también son frecuentes en el tratamiento de aguas son:

- Ácido Sulfúrico –  $H_2SO_4$
- Sulfato Ferroso –  $FeSO_4$
- Sulfato de Aluminio –  $Al_2(SO_4)_3$

Veremos ahora los elementos químicos que se encuentran en el agua natural y que producen alcalinidad, dureza y salinidad y se divide en cuatro grupos:

**Tabla 1: Elementos que se encuentran en el agua natural**

<b>Grupo 1: Producen solo alcalinidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Carbonato de Potasio</li> <li>❖ Bicarbonato de Potasio</li> <li>❖ Bicarbonato de Sodio</li> <li>❖ Carbonato de Sodio</li> </ul>
<b>Grupo 2: Producen dureza carbonatada y alcalinidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Carbonato de Calcio</li> <li>❖ Carbonato de Magnesio</li> <li>❖ Bicarbonato de Calcio</li> </ul>

	❖ Bicarbonato de Magnesio
<b>Grupo 3: Producen salinidad y dureza no carbonatada.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Sulfato de Calcio</li> <li>❖ Cloruro de Calcio</li> <li>❖ Nitrato de Calcio</li> <li>❖ Cloruro de Magnesio</li> <li>❖ Nitrato de Magnesio</li> <li>❖ Sulfato de Magnesio</li> </ul>
<b>Grupo 4: Producen salinidad, pero no dureza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Sulfato de Potasio</li> <li>❖ Cloruro de Potasio</li> <li>❖ Nitrato de Potasio</li> <li>❖ Sulfato de Sodio</li> <li>❖ Cloruro de Sodio</li> <li>❖ Nitrato de Sodio</li> </ul>

FUENTE: ORELLANA, Jorge, Ingeniería Sanitaria UTN-FRRO

#### 1.1.1.3.3. Condiciones microbiológicas

Significa esto que: el agua potable para ser considerada como tal, debe estar exenta de toda bacteria u organismo patógeno.

La naturaleza de esta bacteria u organismo patógeno varía según el origen de la fuente o material contaminante del agua, pues habitualmente no es el agua medio propicio para el

desarrollo o cultivo de estos gérmenes, los que generalmente provienen de las materias fecales (portadores), desechos animales, etc. que entran en contacto con el agua.

Aclaremos que en el análisis bacteriológico no se efectúa habitualmente la investigación de estos organismos patógenos específicos o alguno determinado, pues sería una tarea muy complicada. Se sigue entonces un camino indirecto, para lo cual se efectúan dos clases de determinaciones:

1) Contar el número de bacterias que contiene el agua en examen, para lo cual se siembra la muestra en un medio nutritivo sólido apropiado y se incuba a 37°C durante 24 hs. A ese término el número de colonias que se han desarrollado se considera como el número de bacterias que contiene el agua.

2) Determinación del índice coliformes, que consiste en investigar la presencia de bacterias coliformes que como sabemos son características de la flora intestinal (por contaminación fecal).

La investigación de bacterias coliformes puede hacerse en las aguas en forma cualitativa o cuantitativamente: la determinación cuantitativa es la que tiene más significación y se funda en sembrar en medios nutritivos especiales, volúmenes crecientes de agua y determinar con que volumen mínimo del agua original, el resultado es positivo.

En las aguas profundas no encontraremos bacterias coliformes, pero si en las superficiales, es decir todas las fuentes superficiales se consideran como contaminadas.

#### **1.1.1.4. Tratamientos del agua potable**

El agua de consumo humano no debe contener ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana. Para ello deberá cumplir unos requisitos de calidad y debe cumplir con los criterios especificados en la norma RT INEN 1108, en el que se detallan los valores paramétricos de tipo microbiológico y químico, que debe de cumplir un agua potable.

Salvo en determinadas ocasiones, las características del agua en los puntos de captación no cumplen los requisitos anteriormente comentados. Por ello, las aguas deben ser sometidas a una serie de tratamientos, de mayor o menor intensidad, dependiendo de la calidad de las aguas naturales, antes de ser distribuidas a los consumidores. Estos procesos se llevan a cabo en instalaciones denominadas Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP)

De forma general en una ETAP el agua que se ha tomado del punto de captación (río, lago, pozo, etc.) se somete a la siguiente secuencia de operaciones:

- Aireación
- Sedimentación.
- Filtración
- Desinfección
- Almacenaje
- Distribución

#### 1.1.1.4.1. Aireación

En purificación y tratamiento de aguas se entiende por aireación al proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto íntimo con aire con el propósito de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. En resumen es el proceso de introducir aire al agua.<sup>3</sup>

Las funciones más importantes de la aireación son:

- Transferir oxígeno al agua para aumentar el Oxígeno Disuelto (OD).
- Disminuir concentraciones de CO<sub>2</sub>.
- Remover la concentración de H<sub>2</sub>S.
- Remover gases como metano, cloro y amoníaco.
- Oxidar hierro y manganeso.
- Remover compuestos orgánicos volátiles.
- Remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores.

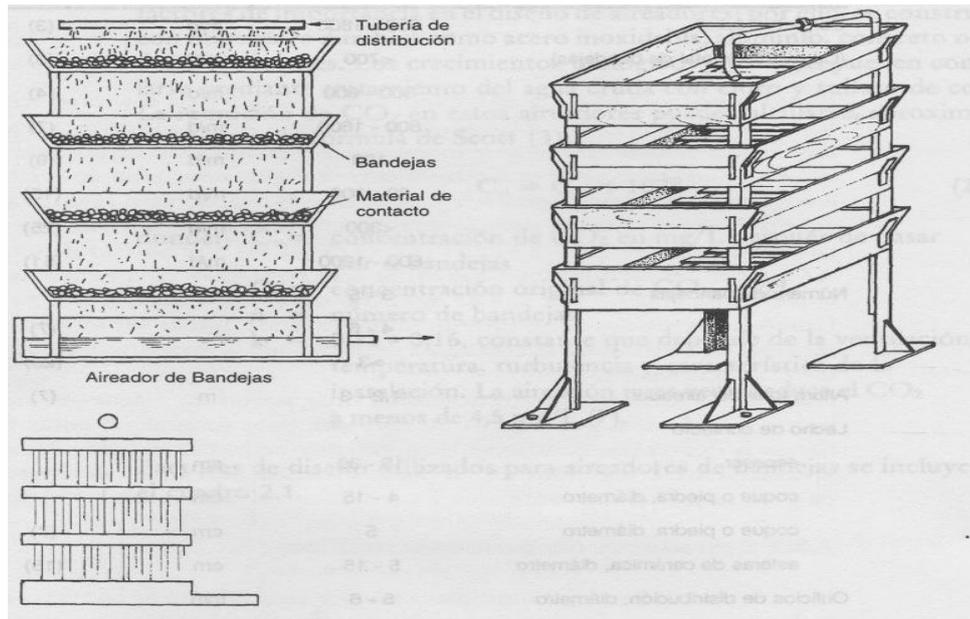
La aireación cumple sus objetivos de purificación del agua mediante el arrastre o barrido de las sustancias volátiles causado por la mezcla turbulenta del agua con aire y por el proceso de oxidación de los metales y los gases.

El agua aireada es más agradable al paladar, la aireación reduce el nivel de CO<sub>2</sub> hasta unos 4,5 mg/L, pero la corrosión solo se previene si la alcalinidad del agua excede de 100 mg/L.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Romero J, Potabilización del Agua 3° Edición

<sup>4</sup> Rojas Jairo Alberto, Potabilización del Agua 1999, p30



**Fig. 1: (AIREADORES TÍPICOS DE BANDEJAS)**

**FUENTE:** Romero J, Potabilización del Agua 3º Edición

#### **1.1.1.4.2. Decantación o Sedimentación**

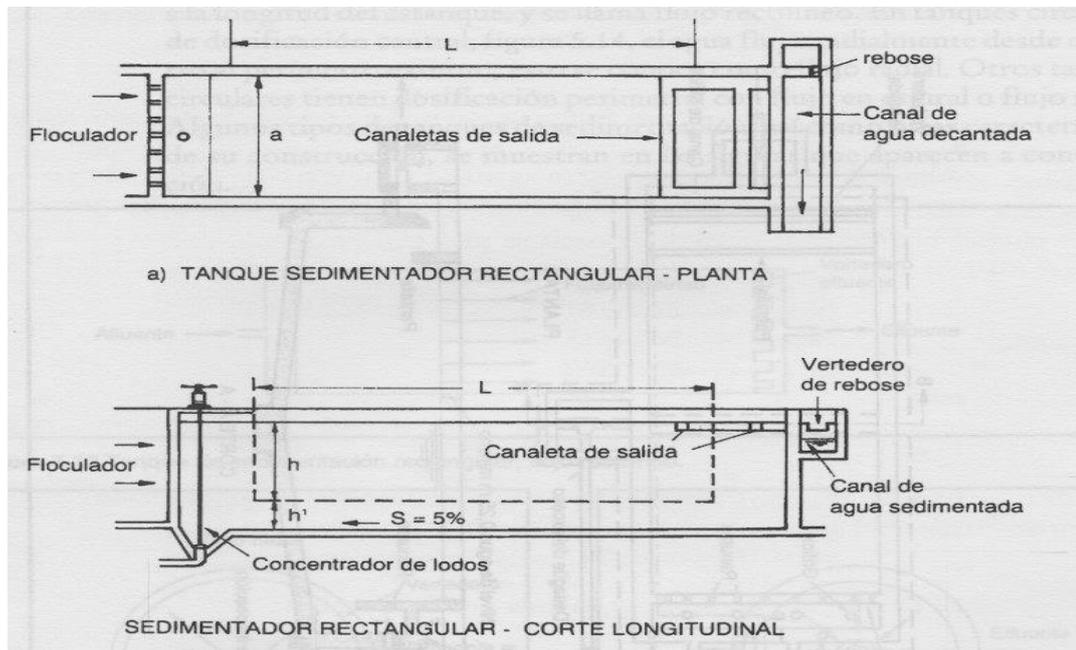
Se designa por sedimentación la operación por la cual se remueve las partículas sólidas de una suspensión mediante la fuerza de gravedad; en algunos casos se denomina clarificación o espesamiento.

Dos son las formas de sedimentación usadas en la purificación del agua; sedimentación simple y sedimentación después de coagulación y floculación o ablandamiento.

La sedimentación simple es generalmente un tratamiento primario para reducir la carga de sólidos sedimentables antes de la coagulación, en esos casos se le conoce como pre sedimentación. La sedimentación después de la adición de coagulantes y de la floculación se usa para remover los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento

químico, como en el caso de remoción de color y turbiedad o en el ablandamiento con cal.

La sedimentación puede ser precedida por pre sedimentación y aireación, generalmente va seguida de la filtración.<sup>5</sup>



**Fig. 2:** (SEDIMENTADORES HORIZONTALES)

**FUENTE:** Romero J. Potabilización del Agua 3º Edición.

#### 1.1.1.4.3. Filtración

En la planta de purificación la filtración remueve el material suspendido, medido en la práctica como turbiedad, compuestos de floculo, suelo, metales oxidados y microorganismos. La remoción de microorganismos es de gran importancia puesto que muchos de ellos son extremadamente resistentes a la desinfección y sin embargo, son

<sup>5</sup> Romero J, Potabilización del Agua, 3º edición, p177

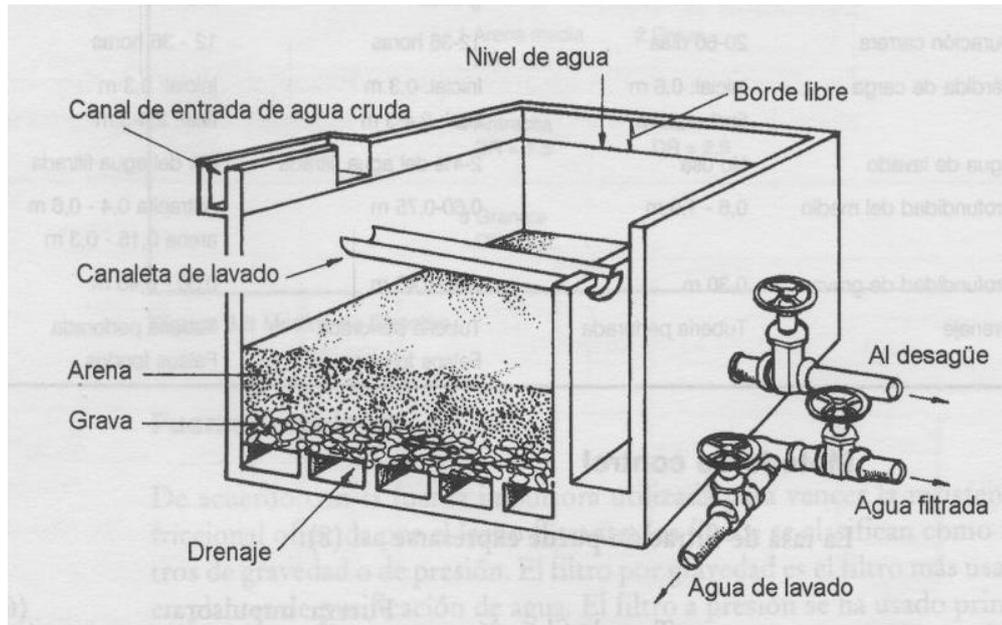
removibles mediante filtración. Lo anterior indica porque en la práctica se considera que el propósito principal de la filtración es remover la turbiedad e impedir la interferencia de la turbiedad con la desinfección, al proveer protección a los microorganismos de la acción del desinfectante.

Generalmente se piensa en los filtros como un tamiz o micro criba que atrapa el material suspendido entre los granos del medio filtrante. Sin embargo, la acción de colar tamizar el agua es la menos importante en el proceso de filtración, puesto que la mayoría de las partículas suspendidas pueden pasar fácilmente a través de los espacios existentes entre los granos del medio filtrante.

La filtración depende de una combinación compleja de mecanismos físicos y químicos; en aguas de consumo la adsorción juega el papel más importante ya que a medida que el agua pasa a través del lecho del filtro las partículas suspendidas hacen contacto y son adsorbidas sobre la superficie de los granos del medio o sobre material previamente depositado. Las fuerzas que atraen y retienen las partículas sobre los granos son las mismas que en la coagulación y floculación y por lo tanto es muy importante obtener una buena coagulación antes de la filtración.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Romero J, Potabilización del Agua, 3° edición, pp 193,194



**Fig. 3:** (FILTRO RÁPIDO DE ARENA)

**FUENTE:** Romero J, Potabilización del Agua, 3º Edición.

#### 1.1.1.4.4. Desinfección

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos como el cloro, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, entre otros.

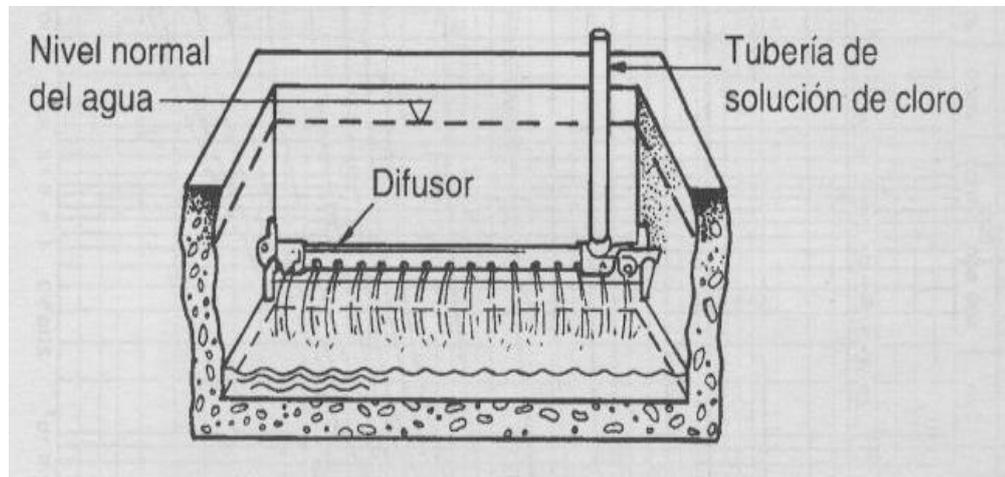
La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con

concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema de distribución.

La desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua de consumo que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantizará necesariamente la seguridad del suministro. Por ejemplo, la desinfección con cloro del agua de consumo tiene una eficacia limitada frente a los protozoos patógenos —en particular *Cryptosporidium*— y frente a algunos virus. La eficacia de la desinfección puede también ser insatisfactoria frente a patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante. Una turbidez elevada puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y generar una demanda significativa de cloro. Una estrategia general de gestión eficaz añade a la desinfección, para evitar o eliminar la contaminación microbiana, barreras múltiples, como la protección del agua de origen y operaciones de tratamiento adecuadas, así como la protección del agua durante su almacenamiento y distribución.

El uso de productos químicos desinfectantes en el tratamiento del agua genera habitualmente subproductos. No obstante, los riesgos para la salud que ocasionan estos subproductos son extremadamente pequeños en comparación con los asociados a una desinfección insuficiente, y es importante que el intento de controlar la concentración de estos subproductos no limite la eficacia de la desinfección.

Puede medirse y controlarse fácilmente la concentración de algunos desinfectantes del agua de consumo, como el cloro, y se recomienda realizar análisis frecuentes si se practica la cloración del agua<sup>7</sup>.

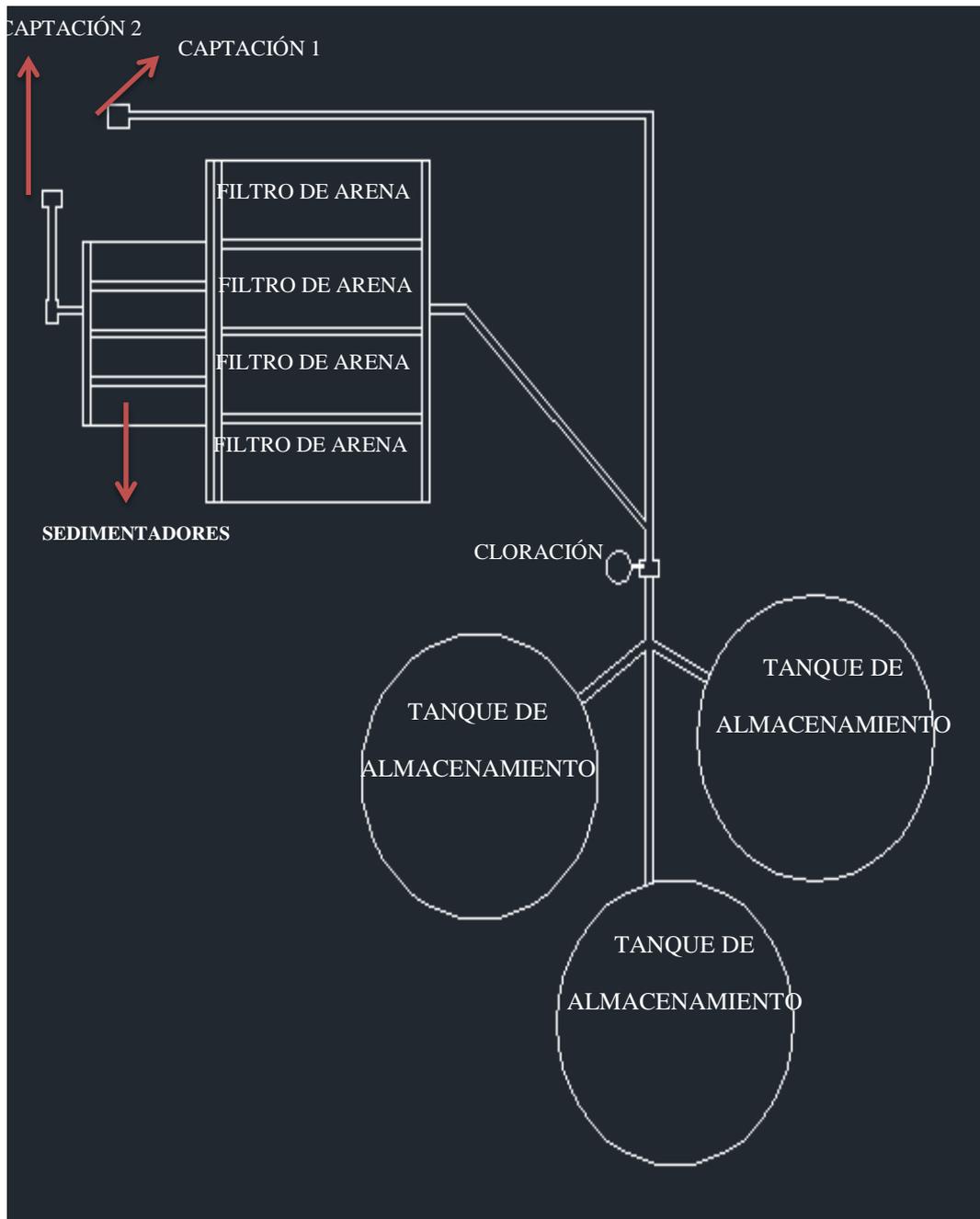


**Fig. 4:** (DIFUSOR PARA CANAL ABIERTO)

**FUENTE:** Romero J, Potabilización del Agua, 3° Edición.

---

<sup>7</sup> OMS, Vol I, Guía para Calidad de Agua Potable, 2006.



**Fig. 5:** (ESQUEMA DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE)

**FUENTE:** Casco C., 2013

### 1.1.1.5. Optimización

#### 1.1.1.5.1. Sistema de Rejillas

Es el proceso mecánico que separa los materiales de acuerdo al tamaño de partícula individual, esto se cumple proporcionando movimiento en particular al medio del cribado, el cual es generalmente una malla o una placa perforada o un sistema de rejillas.

**TABLA 2: Medidas típicas del canal de rejas de un sistema de limpieza manual**

Ancho del canal (cm)	40; 50; 60; 80; 100; 125; 160; 180; 200; 225; 250
Separación entre barras (cm)	2; 3; 4; 5; 6; 8; 10

**FUENTE:** VALDEZ C, Tratamiento y disposición del agua residual.

Las rejillas de limpieza manual se instalan con una inclinación de 30° a 60° con respecto al plano horizontal. Las barras de las rejillas, comúnmente rectas, pueden tener una separación grande, de 5 a 10cm, o pequeña, de 1 a 4 cm. Si las partículas sólidas del agua residual son tamaño pequeño se debe disminuir la separación entre las barras de las rejillas.

Al acumularse el material retenido por las barras, se produce un aumento en el nivel del agua en el canal de llegada; las rejillas deben limpiarse cuando se llega al nivel máximo definido. La acumulación excesiva de material retenido es inconveniente porque ocasiona que las partículas de menor tamaño que la separación entre barras no puedan pasar a través de ellas.

Aunque ordinariamente el flujo en el canal debe ser laminar, se recomienda que el agua tenga una velocidad de al menos 0.5 m/s para detener los materiales que se procura, dejando pasar las partículas pequeñas. Sin embargo, durante la época de lluvia la velocidad se incrementa; en estas condiciones se recomienda que la velocidad máxima sea de 2.0 m/s. Cuando no es posible estar dentro del ámbito de velocidad sugerido debido al ancho requerido, es recomendable diseñar dos canales con la finalidad de dividir el caudal y, en consecuencia, disminuir la velocidad de flujo en tiempo de lluvia.

**TABLA 3: Parámetros para el dimensionamiento de rejillas**

<b>Parámetro</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Valor escogido</b>
Caudal de diseño	$Q_{\text{Diseño}}$	m <sup>3</sup> /s	0,0266	-
Velocidad de aproximación*	$V_a$	m/s	0,3 – 0,6	0,45
Velocidad mínima*	$V$	m/s	0,3 – 0,6	0,6
Aceleración de la gravedad	$G$	m/s <sup>2</sup>	9,8	-
Altura de seguridad	$H_s$	m	0,50	0,50
Espesor de la barra**	$S$	mm	5 - 15	10
Ancho del canal (propuesto)	$L$	m	0,5	-

Separación entre barras*	E	mm	15 - 50	15
Angulo de inclinación**	Ø	°	44 - 60	45
Perdida máxima de carga admisible+	Hf	m	0,015	0,015

**FUENTE:** \*RAS 2000 Título E, \*\*Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, + Metcalf & Eddy

#### 1.1.1.5.1.1. Diseño de rejillas de limpieza manual

Para el dimensionamiento de las rejillas se debe considerar lo siguiente:

- a. Con el caudal y la velocidad mínima recomendada, se debe calcular el área libre al paso del agua.

$$A_L = \frac{Q}{v} \quad \text{Ec. 1}$$

- b. Proponer el tirante del agua en el canal (h)

$$h = \frac{A_L}{b} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

b = ancho del canal (m)

**c. Cálculo de la altura del canal (H)**

$$H = h + H_s \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

h = tirante del agua en el canal (m)

H<sub>s</sub> = altura de seguridad (m)

**d. Cálculo de la longitud de las barras (L<sub>b</sub>)**

$$L_b = \frac{H}{\text{sen } \emptyset} \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

H = altura del canal (m)

∅ = ángulo de inclinación (°)

**e. Cálculo del número de barras (n)**

$$n = \frac{b}{e + S} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

b = ancho del canal en mm

e = separación entre barras en mm

S = espesor de las barras en mm

#### **f. Pérdida de carga (Hf)**

Las pérdidas hidráulicas a través de las rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad de flujo a través de los barrotes. Las pérdidas de carga a través de una rejilla se estiman por medio de la siguiente ecuación<sup>8</sup>:

$$Hf = \frac{1}{0,7} * \left( \frac{V - V_a}{2g} \right) \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

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

V<sub>a</sub> = velocidad de aproximación del fluido hacia la rejilla (m/s)

0,7 = coeficiente empírico que incluye que incluye pérdidas por turbulencia y formación de remolinos.

g = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

#### **g. Velocidad en el canal de aproximación**

---

<sup>8</sup>Metcalf& Eddy, Tratamiento avanzado de aguas residuales

$$V = \frac{Q}{A_L} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

Q = caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

A<sub>L</sub> = área libre (m<sup>2</sup>)

#### 1.1.1.5.2. Flocculación

Se debe suministrar sulfato de aluminio en una concentración de 10 ppm para garantizar que el color y la turbiedad se encuentren dentro de los parámetros descritos en la norma APHA. Se dosifica mediante un dosificador automático una cantidad de 1 ml/s a la cantidad de agua a tratar.

La preparación de esta concentración se la realiza pesando 0,01 gr de sulfato de aluminio y diluyéndolo en 1 L de agua.

Para el cálculo de la concentración final de sulfato de aluminio en el agua tratada con el floculante usamos la siguiente fórmula:

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad \text{Ec. 8}$$

$$10\text{ppm} \times 2\text{ml} = C_2 \times 500\text{ml}$$

$$C_2 = 0.04 \text{ ppm}$$

### **1.1.1.5.3. Pre cloración**

En este caso la cloración es el primer tratamiento que se aplica al agua. De esta forma se logra mejorar: 1) el funcionamiento de los filtros ya que se reduce y ecualiza la cantidad de microorganismos y algas y se controla la formación de barros y limo; 2) la coagulación; y 3) la eliminación de compuestos generadores de sabor, olor y color por medio de la oxidación de los mismos y retardando de su descomposición en los decantadores.

Además, este agregado inicial de cloro sirve como barrera de protección adicional cuando las fuentes de agua están muy contaminadas, lo que permite trabajar con niveles de cloro residual mucho más bajos en las redes de distribución. Como con esta práctica lo que se persigue es alcanzar el máximo tiempo de contacto posible a lo largo de toda la planta potabilizadora, normalmente se prefiere agregar el cloro en el canal de aducción. Otro punto de uso frecuente es la cámara de mezcla rápida donde se incorpora el coagulante.

La cantidad de cloro a aplicar dependerá del objetivo de la cloración ya que, en algunos casos, puede ser conveniente mantener una determinada concentración de cloro residual libre, mientras que en otros, puede ser suficiente mantener cloro residual combinado. Esta práctica exige un cuidadoso control para mantener el nivel de cloro residual apropiado (libre o combinado) para alcanzar el objetivo preestablecido, ya que no ser así, no sólo se perderían las ventajas antes mencionadas sino que, además, se debe minimizar la formación de subproductos de la desinfección.

Esto ha llevado a que la pre-cloración como método para eliminar olores, hierro, manganeso, o para controlar crecimiento microbiológico en las unidades de tratamiento, se haya ido sustituyendo poco a poco por oxidantes alternativo.<sup>9</sup>

#### **1.1.1.5.3.1. Diseño de tanque de Pre cloración**

Es necesario la construcción de un tanque de 100 litros que contenga la solución de hipoclorito de calcio la cual se va suministrar a el agua de captación para tratar de eliminar en su mayoría los fosfatos que son responsables de la proliferación de las algas que causan la saturación excesiva de los filtros de arena.

Para lo cual debemos suministrar de 3 a 5 ppm de esta solución por medio de un difusor que generalmente se lo diseña con perforaciones para que cada orificio tome un flujo de 0.06 – 0,13 L/s a una velocidad de 3 – 4,5 m/s.

Para la preparación de la solución y determinación de la concentración de cloro a utilizar se utiliza la siguiente formula:

$$Peso\ de\ cloro = \frac{V_{H_2O} \times DCl}{[Ca(ClO)_2] \times 10} \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde:

$V_{H_2O}$  = volumen de agua

---

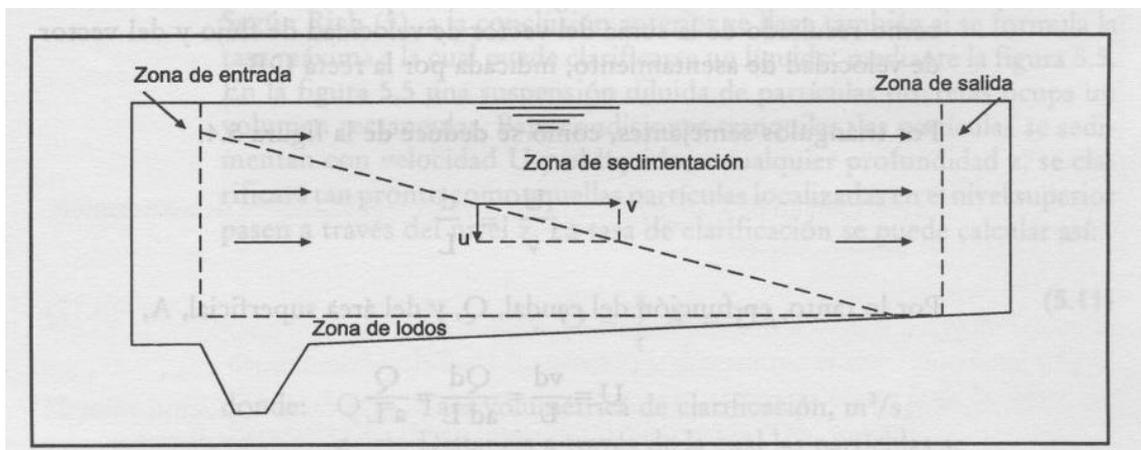
<sup>9</sup> ENOHSA Ente Nacional De Obras Hídricas Sanitarias Cap. X- Desinfección.

DCl= dosis de cloro

$[Ca(ClO)_2]$  = concentración de hipoclorito de sodio

#### 1.1.1.5.4. Rediseño del Sedimentador.

Para propósitos teóricos se acostumbra a dividir el tanque de sedimentación en 4 zonas: zona d entrada, zona de salida, zona de lodos y zona de asentamiento como se indica en la siguiente figura.



**Fig. 6:** Zonas hipotéticas en un tanque de sedimentación rectangular.

Fuente: Romero J, Potabilización del Agua, 3° Edición.

La zona de entrada tiene como función suministrar una transición suave entre el flujo de entrada y el flujo uniforme permanente deseado en la zona de sedimentación. En un tanque ideal el flujo horizontal convencional. Distribuye uniformemente el caudal

afluente sobre toda la sección transversal del tanque para que el flujo siga trayectorias horizontales a través de la zona de asentamiento.

La zona de salida provee una transición suave entre la zona de asentamiento o sedimentación y el flujo efluente.

La zona de lodos tiene como función recibir el material sedimentado e impedir que interfiera con el asentamiento de partículas en la zona de sedimentación; se supone que toda partícula que alcanza esta zona es removida efectivamente y realmente se la suspensión.

La zona de sedimentación suministra el volumen de tanque necesario para el asentamiento libre de interferencia proveniente de las otras zonas. Idealmente, cada zona debe efectuar sus funciones sin interferencia de las otras, para lograr la mejor eficiencia del tanque de sedimentación.

#### **1.1.1.5.4.1. Criterios de diseño del Sedimentador**

Los criterios de diseño para el sedimentador para clarificación del agua se basan en valores obtenidos a través de la experiencia en la operación de prototipos de plantas y plantas piloto de tratamiento del agua.

- Carga superficial o tasa de sedimentación superficial

Una de las características principales del tanque de sedimentación es su área superficial, la cual depende de la carga o tasa de sedimentación superficial. La carga superficial es el parámetro más usado en la práctica para diseño y clasificación de sedimentadores. Los

valores de las cargas superficiales típicas de sedimentación vienen dados en la siguiente tabla:

**Tabla 4: (Valores de cargar superficiales de sedimentación convencionales)**

<b>Tipo de agua</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Carga superficial m<sup>3</sup>/dm<sup>2</sup>C255</b>
Superficial	Floculo de alumbre	14-22
	Floculo de polímero	18-27
Superficial O Subterránea	Ablandamiento con cal	22-44
		82
		37
	Unidades de flujo ascensional	<58
		108
	Ablandamiento en Unidades de flujo ascensional	58-88
		22-58 Agua Fría
		58-88 Agua cálida
		147
		22-88
88-132		
73		
106		

Fuente: Romero J, Potabilización del Agua, 3º Edición.

**a. Cálculo del área del Sedimentador**

Para determinar el área superficial del sedimentador se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$A = \frac{Q}{\text{carga}} \quad \text{Ec. 10}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/ h)

Carga = carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia)

La carga superficial que se toma para realizar los cálculos correspondientes se basa en la siguiente tabla, y para esta investigación se toma el valor de 24 (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia).

**TABLA 5: Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones.**

Suspensión	Carga superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	
	Intervalo	Caudal punta
Agua residual sin tratar	24 – 48	48
Flóculos de sulfato de alúmina	12 – 24	24
Flóculos de hierro	21 – 32	32
Flóculos de cal	21 – 48	48

**Fuente:** Metcalf & Eddy, 2006

### **b. Cálculo del Diámetro**

Para calcular el diámetro del sedimentador se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi * \emptyset^2}{4} \quad \text{Ec. 11}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}} \quad \text{Ec. 12}$$

Para el radio del sedimentador tenemos:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \text{Ec. 13}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

r = radio (m)

$\emptyset$  = diámetro (m)

### **c. Volumen**

El volumen es la magnitud física que expresa:

$$V = L * A \quad \text{Ec. 14}$$

Dónde:

V = volumen del sedimentador (m<sup>3</sup>)

L = largo (m)

A = área (m)

Para poder determinar el volumen del sedimentador se utiliza la siguiente ecuación del área:

$$A = L * a \quad \text{Ec. 15}$$

Se aplica la relación largo ancho 1:2 se tiene:

$$L = 2a \quad \text{Ec. 16}$$

$$A = 2a * a$$

$$A = 2a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{A}{2}} \quad \text{Ec. 17}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

L = largo del sedimentador (m)

a = ancho del sedimentador (m)

#### d. Tiempo de retención Hidráulico

Por lo general los tanques de sedimentación primaria se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1,5 a 2,5 horas para el caudal medio del agua residual.

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 18}$$

Dónde:

Tr = tiempo de retención (h)

V = volumen (m<sup>3</sup>)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/h)

#### e. Velocidad de arrastre

La velocidad de arrastre es importante en las operaciones de sedimentación. Las fuerzas actúan sobre las partículas de sedimentación son causadas por la fricción del agua que fluye sobre las mismas. En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales se deben mantener a niveles bajos de modo que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque.

$$Vh = \left[ 8K(s - 1)g * \frac{d}{f} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 19}$$

Dónde:

Vh = Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de las partículas (m/s).

$K$  = constante de cohesión que depende del tipo de material arrastrado (0,04 para arena uní granular, 0,06 para material más aglomerado) para este caso se utilizara 0,05.

$s$  = densidad relativa de las partículas para el cálculo usaremos el valor 1,05

$g$  = aceleración de la gravedad 9,8 m/s<sup>2</sup>

$d$  = diámetro de las partículas 0,01

$f$  = los valores más utilizados para  $f$  factor de fricción de Darcy-Weisbach van desde 0,02 hasta 0,03 utilizaremos en este caso el ultimo valor.

#### **f. Remoción de Sólidos Suspendidos**

La eficiencia de la remoción de los SST, en tanques de sedimentación primaria como función de la concentración del afluente y el tiempo de retención mediante una modelación matemática se obtuvo la siguiente expresión<sup>10</sup>

$$R = \frac{T_r}{a + b * t} \quad \text{Ec. 20}$$

Dónde:

$R$  = porcentaje remoción esperado (%)

$T_r$  = tiempo nominal de retención (h)

$a + b$  = constantes empíricas

---

<sup>10</sup>CRITES R. /TCHOBANOGLOUS G., Tratamiento de aguas residuales para pequeñas poblaciones

**TABLA 6: Valores de las constantes empíricas**

<b>VARIABLE</b>	<b>a, h</b>	<b>b</b>
DBO	0,018	0,020
SST	0,0075	0,014

**FUENTE:** CRITES R. and TCHOBANOGLOUS G

**g. Dimensionamiento de las Paletas de agitación**

**TABLA 7: Parámetros de Diseño de Paletas**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALOR</b>	
	<b>Intervalo</b>	<b>Típico</b>
Tiempo de retención (h)	2 - 6	3
Floculación inducida por paletas, máxima velocidad periférica de la paleta, con reductor de la velocidad hasta el 30% de la velocidad máxima (m/s).	0,45 – 1,00	0,60
Agitación de paletas (rpm)	50 - 80	60
Ancho de la paleta (m)	0,50 - 2	0,80

**FUENTE:** Metcalf & Eddy. 1995

#### **h. Área requerida por las Paletas**

Con la finalidad de una agitación adecuada del floculante con el agua a tratar en el sedimentador, se calcula el área de la paleta:

$$P = \frac{C_D * A * \gamma * v^3}{1} \quad \text{Ec. 21}$$

Dónde:

A = área de la sección transversal de las paletas (m<sup>2</sup>)

P = potencia necesaria (HP)

C<sub>D</sub> = coeficiente de resistencia al avance de las paletas

γ = densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

v = velocidad relativa de las paletas (0,6 – 0,75 m/s)

Se despeja el área de la sección transversal requerida de las paletas:

$$A = \frac{1 * P}{C_D * \gamma * v^3} \quad \text{Ec. 22}$$

El valor del coeficiente de resistencia al avance de las paletas se estima:

**TABLA 8: Valores de C<sub>D</sub>**

<b>Cantidad</b>	<b>C<sub>D</sub></b>
<b>1</b>	<b>1,16</b>

5	1,20
20	1,50
$\infty$	1,95

FUENTE: ROUSE, 2003

### i. Longitud de la Paleta

El calcula de la longitud de la paleta representa el área transversal de la misma:

$$A = l * b \quad \text{Ec. 23}$$

$$l = \frac{A}{b} \quad \text{Ec. 24}$$

Dónde:

l = longitud de la paleta (m)

b = ancho de la paleta (m)

### 1.1.1.5.5. Concentración y Dosificación de cloro

Para determinar la concentración adecuada de cloro a suministrar al agua luego del proceso de sedimentación y filtración

Para la desinfección de pequeños volúmenes de agua a tratar es común el empleo de hipocloritos debido a su menor costo. Los hipocloritos se aplican al agua en forma líquida por medio de bombas pequeñas. Este tipo de bombas son de desplazamiento positivo que

entregan la cantidad necesaria de líquido en cada carrera del pistón o del diagrama flexible.

- **Determinación de la cantidad de cloro.**

Para la determinación de la cantidad de hipoclorito de calcio que vamos a necesitar para la preparación de una solución de 5 ppm en un volumen de 100 litros aplicamos las siguientes formulas partiendo de la fracción molar del compuesto:

$$X_i = \frac{W_{cl}}{W_T} \quad \text{Ec. 25}$$

Dónde:

$X_i$  = Fracción molar

$W_{Cl}$  = peso del cloro

$W_T$  = peso del hipoclorito de calcio

- **Dosificación de  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$**

Para conocer la dosificación que debemos suministrar al agua tratada después de los procesos de sedimentación y filtración se tiene:

$$D_{Cl} = Q_{ent} * C \quad \text{Ec. 26}$$

Dónde:

$D_{Cl}$  = dosis de cloro por día que se necesita para la desinfección (ml/min)

$Q_{ent}$  = caudal de entrada al tanque de cloración (L/ d)

C = concentración de hipoclorito (mg/L)

- **Reducción de Coliformes**

Para conocer la aproximada reducción de contaminantes microbiológicos en el agua aplicamos la ecuación:

$$\frac{N}{N_o} = (1 + 0,23 * C * t)^{-3} \quad \text{Ec. 27}$$

Dónde:

$N/N_o$  = número de unidades por muestra

C = concentración de hipoclorito (mg/L)

t = tiempo de contacto (s)

- **Reservorio de hipoclorito de calcio en solución**

Con el caudal máximo y el tiempo de contacto con el agua tratada y una dosis de cloración para la cloración que es de 5 ppm se obtiene el volumen necesario para el tanque de almacenamiento de la cloración.

$$V_T = Q_{Diseño} * T_c \quad \text{Ec. 28}$$

Dónde:

$V_T$  = volumen del tanque de cloración ( $m^3$ )

$Q_{\text{Diseño}}$  = caudal de diseño ( $m^3/h$ )

$T_c$  = tiempo de contacto del agua tratada con la dosis de cloro (h)

#### **1.1.1.6. Normativa Ambiental**

La necesidad de proveer agua potable a las poblaciones de manera tal que no produzcan problemas de salud impulsa la generación de normas de calidad (Orellana, 2005)

Todo objetivo de una norma se basa en: proteger, preservar, conservar y mejorar la calidad de las fuentes de suministro de agua a la población, los cuerpos naturales y artificiales, tanto superficiales como subterráneas, para su correcto consumo.

Esta normativa específicamente para el agua potable indica o fijan los límites generales aceptables para las impurezas de las aguas que están destinadas al abastecimiento público (condiciones mínimas de calidad física, química y bacteriológica). Las normas de agua potable no se deben considerar como un criterio para evaluar o controlar la operación de las plantas de tratamiento de agua sino como especificaciones generales para la aceptación del producto. Cuando el tratamiento de las aguas está bien controlado, se pueden obtener mejores resultados que los establecidos en las normas.

La normativa utilizada es:

- RTE INEN 023:08 Agua Potable.
- Texto Unificado De La Legislación Ambiental Secundaria.

- Libro VI Anexo 1: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.
- Normas APHA

# CAPÍTULO II

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1. MUESTREO**

#### **2.1.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La Planta de Tratamiento de Agua Potable de “ALAUÍS” está localizada en el Barrio del Castillo de la ciudad de Alausí, provincia de Chimborazo.

#### **2.1.2. MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

El método utilizado para la investigación del presente trabajo fue comparativo; ya que se relacionó todos los datos obtenidos durante la investigación del tema los que nos permitió efectuar la optimización del sistema de tratamiento de agua potable.

#### **2.1.3. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

Para la recolección de la información necesaria para el desarrollo del tema se tomó en cuenta los siguientes aspectos. A fin de hacer el diagnóstico de las condiciones de agua de captación y del agua resultante del tratamiento de potabilización de la planta.

**TABLA 9: PLAN DE MUESTREO**

LUGAR DE MUESTREO	NUMERO DE MUESTRAS DIARIAS	DIAS DE MUESTREO	TOTAL DE MUESTRAS SEMANAL	TOTAL DE MUESTRAS ANALIZADAS
Agua de captación	2	4	8	8
Agua tratada	1	2	2	2

Fuente: Casco c., 2013

- Se contó con la colaboración del encargado de la Planta de Agua Potable y con Jefe del Laboratorio los cuales supervisaron la toma de datos del área y mediciones correspondientes.

#### **2.1.4. PLAN DE TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**

Los datos obtenidos después de cada análisis físico-químico y microbiológico se tabularon, después se realizó un promedio semanal comparando con los datos obtenidos al transcurso de la semana y se lo comparo con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico para tomar en cuenta las variaciones atípicas de los parámetros analizados.

## **2.2. METODOLOGÍA**

### **2.2.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Se trabajó con tres muestras diarias dos de captación y otra de agua tratada de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Alausí, dichas muestras se las rotulo como 1,2,3 respectivamente. Las muestras fueron recolectadas y trasladadas el mismo día al laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, luego se realizó el análisis físico-químico y microbiológico de las aguas y también se realizó la prueba de jarras con policloruro de aluminio utilizado en la planta de agua potable y también con sulfato de aluminio para hacer su comparación eficiencia en el laboratorio.

### **2.2.2. TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS**

De las tres muestras tomadas diariamente se realizó la caracterización físico- química del agua que consta de 18 parámetros: color, pH, conductividad, turbiedad, cloruros, dureza, calcio, magnesio, alcalinidad, bicarbonatos, sulfatos, amonios, nitritos, nitratos, hierro, fosfatos, solidos totales y solidos disueltos. Además se realizó el análisis microbiológico de cada muestra y su respectiva prueba de trazabilidad o prueba de jarras con policloruro de aluminio al 5 %

### **2.2.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS UTILIZADOS**

### **2.2.3.1. EQUIPOS**

- Espectrofotómetro HACH
- pH-metro
- Balanza analítica
- Turbidímetro
- Equipo para prueba de jarras

### **2.2.3.2. MATERIALES**

- Erlenmeyer
- Pipetas volumétricas
- Peras
- Vaso de precipitación
- Balones aforados de 100 y 50 ml
- Buretas de 25 ml

### **2.2.3.3. REACTIVOS**

- Solución de EDTA
- Agua destilada
- Naranja de metilo
- Cianuro de potasio
- Dicromato de potasio
- Fosver

- Cloruro de bario

## 2.2.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

### 2.2.4.1. MÉTODOS

Los métodos de análisis utilizados fueron del manual de” Standard Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residual).

**TABLA 10: DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS**

DETERMINACIÓN	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
RECOLECCIÓN DE MUESTRAS		Recoger 3 tipos de muestra (2 de captación y 1 de agua tratada) en volumen de 1500 ml.
TEMPERATURA		Colocar el termómetro y medir la temperatura insitu.
COLOR	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra en celda hach realizar blanco con agua destilado colocar la celda de la muestra y realizar la medición.

pH	Electrométrico	Se utiliza un electrodo de cristal para su medición.
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico	Se utiliza un electrodo para medir la conductividad.
TURBIEDAD	Nefelométrico	Utilizar el Turbidímetro para el análisis
CLORUROS	Volumétrico	25 ml de muestra agregar 4 gotas de $K_2CrO_4$ , titular con nitrato de plata 0,01 N hasta color ladrillo.
DUREZA	Volumétrico	Tomar 25 ml de muestra + 1ml de cianuro de potasio + 2ml de Buffer pH10 + pizca de indicador Negro Eriocromo T y titular con EDTA 0,02M
CALCIO	Volumétrico	Tomar 25 ml de muestra + 1ml de cianuro de potasio + 1ml de hidróxido de sodio + pizca de muerxida y titular con EDTA
MAGNESIO	Cálculo	Diferencia entre la dureza total y el contenido de calcio en forma de carbonato de calcio.
ALCALINIDAD		Tomar 25ml de muestra + 2 gotas de fenolftaleína, titular con ácido sulfúrico hasta incoloro + 3 gotas de naranja de

		metilo y titular con ácido sulfúrico hasta rosado.
SULFATOS	Nefelométrico	Tomar 100ml de la muestra + 5ml de solución acondicionadora + cristales de BaCl <sub>2</sub> . Medir la turbiedad.
AMONIOS	Volumétrico	Tomar 25 ml de muestra + 4ml de amonio molibdato + 0,5ml de glicerina, Aforar la muestra y medir en el fotómetro a 4120 nanómetros.
NITRITOS	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de la muestra en la celda hac añadir nitrover esperar el tiempo indicado y realizar lectura.
NITRATOS	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de la muestra en la celda hac añadir nitrover esperar el tiempo indicado y realizar lectura.
HIERRO	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de la muestra en la celda hac añadir fosver esperar el tiempo indicado y realizar lectura.
FOSFATOS	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de la muestra en la celda hac añadir fosver esperar el tiempo indicado y realizar lectura.

SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico	Pesar una caja Petri tarada, agitar la muestra de agua, colocar 25ml de muestra en la caja, someter a baño maría hasta sequedad, introducir en la estufa, colocar en el desecador por 15 min. Y pesar
MICROBIOLOGICO (Coliformes totales y fecales)		Se esteriliza el equipo microbiológico de filtración por membrana, se siembra se deja por 24 horas, después se realiza el conteo de las colonias si las hubiere.

**FUENTE:** Casco C., 2013

#### 2.2.4.2. TÉCNICAS

### COLOR

**TABLA 11: METODO HACH\***

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
El termino color se asocia aquí al concepto de color puro, esto es, el color del agua cuya turbidez ha sido eliminada.	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Espectrofotómetro hach.</li><li>✓ Celda de 10 ml.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Realizar un blanco con agua destilada.</li><li>✓ Tomar 10 ml de la muestra en la celda hach.</li><li>✓ Colocar en el espectrofotómetro hach.</li><li>✓ Medir y anotar la lectura directamente.</li></ul>

\*HACH MODEL DR/2800

## POTENCIAL DE HIDRÓGENO

**TABLA 12: STANDARD METHODS\* 4500-HB**

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
El ph es la medida de potencial de hidrogeno el cual nos indica la alcalinidad o acidez del agua en una escala de 0 a 14. Si el pH del agua es menor a 7 se la considera acida, si es mayor a 7 se la considera básica y si es igual a 7 se la considera neutra.	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ pHmetro digital.</li><li>✓ Vaso de precipitación de 600 ml.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Soluciones estándar de pH 4, pH 7 y pH 10.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Calibrar el pHmetro utilizando las soluciones estándar de pH4, pH7 y pH10 en el orden descrito.</li><li>✓ Colocar el electrodo dentro del vaso de precipitación con la muestra.</li><li>✓ Leer el valor en el equipo.</li></ul>

\* STANDARD METHODS APHA-AWWAWPCF EDICIÓN 17

## CONDUCTIVIDAD

**TABLA 13: STANDARD METHODS\* 2510**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO
<p>Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición.</p> <p>Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales presentan coeficientes de conductividad relativamente adecuados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conductímetro digital.</li> <li>✓ Vaso de precipitación de 600 ml.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocar la muestra en un vaso de 600ml.</li> <li>✓ Añadimos el conductímetro y esperamos hasta que se estabilice.</li> <li>✓ Tomamos la lectura la cual viene dada en <math>\mu\text{s/cm}</math>.</li> </ul>

\* STANDARD METHODS APHA-AWWAWPCF EDICIÓN 17

## TURBIEDAD

**TABLA 14: MÉTODO HACH\* 2510**

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
La turbidez mide la intensidad de color en el agua que se obtiene en la captación del agua cruda y agua tratada, el turbidímetro consiste en un nefelómetro en una fuente de luz para iluminar la muestra y uno o más detectores fotoeléctricos con un dispositivo de lectura exterior para indicar la intensidad de la luz dispersada a 90°. Esta medida viene dada en UNT.	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Turbidímetro hach.</li><li>✓ Celda hach</li><li>✓ Papel absorbente.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Calibrar el Turbidímetro con la celda hach 00.</li><li>✓ Colocar la muestra de agua a analizar en la celda hach hasta la medida señalada.</li><li>✓ Tomar directamente la lectura en UNT.</li></ul>

\*TURBIDIMETER HACH

## CLORUROS

**TABLA 15: STANDARD METHODS**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO
El cloruro en la forma de iones $\text{Cl}^-$ , es uno de los principales aniones presentes en el agua, el mismo que se puede encontrar	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bureta</li> <li>✓ Probeta de 50ml.</li> <li>✓ Pipeta de 1ml.</li> <li>✓ Erlenmeyer de 100ml.</li> <li>✓ Pizeta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dicromato de potasio.</li> <li>✓ Nitrato de plata 0,01N</li> <li>✓ Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocar 25 ml de la muestra en un Erlenmeyer.</li> <li>✓ Agregar 4 gotas de dicromato de potasio.</li> <li>✓ Titular con nitrato de plata 0,01N. hasta cambio de color de amarillo a color ladrillo.</li> </ul>

\* STANDARD METHODS APHA-AWWAWPCF EDICIÓN 17

## DUREZA

**TABLA 16: STANDARD METHODS\* 2340 C**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>La dureza del agua se entendió como una medida de su capacidad para precipitar el jabón.</p> <p>La dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de calcio en miligramos por litro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Erlenmeyer de 250ml</li> <li>✓ Pipeta de 1ml.</li> <li>✓ Pera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Muestra.</li> <li>✓ Negro eriocromo T.</li> <li>✓ Solución de EDTA</li> <li>✓ Buffer pH10.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tomar 25 ml de muestra en el Erlenmeyer.</li> <li>✓ Agregar 1ml de cianuro de potasio</li> <li>✓ Agregar 2ml de Buffer pH10.</li> <li>✓ Adicionar una pizca de indicador Negro Eriocromo T.</li> <li>✓ Titular con EDTA 0,02M hasta cambio de color de rojo a azul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los ml valorados por 80.<sup>11</sup></li> </ul>

\*STANDARD METHODS APHA-AWWAWPCF EDICIÓN 17

<sup>11</sup> STANDARD METHODS APHA-AWWA WPCF, EDICIÓN 17

## CALCIO

**TABLA 17: STANDARD METHODS\***

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>El calcio es un elemento de abundancia en la corteza terrestre es un metal alcalinotérreo. Este elemento es necesario para la vida de las plantas y animales. Los iones de calcio que se encuentran disueltos en el agua llegan a formar depósitos en las tuberías cuando el agua es dura es decir cuando</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Erlenmeyer de 250ml</li> <li>✓ Pipeta de 1ml.</li> <li>✓ Pera</li> <li>✓ Bureta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Muestra.</li> <li>✓ Cianuro de potasio.</li> <li>✓ Murexida</li> <li>✓ Solución de EDTA</li> <li>✓ Hidróxido de sodio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tomar 25 ml de muestra en el Erlenmeyer.</li> <li>✓ Agregar 1ml de cianuro de potasio</li> <li>✓ Agregar 1ml de hidróxido de sodio.</li> <li>✓ Adicionar una pizca de indicador Murexida.</li> <li>✓ Titular con EDTA 0,02M hasta cambio de color de rosa a lila.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los ml valorados por el factor correspondiente.</li> </ul>

contiene exceso de calcio.				
----------------------------	--	--	--	--

\*STANDARD METHODS APHA-AWWAWPCF EDICIÓN 17

### SULFATOS

**TABLA 18: STANDARD METHODS\***

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
----------	------------	-----------	---------------	---------

<p>Los sulfatos se hallan distribuidos ampliamente en la naturaleza, en especial están presentes en abundancia en agua dura, existen varios métodos para la cuantificación de los sulfatos, siendo el más exacto el gravimétrico con calcinación del residuo.<sup>12</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Balón de 100ml.</li> <li>✓ Pipeta de 1ml.</li> <li>✓ Pizeta.</li> <li>✓ Espectrofotómetro .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Solución acondicionador a.</li> <li>✓ Cloruro de bario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En un balón de 100ml colocamos una porción de la muestra.</li> <li>✓ Añadimos 2ml de solución acondicionadora.</li> <li>✓ Agregar 1 gr de cloruro de bario y aforar la muestra.</li> <li>✓ Medir en el fotómetro a 410 nanómetros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El valor multiplicar por el factor que le corresponde.</li> </ul>
--	---	---	--	--

\*STANDARD METHODS APHA-AWWAWPCF EDICIÓN 17

## AMONIOS

**TABLA 19: METODO HACH\* 2510**

<sup>12</sup> INNEN 978, Agua Potable, Determinación de Sulfatos.

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULO</b>
El amonio se incorpora al agua procedente de las redes de saneamiento y es otro compuesto significativo a la hora de evaluar la calidad del agua ya que va a contribuir al proceso de eutrofización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Balón de 50ml.</li> <li>✓ Probeta de 25ml.</li> <li>✓ Pipeta de 1ml.</li> <li>✓ Espectrofotómetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Muestra.</li> <li>✓ Amonio molibdato.</li> <li>✓ Cloruro estañoso (glicerina).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tomar 25 ml de muestra en el balón.</li> <li>✓ Agregamos 4ml de amonio molibdato y 0,5ml de glicerina, cambia de color a azul.</li> <li>✓ Aforar la muestra y medir en el fotómetro a 4120 nanómetros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los ml valorados por el factor correspondiente.</li> </ul>

\*STANDARD METHODS APHA-AWWAWPCF EDICIÓN 17

## NITRITOS

**TABLA 20: METODO HACH\***

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULO</b>
Los nitritos aparecen en la naturaleza mediante la oxidación biológica de las ánimas y amoniaco o por reducciones de los nitratos por oxidaciones anaeróbicas, los nitritos en concentraciones de 0,2 -0,4 mg/l resultan ser tóxicos para los peces.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Balón de 50ml.</li> <li>✓ Probeta de 25ml.</li> <li>✓ Pipeta de 1ml.</li> <li>✓ Espectrofotómetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Muestra.</li> <li>✓ Solución A</li> <li>✓ Reactivo B.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocar en un balón aforado de 50ml unos 25ml de la muestra.</li> <li>✓ Añadir 2ml de solución A y 2ml de reactivo B.</li> <li>✓ Aforar la muestra y dejar reposar por 30 minutos.</li> <li>✓ Medir en el fotómetro a 510 nanómetros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Según la longitud multiplicar por el factor correspondiente.</li> </ul>

\*ESPECTROFOTÓMETRO HACH 2800

## NITRATOS

**TABLA 21: METODO HACH\***

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>El nitrato representa el estado de oxidación más alto en el ciclo del nitrógeno y generalmente alcanza concentraciones importantes al final de la oxidación biológica.</p> <p>Las aguas de fuentes superficiales se encuentran en cantidades muy pequeñas, pero en aguas profundas puede alcanzar concentraciones importantes.<sup>13</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Balón de 50ml.</li> <li>✓ Probeta de 25ml.</li> <li>✓ Pipeta de 1ml.</li> <li>✓ Espectrofotómetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Muestra.</li> <li>✓ Nitrover.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocar 10ml de la Encerar el fotómetro en el programa para leer nitritos.</li> <li>✓ Colocar en la celda hach 10ml de la muestra y añadir el sobre de Nitrover.</li> <li>✓ Agitar durante el tiempo indicado y tomar la lectura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La lectura es directa.</li> </ul>

\*ESPECTROFOTÓMETRO HACH 2800

## HIERRO

<sup>13</sup> INNEN 975, Agua Potable, Determinación de Nitrógeno de Nitratos.

**TABLA 22: METODO HACH\* 2510**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Dependiendo de las condiciones del medio, el hierro puede encontrarse en el agua en estado coloidal, peptizado por materia orgánica, formando complejos orgánicos, inorgánicos o en suspensión. <sup>14</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espectrofotómetro hach 2800.</li> <li>✓ Pipeta de 10ml.</li> <li>✓ Celda hach de 10ml.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ferrover.</li> <li>✓ Agua destilada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocar 10ml de la muestra en la celda hach.</li> <li>✓ Colocar el sobre de Ferrover y agitar.</li> <li>✓ Encerar el equipo en el programa para medir hierro.</li> <li>✓ Realizar la lectura de hierro el espectrofotómetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lectura directa.</li> </ul>

\*ESPECTROFOTÓMETRO HACH 2800

<sup>14</sup> INNEN 979, Agua Potable, Determinación de Hierro.

## FOSFATOS

**TABLA 23: METODO HACH\* 2510**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Los fosfatos son sales o esteres del ácido fosfórico, están presentes en el agua en forma de ion fosfato soluble, el cual es el principal causante de la proliferación de los microorganismos como las algas especialmente en el agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espectrofotómetro hach 2800.</li> <li>✓ Pipeta de 10ml.</li> <li>✓ Celda hach de 10ml.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fosver.</li> <li>✓ Agua destilada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocar 10ml de la muestra en la celda hach.</li> <li>✓ Colocar el sobre de fosver y agitar.</li> <li>✓ Encerar el equipo en el programa para medir fosfatos.</li> <li>✓ Realizar la lectura de fosfatos el espectrofotómetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lectura directa.</li> </ul>

\*ESPECTROFOTÓMETRO HACH 2800

## SÓLIDOS TOTALES

**TABLA 24: STANDARD METHODS \***

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULO</b>
Los sólidos totales son todos aquellos residuos de materia que queda en un recipiente luego de su evaporación y secado en una estufa a una temperatura de 103-105°C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Caja Petri.</li> <li>✓ Baño maría.</li> <li>✓ Estufa</li> <li>✓ Desecador</li> <li>✓ Balanza analítica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Muestra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tomar 25 ml de muestra en el balón.</li> <li>✓ Agregamos 4ml de amonio molibdato y 0,5ml de glicerina, cambia de color a azul.</li> <li>✓ Aforar la muestra y medir en el fotómetro a 4120 nanómetros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los ml valorados por el factor correspondiente.</li> </ul>

\*STANDARD METHODS APHA-AWWAWPCF EDICIÓN 17

### SÓLIDOS DISUELTOS

**TABLA 25: METODO HACH\* 2540**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>El calcio es un elemento de abundancia en la corteza terrestre es un metal alcalinotérreo. Este elemento es necesario para la vida de las plantas y animales.</p> <p>Los iones de calcio que se encuentran disueltos en el agua llegan a formar depósitos en las tuberías cuando el agua es dura es decir cuando contiene exceso de calcio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Balón de 50ml.</li> <li>✓ Probeta de 25ml.</li> <li>✓ Pipeta de 1ml.</li> <li>✓ Espectrofotómetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Muestra.</li> <li>✓ Amonio molibdato.</li> <li>✓ Cloruro estañoso (glicerina).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tomar 25 ml de muestra en el balón.</li> <li>✓ Agregamos 4ml de amonio molibdato y 0,5ml de glicerina, cambia de color a azul.</li> <li>✓ Aforar la muestra y medir en el fotómetro a 4120 nanómetros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los ml valorados por el factor correspondiente.</li> </ul>

\*STANDARD METHODS APHA-AWWAWPCF EDICIÓN 17

## **2.3. DATOS EXPERIMENTALES**

### **2.3.1. DIAGNÓSTICO**

El sistema de tratamiento de agua potable de la ciudad de Alausí se abastece en la actualidad del agua proveniente de las fuentes de Aipud, Tixán y Gampala que durante su trayecto viene acarreado gran cantidad de contaminantes orgánicos, que luego de su descomposición generan microorganismos que se deben eliminar en el proceso de potabilización.

Para dar a conocer el estado actual de la planta se realizó el análisis físico-químico y microbiológico del agua de captación proveniente de las diferentes fuentes antes de su ingreso a la planta de tratamiento.

Todos los análisis se realizaron en el laboratorio de análisis técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, ubicada en la ciudad de Riobamba.

#### **2.3.1.1. CAPTACIÓN**

Primeramente consta de una caja de cemento de 1,30m x 1,60 x 1,50m a la cual llega el agua de las tomas de Aipud y Gampala las cuales entran directamente por tubería de PVC a la caseta de cloración sin ningún tratamiento previo teniendo un caudal que oscila entre los 8 y 10 L/s.

Luego tenemos la toma de agua de Tixán que se recolecta en una caja de cemento de 1,30m x 1,65m x 1,00m la cual entra en el interior de la planta mediante tubería de pvc hacia el sedimentador que se encuentra en funcionamiento con un caudal que oscila entre los 18 y 19 L/s.

#### **2.3.1.2. SEDIMENTADORES**

La planta tiene cuatro sedimentadores que están contruidos de hormigón que tienen una altura máxima de 5,3 m, una longitud de 8,83 m y una altura mínima para la declinación de 3,32m, la función principal de estos sedimentadores es retener o sedimentar las partículas más gruesas sin necesidad de productos químicos.

La limpieza de los sedimentadores se los realiza cada tres semanas para remover la formación de algas en las paredes del sedimentador.

Actualmente solo funciona un sedimentador ya que los otros tres están fuera de servicio por un colapso en el interior de su estructura.

#### **2.3.1.3. FILTROS DE ARENA**

Existen cuatro filtros de arena con las siguientes dimensiones. Altura de 3,20m, longitud de 15,34m y una ancho de 4,96 m, los cuales están dispuestos uno junto al otro. El lecho filtrante está constituido por 1m de arena los filtros trabajan de dos en dos y se los lava cada dos semanas manualmente removiendo de la parte superior del filtro para romper la capa de lodos formada por las algas y demás solidos presentes en al agua.

#### **2.3.1.4. CASETA DE CLORACIÓN**

La caseta de cloración es donde se suministra del hipoclorito de calcio al que ingresa a la planta de tratamiento y al agua proveniente de la toma de Aipud y Gampala sin previo tratamiento de filtración o sedimentación, esta caseta se no se encuentra en las mejores condiciones para suministrar la solución de hipoclorito de calcio.

#### **2.3.1.5. TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

Existen tres tanques de almacenamiento de concreto los cuales tienen un diámetro de 10m a 9m donde se almacena el agua que llega de la caseta de cloración para su posterior distribución a los pobladores del cantón.

### **2.3.2. DATOS**

#### **2.3.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUA DE CAPTACIÓN Y AGUA TRATADA.**

El agua de captación fue tomada en los cajones de recepción de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Alausí, el agua tratada fue tomada en dos puntos una en los tanques de almacenamiento después de la desinfección y otra después de unos 300 metros

de los tanques de almacenamiento para observar las variaciones de los parámetros del agua cuando esta es transportada por la tubería.

**TABLA 26: Caracterización Física-Química del agua de captación de la Planta de Agua Potable del Cantón Alausí**

Parámetro	Unidades	16/05/2013		24/05/2013		06/06/2013		13/06/2013	
		1	2	1	2	1	2	1	2
color	Unid Co/Pt	13	11	13	10	14	11	14	10
pH	Unid	7,65	7,7	7,66	7,71	7,62	7,75	7,64	7,77
Conductividad	μSiems/cm	579	332,5	580	330	581	332,5	433	234
Turbiedad	UNT	0,286	0,354	0,281	0,31	0,347	0,192	1,3	0,6
Cloruros	mg/L	1,3	2,01	1,37	1,99	1,39	2,12	1,4	2,1
Dureza	mg/L	263	127	265	125	264	127	264	128
Calcio	mg/L	47	25,3	48	24,9	47,5	25,4	48	25,6
Magnesio	mg/L	34	15,7	34,6	15,8	33,9	15,3	35	15,6
Alcalinidad	mg/L	259	92	258	95	259,8	89,6	260	90
Bicarbonatos	mg/L	264,5	90,2	260,5	89,9	263,8	91,1	265,2	91,8

<b>Sulfatos</b>	mg/L	115	19	120	19	110	19	125,3	5,3
<b>Amonios</b>	mg/L	0,055	0,091	0,053	0,093	0,054	0,093	0,058	0,094
<b>Nitritos</b>	mg/L	0,005	0,006	0,005	0,005	0,009	0,007	0,02	0,01
<b>Nitratos</b>	mg/L	0,4	2,2	0,4	2,65	0,4	2,1	1,2	3,5
<b>Hierro</b>	mg/L	0,04	0,02	0,03	0,02	0,04	0,025	0,059	0,039
<b>Fosfatos</b>	mg/L	0,81	0,811	0,79	0,8	0,795	0,813	0,816	0,39
<b>Solidos Totales</b>	mg/L	374,22	59,03	375,41	58,66	376,61	59,24	320	48
<b>Solidos Disueltos</b>	mg/L	314	178,45	315	177,34	316	179,1	268,5	145,1

1. Agua que ingresa a todo el proceso de tratamiento
2. Agua que ingresa solo al proceso de cloración.

**Tabla 27: Caracterización Microbiológica del agua de captación de la Planta de Agua Potable del Cantón Alausí**

Parámetro	Unidades	16/05/2013		24/05/2013		06/06/2013		13/06/2013	
		1	2	1	2	1	2	1	2
<b>Coliformes Totales</b>	UFC/100ml	3600	300	2900	300	4300	290	22500	10300

<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	<100	<100	<100	<100	100	<100	21800	7500
---------------------------	-----------	------	------	------	------	-----	------	-------	------

**Tabla 28: Caracterización Física-Química del agua tratada de la Planta de Agua Potable del Cantón Alausí**

		13/06/2013	19/06/2013	25/06/2013	NORMA APHA
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
<b>color</b>	Unid Co/Pt	14	13	12	<5
<b>pH</b>	Unid	7,79	7,59	7,65	6,5 – 8,5
<b>Conductividad</b>	μSiems/cm	356	354	353	<1250
<b>Turbiedad</b>	UNT	0,5	0,4	0,6	1
<b>Cloruros</b>	mg/L	11,3	11,1	11,2	250
<b>Dureza</b>	mg/L	204,8	203,8	203,2	200
<b>Calcio</b>	mg/L	41,6	41,1	41,4	70
<b>Magnesio</b>	mg/L	24,5	23,5	24,1	30 – 50
<b>Alcalinidad</b>	mg/L	150	151	149	250 – 300
<b>Bicarbonatos</b>	mg/L	153	151	149	250 - 300

<b>Sulfatos</b>	mg/L	92	90	91	200
<b>Amonios</b>	mg/L	0,086	0,082	0,083	< 0.50
<b>Nitritos</b>	mg/L	0,03	0,02	0,03	0.01
<b>Nitratos</b>	mg/L	1,3	1,1	1,2	<0.40
<b>Hierro</b>	mg/L	0,05	0,04	0,06	0.30
<b>Fosfatos</b>	mg/L	0,026	0,025	0,021	< 0.30
<b>Solidos Totales</b>	mg/L	396	395	394	1000
<b>Solidos Disueltos</b>	mg/L	220,7	220,1	220,3	500

### 3. Agua Potable

**TABLA 29: Caracterización Microbiológica del agua tratada de la Planta de Agua Potable del Cantón Alausí**

		13/06/2013	19/06/2013	25/06/2013	<b>NORMA APHA</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
<b>Coliformes Totales</b>	UFC/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

### 2.3.2.1. Prueba de Jarras Utilizando Sulfato de Aluminio

Las pruebas de jarras que se realizó de las muestras de agua de captación en un día normal y otra prueba para un día con lluvia se las dosificaron una cantidad sulfato de aluminio de 2 y 3 ml a una concentración de 1ppm para realizar las mediciones de color y turbiedad. La solución se preparó a partir de 0,001 gr de sulfato de aluminio aforado en 1 litro de agua.

**TABLA 30: Prueba de jarras para el agua de captación.**

29/05/2013					30/05/2013				31/05/2013 Agua Lluvia			
ml	Tutb.	Color	pH	Cond.	Tutb.	Color	pH	Cond.	Tutb.	Color	pH	Cond.
0,6	0,821	6	7,63	345	0,295	4	7,43	344				
0,8	0,73	5	7,59	342	0,128	3	7,56	344	0,677	8	7,75	377
1	0,212	<1	7,53	342	0,091	1	7,57	342	0,199	6	7,6	370
2	0,196	<1	7,48	342	0,391	<1	7,43	341	0,168	3	7,7	365
3	2,01	<1	7,41	341	0,235	<1	7,39	339	0,182	3	7,76	364
4	0,195	<1	7,23	228	0,25	<1	7,44	335				
5	0,238	<1	7,18	335	0,203	<1	7,51	332				



# **CAPÍTULO III**

### 3. LINEA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. CÁLCULOS

##### 3.1.1. Rejillas

###### - Área Libre

Se usa el caudal máximo de la planta y la velocidad mínima se utiliza la ecuación 1:

$$A_L = \frac{Q_{max}}{v}$$

$$A_L = \frac{0,030605 \frac{m^3}{s}}{0,6 \frac{m}{s}}$$

$$A_L = 0,051 m^2$$

###### - Tirante del agua en el canal (h)

El tirante del agua se calcula mediante el área libre y el ancho del canal b en la ecuación

2:

$$h = \frac{A_L}{b}$$

$$h = \frac{0,0027 m^2}{0,3 m}$$

$$h = 0,17 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura del canal (H)**

La altura del canal es indispensable considerar la altura de seguridad y la altura del tirante, y mediante la ecuación 3 se calcula lo siguiente:

$$H = h + H_s$$

$$H = 0,17 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$$

$$H = 0,67 \text{ m}$$

- **Cálculo de la longitud de las barras (L<sub>b</sub>)**

La longitud de las barras se determina con la altura del canal y el ángulo de inclinación según la Ecuación 4:

$$L_b = \frac{H}{\text{sen } \emptyset}$$

$$L_b = \frac{0,67 \text{ m}}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$L_b = 0,79 \text{ m}$$

- **Cálculo del número de barras (n)**

En el número de barras se aprecia el espesor y la separación entre barras que mediante la Ecuación 5 tenemos:

$$n = \frac{b}{e + S}$$
$$n = \frac{0,3 \text{ m}}{0,01 \text{ m} + 0,015 \text{ m}}$$
$$n = 12$$

- **Pérdida de carga (Hf)**

Mediante la velocidad mínima  $V$  y la velocidad de aproximación  $V_a$  de la Ecuación 6 calculamos la pérdida de carga así:

$$H_f = \frac{1}{0,7} * \left( \frac{V - V_a}{2g} \right)$$
$$H_f = \frac{1}{0,7} * \left( \frac{0,6 - 0,45}{2 * 9,8} \right)$$
$$H_f = \frac{1}{0,7} * \left( \frac{0,15 \text{ m/s}}{19,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right)$$
$$H_f = 0,011\text{m}$$

- **Velocidad en el canal de aproximación**

Se comprueba la velocidad que el agua residual tiene en el canal mediante la Ecuación 7:

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

$$V = \frac{0,030605 \frac{m^3}{s}}{0,051 m^2}$$

$$V = 0,6 \frac{m}{s}$$

### 3.1.2. Sedimentador

#### - Cálculo del área del sedimentador

El área del sedimentador se determina mediante la Ecuación 10 y para la carga superficial se estima de la tabla 4:

$$A = \frac{Q_{Diseño}}{carga\ superficial}$$

$$A = \frac{1 \cdot 661,0675 \frac{m^3}{d}}{24 \frac{m^3}{m^2 * d}}$$

$$A = 27,54m^2$$

#### - Diámetro

El diámetro del sedimentador se determina mediante la Ecuación 11:

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{27,54 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$\emptyset = 5,922 \text{ m}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

r = radio (m)

$\emptyset$  = diámetro (m)

#### - **Radio**

Y el radio del sedimentador se calcula mediante la Ecuación 12:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{27,54 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$r = 2,96 \text{ m}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

r = radio (m)

Ø = diámetro (m)

- **Volumen del sedimentador**

Para determinar su volumen del sedimentador se delimita primero sus dos factores: largo y ancho con una relación 1:2:

El **ancho** del tanque del sedimentador según la Ecuación 17 se tiene:

$$a = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$a = \sqrt{\frac{27,54 \text{ m}^2}{2}}$$

$$a = 3,71 \text{ m}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

L = largo del sedimentador (m)

a = ancho del sedimentador (m)

El **largo** del tanque del sedimentador se propone una relación 1:2 con respecto a su ancho y según la ecuación 16 tenemos:

$$L = 2a$$

$$L = 2 * 3,71 \text{ m}$$

$$L = 7,42 \text{ m}$$

Entonces el volumen del sedimentador se determina mediante su área y el largo del mismo, y según la Ecuación 14 es:

$$V = L * A$$

$$V = 7,42 \text{ m} * 27,54 \text{ m}^2$$

$$V = 204,38 \text{ m}^3$$

- **Tiempo de retención hidráulico**

Mediante el caudal de la planta se tiene el tiempo de retención hidráulico así:

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

$$Tr = \frac{204,38 \text{ m}^3}{27,54 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$Tr = 7,42 \text{ h}$$

Dónde:

Tr = tiempo de retención (h)

V = volúmen (m<sup>3</sup>)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/ h)

- **Velocidad de arrastre**

Dentro de la velocidad de arrastre se consideran valores constantes como K, g, d y f; y mediante la Ecuación 19 tenemos:

$$Vh = \left[ 8K(s - 1)g * \frac{d}{f} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Vh = \left[ 8 * 0,05(1,05 - 1)9,8 * \frac{0,01}{0,03} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Vh = 0,256 \frac{m}{s}$$

Dónde:

Vh = Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de las partículas (m/s).

K = constante de cohesión que depende del tipo de material arrastrado (0,04 para arena uní granular, 0,06 para material más aglomerado) para este caso se utilizara 0,05.

s = densidad relativa de las partículas para el cálculo usaremos el valor 1,05

$g$  = aceleración de la gravedad  $9,8 \text{ m/s}^2$

$d$  = diámetro de las partículas  $0,01$

$f$  = los valores más utilizados para  $f$  factor de fricción de Darcy-Weisbach van desde  $0,02$  hasta  $0,03$  utilizaremos en este caso el ultimo valor.

#### - Tasa de Remoción de los SST

Para conocer la remoción de los SST se consideran  $a$  y  $b$  constantes empíricas, y mediante la Ecuación 26 se tiene:

$$R = \frac{T_r}{a + b * T_r}$$

$$R = \frac{7,42}{0,0075 + 0,014 * 7,42}$$

$$R = 66,62 \%$$

#### - Área requerida por las Paletas

Para el cálculo del dimensionamiento de las paletas se considera la constante de dimensionamiento  $C_D$  y mediante la Ecuación 22 tenemos:

$$A = \frac{1 * P}{C_D * \gamma * v^3}$$

$$A = \frac{1 * 1}{1,16 * 1,39 * (0,75)^3}$$

$$A = 1,47 \text{ m}^2$$

Dónde:

A = área de la sección transversal de las paletas ( $\text{m}^2$ )

P = potencia necesaria (HP)

$C_D$  = coeficiente de resistencia al avance de las paletas

$\gamma$  = densidad del fluido ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

v = velocidad relativa de las paletas (0,6 – 0,75 m/s)

Se despeja el área de la sección transversal requerida de las paletas:

- **Longitud de la paleta**

Esta relación entre el área de la paleta y su ancho para determinar la longitud de la misma, para ello se tiene:

$$l = \frac{A}{b}$$

$$l = \frac{1,47 \text{ m}^2}{0,80 \text{ m}}$$

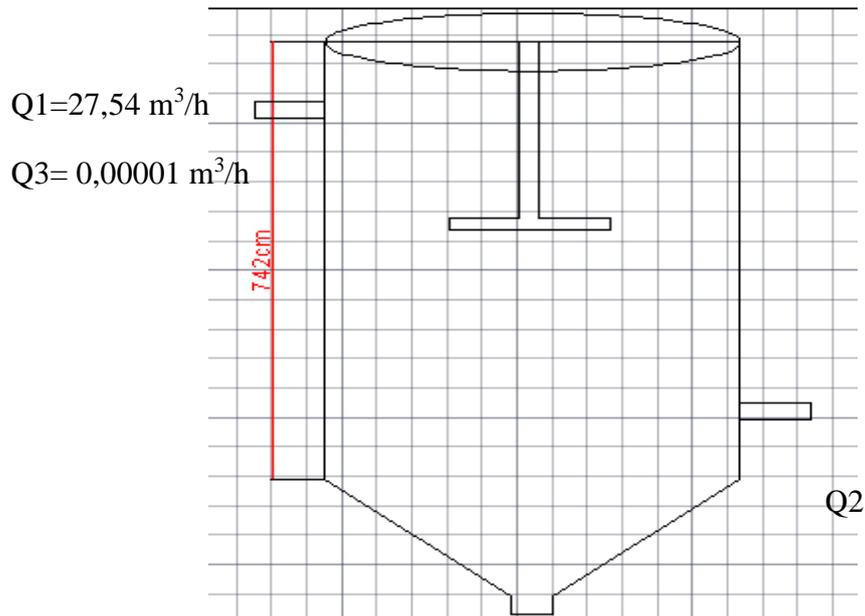
$$l = 1,80 \text{ m}$$

Dónde:

l = longitud de la paleta (m)

b = ancho de la paleta (m)

- **Balance de masa del sedimentador**



$$S = 0,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_1 + Q_3 = Q_2 + S$$

Dónde:

- ✓  $Q_1$  = Entrada del caudal de agua a tratar ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- ✓  $Q_3$  = Entrada de solución de sulfato de aluminio ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- ✓  $Q_2$  = Salida del proceso del efluente ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- ✓  $S$  = salida del sedimento generado por el proceso ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

Desarrollando el balance tenemos

$$Q1 + Q3 = Q2 + S$$

$$27,54 + 0.00001 = Q2 + 0.66$$

$$27,54001 - 0.66 = Q2$$

$$Q2 = 26,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 3.1.3. Pre cloración

- Peso de Cloro

$$\text{Peso de cloro} = \frac{V_{H2O} \times DCl}{[Ca(ClO)_2] \times 10}$$

$$\text{Peso de cloro} = \frac{100L \times 0.025 \text{ mgr/L}}{0,65 \times 10}$$

$$\text{Peso de cloro} = 38,4615 \text{ mgr}$$

Dónde:

$V_{H2O}$  = volumen de agua

DCl= dosis de cloro

$[Ca(ClO)_2]$  = concentración de hipoclorito de sodio

### 3.1.4. Determinación de la cantidad de cloro.

$$X_i = \frac{W_{cl}}{W_T}$$

$$X_i = \frac{70,9 \text{ gr}}{142,9 \text{ gr}}$$

$$X_i = 0.496$$

$$\frac{0.025 \text{ gr}}{25 \text{ gr}} = \frac{100 \text{ ml}}{100000 \text{ ml}}$$

$$W_{\text{hipoclorito}} = \frac{25 \text{ g}}{0.496}$$

$$W_{\text{hipoclorito}} = 50,403 \text{ gr al } 100\%$$

$$W_{\text{hipoclorito}} = \frac{50,403 \text{ g}}{0,65}$$

$$W_{\text{hipoclorito}} = 77,54 \text{ gr al } 65 \% \text{ de hipoclorito de calcio}$$

Dónde:

$X_i$  = Fracción molar

$W_{Cl}$  = peso del cloro

$W_T$  = peso del hipoclorito de calcio

### 3.1.5. Dosificación de Ca(OCl)<sub>2</sub>

$$D_{Cl} = Q_{ent} * C$$

$$D_{Cl} = 30.8 \frac{L}{s} * 0.025$$

$$D_{Cl} = 0,77 \frac{L}{s}$$

Dónde:

D<sub>Cl</sub> = dosis de cloro por día que se necesita para la desinfección (ml/min)

Q<sub>ent</sub> = caudal de entrada al tanque de cloración (L/ d)

C = concentración de hipoclorito (mg/L)

### 3.1.6. Reducción de Coliformes

$$\frac{N}{N_o} = (1 + 0,23 * C * t)^{-3}$$

$$\frac{N}{N_o} = (1 + 0,23 * 0.025 * 30)^{-3}$$

$$\frac{N}{N_o} = (1 + 0,23 * 0.025 * 30)^{-3}$$

$$\frac{N}{N_o} = 3,27523E - 05$$

Dónde:

$N/N_0$  = número de unidades por muestra

C = concentración de hipoclorito (mg/L)

t = tiempo de contacto (s)

### **3.1.7. Reservorio de hipoclorito de calcio en solución**

$$V_T = Q_{Diseño} * T_c$$

$$V_T = 110.88 \text{ m}^3/\text{h} * 0.5 \text{ h}$$

$$V_T = 55.44 \text{ m}^3$$

Dónde:

$V_T$  = volumen del tanque de cloración ( $\text{m}^3$ )

$Q_{Diseño}$  = caudal de diseño ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$T_c$  = tiempo de contacto del agua tratada con la dosis de cloro (h)

## **3.2. RESULTADOS**

### **3.2.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL CAUDAL**

La medición del caudal se realizó en las zonas de captación de agua antes de su ingreso al tratamiento de la planta de agua potable.

**TABLA 31: Resultados diarios de la medición del caudal.**

HORA	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
	Caudal (Lt/min)	caudal Lt/s	Caudal	caudal Lt/s	Caudal	caudal Lt/s	Caudal	caudal Lt/s	Caudal	caudal Lt/s	Caudal	caudal Lt/s	Caudal	caudal Lt/s
6:30	1283,742	21,396	1574,931	26,249	1657,429	27,624	1742,359	29,039	1644,328	27,405	1593,395	26,557	1741,535	29,026
7:00	1251,702	20,862	1571,709	26,195	1635,984	27,266	1742,105	29,035	1736,431	28,941	1694,625	28,244	1899,758	31,663
7:30	1339,149	22,319	1674,876	27,915	1652,053	27,534	1735,738	28,929	1658,387	27,640	1609,079	26,818	1763,182	29,386
8:00	1546,155	25,769	1859,375	30,990	1610,471	26,841	1726,808	28,780	1763,980	29,400	1586,237	26,437	1846,242	30,771
8:30	1484,070	24,734	1881,914	31,365	1599,854	26,664	1709,604	28,493	1669,432	27,824	1509,718	25,162	1811,082	30,185
9:00	1491,782	24,863	1781,947	29,699	1624,813	27,080	1711,152	28,519	1729,944	28,832	1464,236	24,404	1879,178	31,320
9:30	1494,961	24,916	1812,475	30,208	1768,083	29,468	1763,922	29,399	1857,914	30,965	1499,097	24,985	1871,649	31,194
10:00	1369,533	22,826	1697,319	28,289	1709,664	28,494	1757,616	29,294	1661,979	27,700	1475,304	24,588	1962,415	32,707
10:30	1513,321	25,222	1873,358	31,223	1707,818	28,464	1703,171	28,386	1759,533	29,326	1414,597	23,577	1786,383	29,773
11:00	1514,807	25,247	1748,126	29,135	1659,948	27,666	1700,355	28,339	1870,713	31,179	1349,786	22,496	1788,858	29,814

11:30	1414,476	23,575	1692,143	28,202	1742,777	29,046	1840,542	30,676	1786,252	29,771	1407,838	23,464	1741,151	29,019
12:00	1466,809	24,447	1695,138	28,252	1913,837	31,897	1930,311	32,172	1737,203	28,953	1450,313	24,172	1825,808	30,430
12:30	1466,828	24,447	1887,522	31,459	1742,754	29,046	1803,934	30,066	1633,682	27,228	1670,070	27,834	1791,152	29,853
13:00	1494,819	24,914	1827,855	30,464	1704,729	28,412	1712,037	28,534	1673,909	27,898	1555,588	25,926	1924,748	32,079
13:30	1577,016	26,284	1829,472	30,491	1749,015	29,150	1800,939	30,016	1634,520	27,242	1686,869	28,114	1842,845	30,714
14:00	1570,083	26,168	1896,800	31,613	1697,517	28,292	1733,023	28,884	1690,665	28,178	1723,632	28,727	1787,148	29,786
14:30	1402,209	23,370	1890,872	31,515	1689,172	28,153	1762,957	29,383	1747,259	29,121	1753,339	29,222	1766,201	29,437
15:00	1616,005	26,933	1861,484	31,025	1708,248	28,471	1780,045	29,667	1718,341	28,639	1681,892	28,032	1843,009	30,717
15:30	1593,413	26,557	1836,007	30,600	1713,275	28,555	1743,347	29,056	1724,442	28,741	1640,464	27,341	1959,142	32,652
16:00	1464,770	24,413	1784,885	29,748	1672,326	27,872	1733,871	28,898	1648,640	27,477	1737,350	28,956	1855,596	30,927
16:30	1580,728	26,345	1807,624	30,127	1738,201	28,970	1802,093	30,035	1720,718	28,679	1783,278	29,721	1754,294	29,238
17:00	1550,082	25,835	1798,951	29,983	1740,097	29,002	1810,398	30,173	1708,880	28,481	1715,401	28,590	1957,524	32,625
p			1785,6		1701,7		1761,1		1717,1		1591,0			
caudal	1476,657	24,611	72	29,761	30	28,362	97	29,353	43	28,619	05	26,517	1836,314	30,605

FUENTE: Casco C., 201

### 3.2.2 Resultados del Sedimentador

Nos ayuda a la remoción de sólidos en suspensión y a la mezcla del floculante y adición de cloro para el tratamiento de pre cloración

**TABLA 32: RESULTADO DEL SEDIMENTADOR**

<b>DETALLE</b>	<b>RESULTADO</b>
Área del sedimentador	27,54 m <sup>2</sup>
Ancho	3,71 m
Largo	7,42 m
Volumen	204,38 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	7,42 h
Remoción de los SST	66,62 %
Ancho de la paleta	0,80 m
Longitud de la paleta	1,80 m

**FUENTE:** Autor

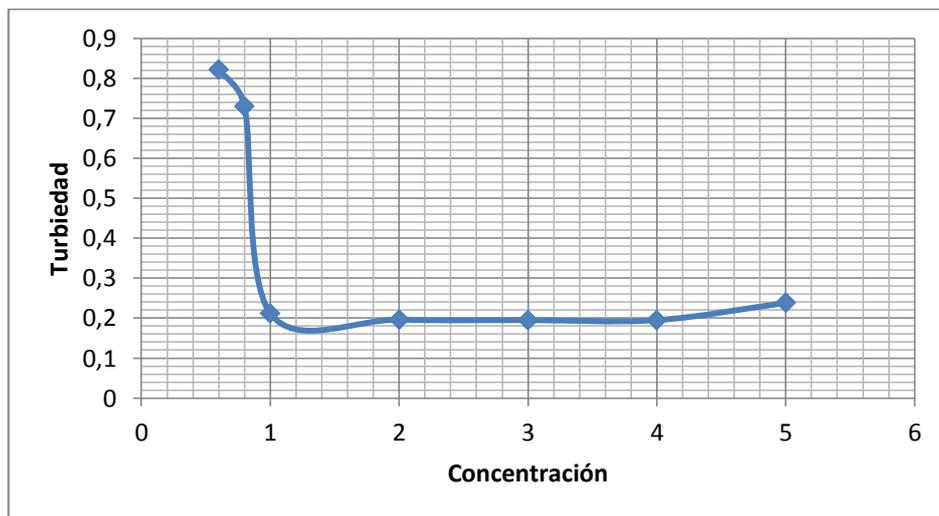
### 3.2.3 Resultados de la pruebas de tratabilidad.

Las pruebas de tratabilidad resultó con el floculante sulfato de aluminio, con una dosificación de 2 ml por Litro de muestra. En donde se observa las siguientes resultados promedio de dichas pruebas:

**TABLA 33: Disminución de la turbiedad**

<b>TURBIEDAD</b>	0,821	0,730	0,212	0,196	0,195	0,195	0,238
<b>CONC.</b>	0,6	0,8	1	2	3	4	5

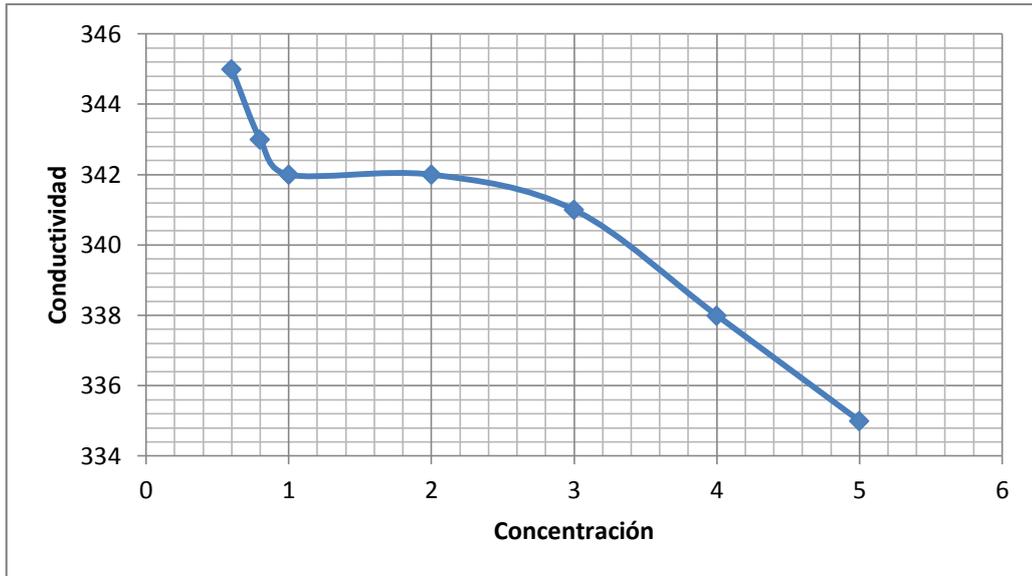
**Gráfico 1: Disminución de la turbiedad**



**TABLA 34: Variación de la conductividad**

<b>CONDUCTIVIDAD</b>	345	343	342	342	341	338	335
<b>CONC.</b>	0,6	0,8	1	2	3	4	5

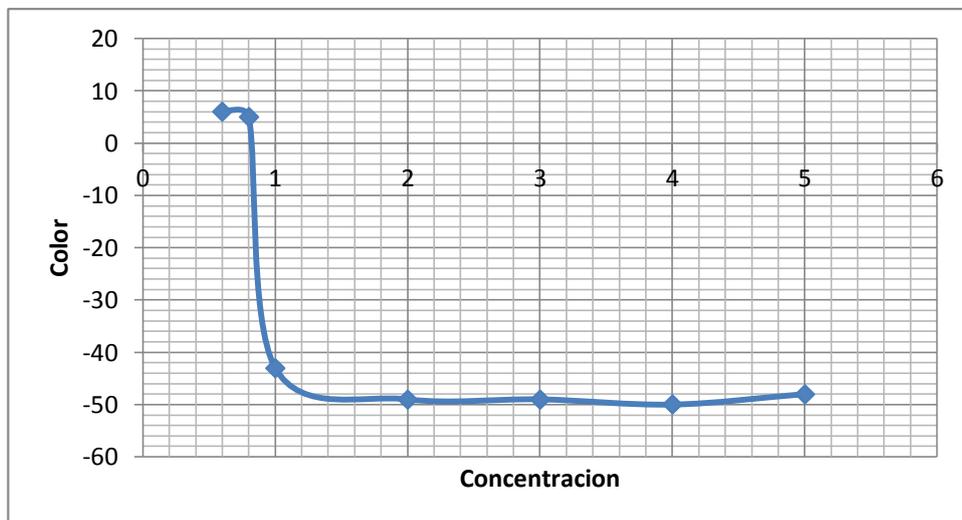
**Gráfico 2: Variación de la Conductividad**



**TABLA 35: Color**

<b>COLOR</b>	6	5	-43	-49	-49	-50	-48
<b>CONC.</b>	0,6	0,8	1	2	3	4	5

**Gráfico 3: Variación del color**



### 3.2.3 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA TRATADA.

Después de diversas pruebas de tratabilidad, los parámetros de análisis que estaban fuera norma han disminuido considerablemente hasta obtener parámetros que se encuentren dentro del límite permisible para agua de consumo.

**TABLA 36: Análisis Físico Químico Final**

		Promedio	NORMA APHA
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>3</b>	
<b>color</b>	Unid Co/Pt	<1	<5
<b>pH</b>	Unid	7,53	6,5 – 8,5
<b>Conductividad</b>	μSiems/cm	342	<1250
<b>Turbiedad</b>	UNT	0,212	1

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 Ed, Standard Methods.

**FUENTE:** Laboratorio de análisis técnicos – ESPOCH.

## 3.3 PROPUESTA

### 3.3.1 Sistema de captación

Por la situación geológica de las fuentes de agua del cantón Alausí el transporte de las mismas hacia la planta de agua potable se la debe realizar mediante tubería de PVC para evitar que esta se contamine.

Este sistema de transporte debe constar con medidores de caudal para tener una mejor estimación de la cantidad de agua que está ingresando a la planta para su tratamiento.

### **3.3.2 Floculación**

Se debe suministrar sulfato de aluminio en una concentración de 10 ppm para garantizar que el color y la turbiedad se encuentren dentro de los parámetros descritos en la norma APHA. Se dosifica mediante un dosificador automático una cantidad de 2 ml/s a la cantidad de agua a tratar.

La preparación de esta concentración se la realiza pesando 0,01 gr de sulfato de aluminio y diluyéndolo en 1 L de agua.

Para el cálculo de la concentración final de sulfato de aluminio en el agua tratada con el floculante usamos la siguiente formula:

### **3.3.3 Pre cloración**

En este caso la cloración es el primer tratamiento que se aplica al agua. De esta forma se logra mejorar: 1) el funcionamiento de los filtros ya que se reduce y ecualiza la cantidad de microorganismos y algas y se controla la formación de barros y limo; 2) la coagulación; y 3) la eliminación de compuestos generadores de sabor, olor y color por medio de la oxidación de los mismos y retardando de su descomposición en los decantadores.

Además, este agregado inicial de cloro sirve como barrera de protección adicional cuando las fuentes de agua están muy contaminadas, lo que permite trabajar con niveles de cloro residual mucho más bajos en las redes de distribución. Como con esta práctica lo que se persigue es alcanzar el máximo tiempo de contacto posible a lo largo de toda la planta potabilizadora, normalmente se prefiere agregar el cloro en el canal de aducción. Otro punto de uso frecuente es la cámara de mezcla rápida donde se incorpora el coagulante.

La cantidad de cloro a aplicar dependerá del objetivo de la cloración ya que, en algunos casos, puede ser conveniente mantener una determinada concentración de cloro residual libre, mientras que en otros, puede ser suficiente mantener cloro residual combinado. Esta práctica exige un cuidadoso control para mantener el nivel de cloro residual apropiado (libre o combinado) para alcanzar el objetivo preestablecido, ya que no ser así, no sólo se perderían las ventajas antes mencionadas sino que, además, se debe minimizar la formación de subproductos de la desinfección.

Esto ha llevado a que la pre-cloración como método para eliminar olores, hierro, manganeso, o para controlar crecimiento microbiológico en las unidades de tratamiento, se haya ido sustituyendo poco a poco por oxidantes alternativo. <sup>15</sup>

### **3.3.3.1 Diseño de tanque de Pre cloración**

Es necesario la construcción de un tanque de 100 litros que contenga la solución de hipoclorito de calcio la cual se va suministrar a el agua de captación para tratar de eliminar

---

<sup>15</sup> ENOHSA Ente Nacional De Obras Hídricas Sanitarias Cap. X- Desinfección.

en su mayoría los fosfatos que son responsables de la proliferación de las algas que causan la saturación excesiva de los filtros de arena.

Para lo cual debemos suministrar de 3 a 5 ppm de esta solución por medio de un difusor que generalmente se lo diseña con perforaciones para que cada orificio tome un flujo de 0.06 – 0,13 L/s a una velocidad de 3 – 4,5 m/s.

Para la preparación de la solución y determinación de la concentración de cloro a utilizar se utiliza la siguiente formula:

### 3.3.4 Esquema de la optimización de la planta.

**TABLA 37: Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable**

<b>ESTADO ACTUAL</b>	<b>PROPUESTA</b>
<p>CAPTACIÓN 1</p> <p>Concreto 1,50m x 1,50m x 1m</p> <p>Q=12 L/s</p>	<p>PRECLORACIÓN</p> <p>Plástico de 100 L</p> <p>Dosificación automática 2,5%.</p>
<p>CAPTACIÓN 2</p> <p>Concreto 1,60m x 1,50m x 0,8m</p> <p>Q=18,8 L/s</p>	<p>CAPTACIÓN</p> <p>Concreto 1,60m x 1,50m x 0,8m</p> <p>Q=30,8 L/s</p>

<p><b>SEDIMENTADORES</b></p> <p>Hormigón 8,83m x 2,48m x 3,32m</p> <p>Altura de declinado hasta 3, 37m</p>	<p><b>SEDIMENTADORES</b></p> <p>Hormigón 8,83m x 2,48m x 3,32m</p> <p>Altura de declinado hasta 3, 37m</p>
<p><b>FILTROS DE ARENA</b></p> <p>Hormigón 15,34m x 4,96M x 3,20m</p> <p>Lavado manual cada 2 semanas.</p>	<p><b>FILTROS DE ARENA</b></p> <p>Hormigón 15,34m x 4,96M x 3,20m</p> <p>Lavado manual aproximado 4 semanas.</p>
<p><b>CLORACIÓN</b></p> <p>Plástico de 100 L</p> <p>Dosificación manual.</p>	<p><b>CLORACIÓN</b></p> <p>Plástico de 100 L</p> <p>Dosificación automática 0,1ppm.</p>

**FUENTE:** Casco C., 2013

### **3.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Las diferentes caracterizaciones iniciales del agua de captación de la ciudad de Alausí determinó los parámetros analizados presentaban valores fuera de los límites de la normativa establecida por la norma APHA, parámetros como la dureza 263 mg/L, los fosfatos 0,8 ml/L, coliformes totales 22500 UFC y coliformes fecales con 21800 UFC.

Esta agua de captación tiene una elevada tasa de contaminación microbiológica por lo cual se propuso el sistema de pre cloración para eliminar la mayor cantidad de estos contaminantes y ayudar a que los filtros de arena tengan un mayor tiempo de vida útil.

Para saber los procesos adecuados a optimizar adecuados se conoció todo el proceso de la planta de tratamiento y los fallos presentes en la misma como mala dosificación de los productos químicos y desconocimiento del caudal real que presenta la planta, para ello se realizaron diversas pruebas de tratabilidad se realizaron durante 30 días, y como resultado se obtuvo la disminución de varios parámetros con el empleo del floculante sulfato de aluminio a 10 ppm con una dosis de 2 ml por Litro la muestra presenta una mayor clarificación y reducción de conductividad u turbiedad presente en la misma,

Después se realizó una pre cloración con hipoclorito de calcio con una dosificación de 0,2 ml/min de muestra previamente tratada con el floculante a una concentración del 2,5% para eliminar casi la mayor parte de los microorganismos.

Para el funcionamiento integro de la planta se planteo es sistema descrito en la propuesta de optimización para garantizar una agua de calidad que cumple con la normativa vigente RT INEN 1108 y normativa APHA

Para la puesta en marcha de la optimación de la planta se consideró de un presupuesto de la obra en bruto lo que involucra los sedimentadores, dosificadores, tuberías, válvulas, bombas con un monto de 25 mil dólares americanos.

# CAPÍTULO IV

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- Para realizar la Optimización de la Planta de Agua Potable del Cantón Alausí es necesario rediseñar los sedimentadores que están presentes en la misma para garantizar que todo el proceso de potabilización se realice, de la mejor manera posible proporcionando un agua de calidad.
- El caudal máximo de tratamiento que la planta procesa es de 30.8 L/s, la optimización implica un aumento de caudal ya que existen otras fuentes que proveen agua para el sistema.
- Las variables de optimización para el proceso luego de una semana de monitoreo en la empresa se determinó que fueron la concentración de cloro que es de 5 ppm y su dosificación adecuada 0,003 L/s, también otra variable importante a tomar en cuenta es el nuevo diseño del sedimentador cuyos valores de diseño están dados en la TABLA 32.
- Las pruebas de las diferentes caracterizaciones realizadas nos dieron a conocer los parámetros que son importantes a considerar y que se encuentran fuera de la normativa antes que el agua ingrese al proceso de tratamiento como coliformes cuyo resultado di un valor de 22500 UFC y su límite es de cero totales, coliformes

fecales que dio un valor 21800 UFC y su valor límite es cero , color que dio un valor de 14 cuyo valor permisible es  $<5$  , fosfatos con un valor 0,81 y con valor máximo de  $<0,3$ .

- Para el caudal máximo se tomó en cuenta los días de lluvia en cual aumenta considerablemente la cantidad de agua hasta alcanzar una cantidad de 30,8 L/s este valor es el promedio general de 7 días de muestreo en el cual se realizó todas las mediciones insitu para su determinación .
- Para diagnóstico del estado actual de la planta se realizó un monitoreo de 10 horas durante 7 días con el fin de obtener la variación de caudal que en promedio nos dio unos 30.8 L/s, los métodos de limpieza de la planta que se los realiza cada 2 semanas y medios de preparación de soluciones que se lo realiza en recipientes de 100 L y su dosificación que se lo hace según la experiencia de los operadores.
- La dosificación más adecuada según la organización mundial de la salud después de realizar un pre cloración nos recomienda dosificar 5 mg/L de hipoclorito de calcio con un tiempo de contacto de 30 minutos que se realiza en los tanques de almacenamiento para su posterior distribución a la población.
- La caracterización final del agua a la salida de los tanques de almacenamiento nos dio la seguridad de que el proceso de optimización se realiza de una manera adecuada ya que los parámetros que están fuera de norma como: como coliformes totales cuyo resultado di un valor de ausencia UFC cumpliendo con la norma,

coliformes fecales que dio un valor de ausencia UFC cumpliendo con la norma, color que dio un valor de 0,212 cuyo valor permisible es  $<5$  y cumple con la norma , fosfatos con un valor 0,026 y con valor máximo de  $<0,3$  el cual cumple con la normativa descrita en este proyecto.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

- Es necesario el cambio del sistema de cloración de hipoclorito de calcio por un dosificador de cloro gas que sea automático para evitar que se suministre cantidades excesivas de cloro al agua.
  
- Dirigir el flujo de agua de captación de la zona de Tixán al tratamiento de sedimentación y filtración de la planta para tener un agua de mejor calidad para el consumo.
  
- Es recomendable cambiar las válvulas existentes en la planta por válvulas SDV de control automático para garantizar un volumen constante de agua que este ingresando a las diferentes fases del proceso de potabilización.
  
- Es indispensable la capacitación del personal que trabaja en la planta para el manejo y dosificación de los productos químicos existentes en la planta.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. **FRANK R.**, Manual Del Agua Potable., 2ª ed., Zaragoza-España, Acribia S.A., 2004., Pp. 217-229
2. **METCALF & EDDY.**, Ingeniería de Aguas Residuales., 3a. ed., España., Graw-Hill., 1995., Pp. 41 - 60, 231 – 240.
3. **ROMERO J.**, Potabilización del Agua., 3ª ed., Bogotá –Colombia., Alfaomega., 2002., Pp.67, 71 - 74, 233 – 246.
4. **ROJAS, J.A.**, Potabilización del Agua., 3a ed., México D.F- México., Alfa Omega., 1999., Pp. 119-145, 247-255.
5. **ROJAS, J.A.**, Potabilización del Agua., 3a ed., México D.F- México., Alfa Omega., 1999., Pp. 119-145, 247-255.

6. **ALDEZ C., VÁZQUEZ A.**, Ingeniería De Los Sistemas De Tratamiento y Disposición De Aguas Residuales., México D.F. - México., Fundación ICA., 2003., Pp.59, 77-81, 90 - 94, 97 - 103, 127 - 133, 255 - 263.
  
7. **ENOHSA**, Ente Nacional De Obras Hídricas De Saneamiento. Fundamentación – Cap. X. Desinfección., 2ª ed., Buenos Aires –Argentina., 2008., Pp. 297.
  
8. **ESPAÑA., APHA, AWWA, WPCF. STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER.**, Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17a ed., Madrid., España., 1992., Pp. 2-42, 4-116.
  
9. **GUATEMALA., MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL.**, Tratamiento Y Desinfección De Agua Para Consumo Humano Por Medio De Cloro., Ciudad de Guatemala –Guatemala., 2006., Pp. 80.
  
10. **MEXICO., COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.**, Alcantarillado Sanitario, Manual De Agua Potable, Alcantarillado Y Saneamiento., 2ª ed., México D.F.-México., 2006., Pp. 29.

#### 11. **CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE**

[http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_03\\_Caracteristicas\\_del\\_Agua\\_Potable.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf),

2013-04-05.

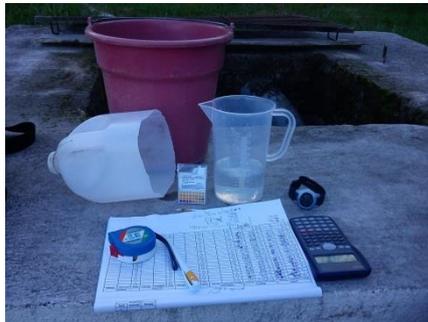
# **ANEXOS**

**ANEXOS A**  
**MEDICIÓN DEL CAUDAL**

**a.**



**b.**



**c.**



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	MEDICIÓN DEL CAUDAL		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a Canal b Materiales c Medición caudal	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	Cristian Paul Casco Vallejo	01	1:1	01/09/13

**ANEXOS B**  
**PLANTA ACTUAL**

**a.**



**b.**



**c.**



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	PLANTA ACTUAL		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a Aireador b Sedimentador y filtro de arena c Caseta de cloración	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	Cristian Paul Casco Vallejo	02	1:1	01/09/13

--	--	--	--	--	--

**ANEXOS C**

**VISTA SATELITAL DE LA PLANTA ACTUAL**



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	PLANTA ACTUAL		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a Sedimentador. b Filtros de arena. c Caseta de cloración.	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	Cristian Paul Casco Vallejo	03	1:1	01/09/13

d Tanques de almacenamiento.					
------------------------------	--	--	--	--	--

**ANEXOS D**

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN**

**a.**



**b.**



**c.**



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	OPTIMIZACIÓN		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a Tomas de captación unidas b Tubería PVC	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR				

c Medidor de caudal	POR CALIFICAR PARA INFORMACION	Cristian Paul Casco Vallejo	04	1:1	01/09/13
---------------------	--------------------------------	-----------------------------	----	-----	----------

**ANEXOS E**

**VISTA SATELITAL DE LA PLANTA OPTIMIZADA**

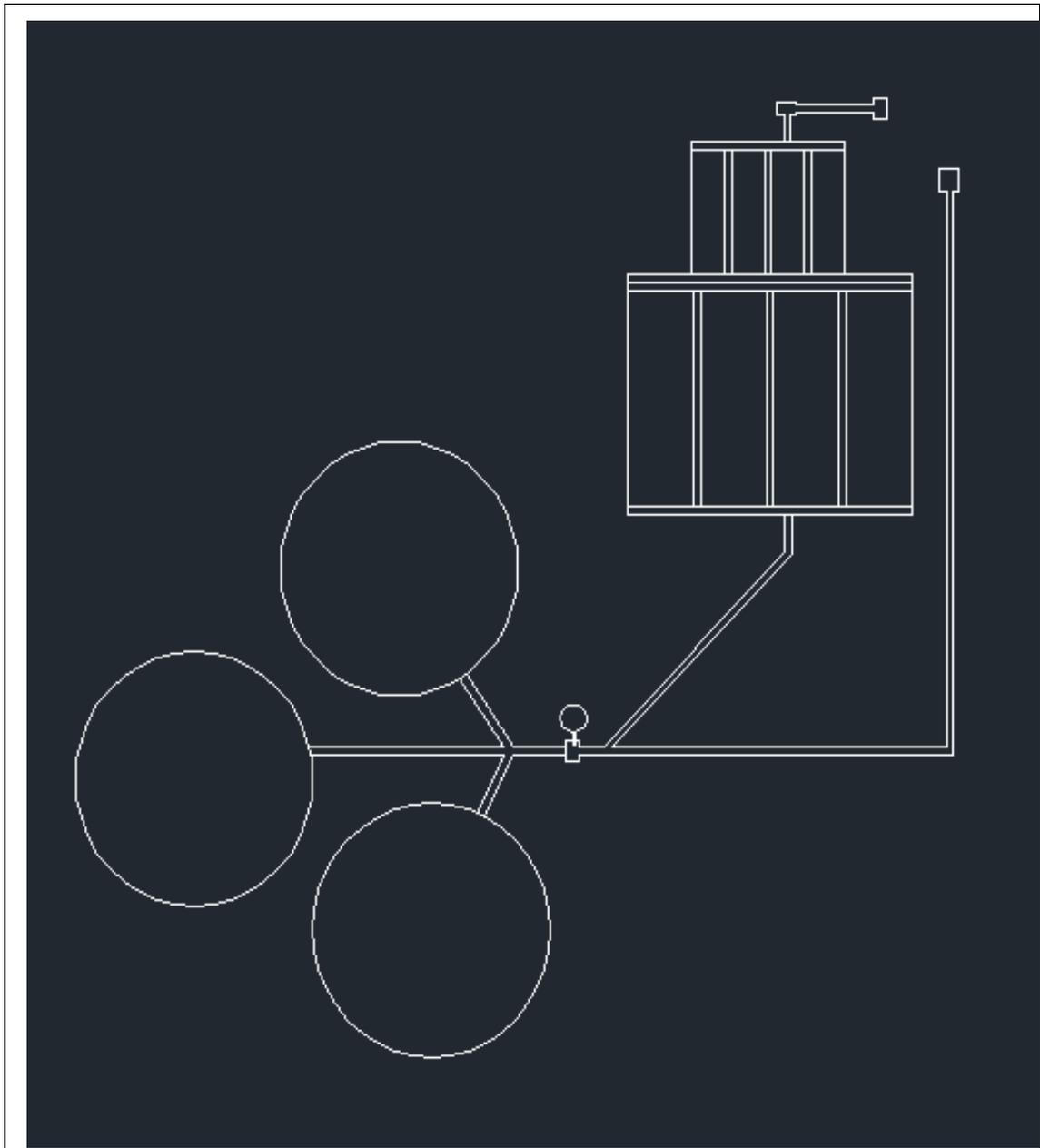


NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	OPTIMIZACIÓN		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Sedimentador. b. Filtros de arena. c. Caseta de cloración.	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	Cristian Paul Casco Vallejo	05	1:1	01/09/13

d. Tanques de almacenamiento.					
e. Tanque pre cloración.					
b. Medidor de caudal					

**ANEXOS F**

**PLANO DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE**



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>PLANO</b>
--------------	-------------------------------	---------------	--------------

a Plano actual	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA  Cristian Paul Casco Vallejo	LAMINA	ESCALA	FECHA
06			1:1	01/09/13	

## ANEXOS G

### CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703      Telefax: 2998200 ext 332      Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Cazco

Fecha de análisis: 8 de mayo del 2013

Fecha de entrega de resultados: 15 de mayo del 2013

Tipo de muestra: Agua para consumo humano. Captación

Localidad: Alausi

Código: LAT 080-13

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Unid Co/Pt	5	14
pH	Unid	6.5 - 8.5	7.64
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	433
Turbiedad	UNT	1	1.3
Cloruros	mg/L	250	1.4
Dureza	mg/L	200	264.0
Calcio	mg/L	70	48.0
Magnesio	mg/L	30 - 50	35.0
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	260.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	265.2
Sulfatos	mg/L	200	125.3
Amonios	mg/L	< 0.50	0.058
Nitritos	mg/L	0.01	0.02
Nitratos	mg/L	< 40	1.200
Hierro	mg/L	0.30	0.059
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.816
Sólidos Totales	mg/L	1000	320.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	268.5

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de turbiedad, dureza, nitritos y fosfatos

Atentamente,

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

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



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	CARACTERIZACION INICIAL		
			LAMIN A	ESCAL A	FECHA
	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	Cristian Paul Casco Vallejo	07	1:1	01/09/1 3

## ANEXOS H

### CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA POTABLE

## ESPOCH

### LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Casco

Fecha de análisis: 17 de junio del 2013

Fecha de entrega de resultados: 11 de julio del 2013

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. Agua Tratada.

Localidad: Cantón Alausí

Código: LAT -120-13

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Unid Co/Pt	5	3
pH	Unid	6.5 - 8.5	7.91
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	395
Turbiedad	UNT	1	0.6
Cloruros	mg/L	250	12.8
Dureza	mg/L	300	200.0
Calcio	mg/L	70	38.4
Magnesio	mg/L	30 - 50	25.3
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	210.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	214.2
Sulfatos	mg/L	200	85.3
Amonios	mg/L	< 0.50	0.058
Nitritos	mg/L	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	< 40	1.600
Hierro	mg/L	0.30	0.028
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.275
Sólidos Totales	mg/L	1000	408.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	244.9

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

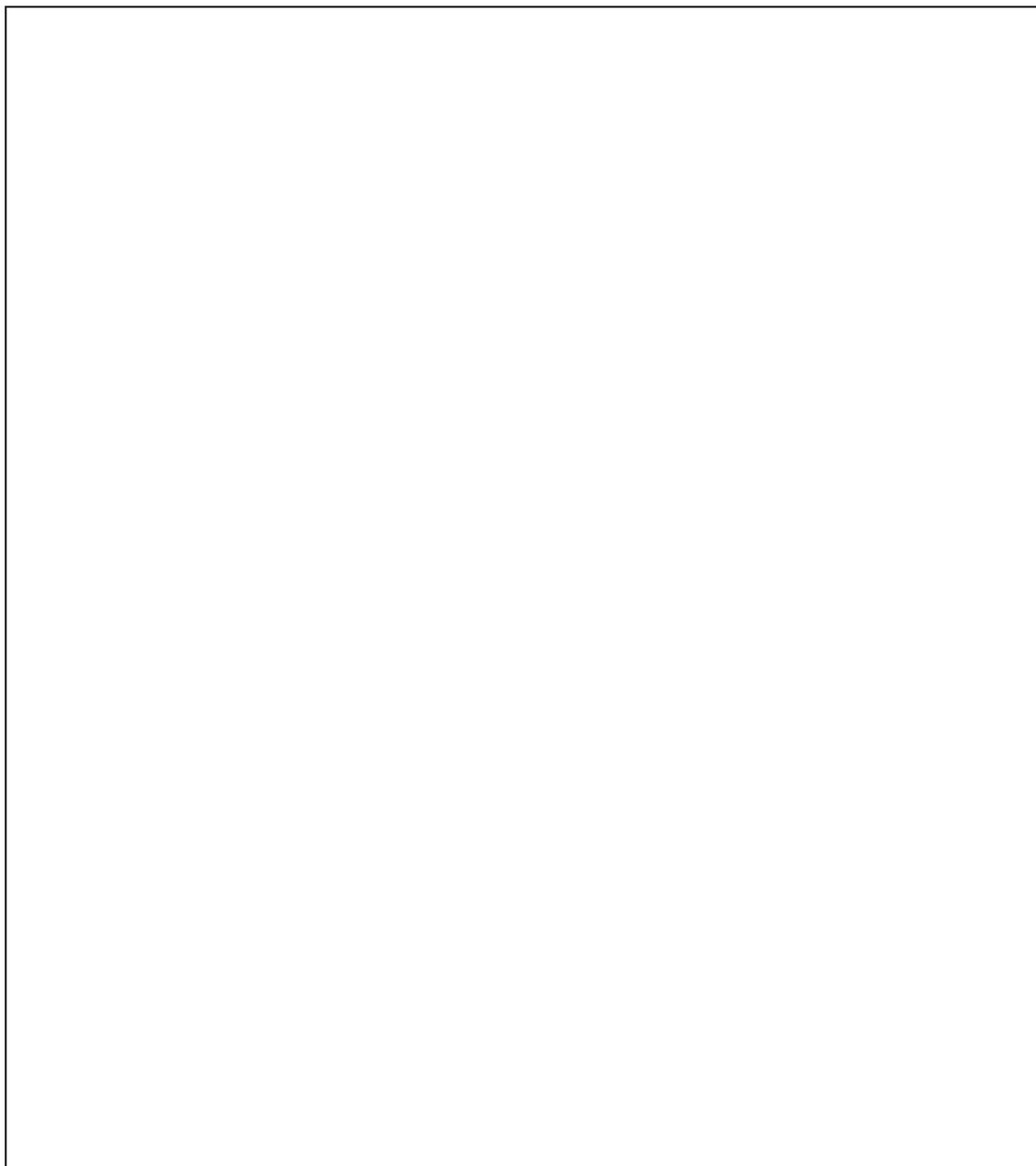
Observaciones: Valores dentro de norma para uso doméstico

Atentamente,

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



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



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	CARACTERIZACION FINAL		
			LÁMIN A	ESCAL A	FECHA
	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	Cristian Paul Casco Vallejo	08	1:1	01/09/13

## ANEXOS I

### CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA INICIAL DEL AGUA

Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA**

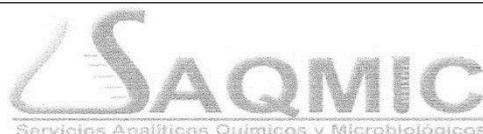
CLIENTE: Sr. Cristian Casco		CODIGO: 173-13
DIRECCION: Ciudadela Primera Constituyente		TELEFONO:
TIPO DE MUESTRA: Agua de la planta de Tratamiento		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-05-08		
FECHA DE MUESTREO: 2013-05-08		
<b>DETERMINACIONES</b>	<b>METODO USADO</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana	22500
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	21800
<b>03 OBSERVACIONES:</b>		
<b>FECHA DE ANALISIS:</b> 2013-05-08		
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 2013-05-10		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 Dra. Gina Alvarez R.  Dra. Fabiola Villa		

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

\*La muestra es receptada en el laboratorio

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	CARACTERIZACION INICIAL		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	Cristian Paul Casco Vallejo	09	1:1	01/09/13

## CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA FINAL DEL AGUA POTABLE



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CLIENTE: Sr. Cristian Cazco		CODIGO: 214-13
DIRECCION: Ciudadela 1era Constituyente		TELEFONO:
TIPO DE MUESTRA: Agua de Consumo.		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-05-23		
FECHA DE MUESTREO: 2013-05-23		
<b>01 EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: Incoloro		
OLOR: Inodoro		
ASPECTO: Normal.		
<b>02 DETERMINACIONES</b>	<b>METODO USADO</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana	Ausencia
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	Ausencia
<b>03 OBSERVACIONES:</b>		
FECHA DE ANALISIS: 2013-05-23		
FECHA DE ENTREGA: 2013-06-13		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 Dra. Gina Alvarez R.	 Servicio Analítico Químico y Microbiológico	 Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

\*La muestra es receptada en el laboratorio

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	CARACTERIZACION FINAL		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR POR CALIFICAR PARA INFORMACION	Cristian Paul Casco Vallejo	10	1:1	01/09/13