

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES



TEMA

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE
TRATAMIENTO Y PURIFICACION DEL AGUA DE
CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO DE
EXPERIMENTACION Y PRODUCCION SALACHE
(CEYPSA) DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE
COTOPAXI.**

POSTULANTE

JUAN CRISTÓBAL CASTRO

DIRECTOR DE TESIS

M.Sc. PATRICIO CLAVIJO CEVALLOS

LATACUNGA 17 DE OCTUBRE DEL 2011

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES



AVAL DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE TESIS

En la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi en calidad de miembros del tribunal del Acto de Defensa de Tesis del Sr. Juan Cristóbal Castro con el tema “**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO DE EXPERIMENTACION Y PRODUCCION SALACHE (CEYPSA) DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**”. Se emitieron algunas sugerencias mismas que han sido ejecutadas a entera satisfacción por lo que autorizamos la presentación de los empastados.

LA COMISION REVISORA

Ing. Vladimir Ortiz Bustamante
Presidente del tribunal

Ing. Renán Lara
Opositor del Tribunal

Miembro del Tribunal

Ing. Ruth Pérez

Ing. Ramiro Velastegui PhD.
Miembro del Tribunal externo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES



AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Cumpliendo con el reglamento del curso profesional de la “Universidad Técnica de Cotopaxi”, yo M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos, en calidad de director de la tesis con el tema “**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO DE EXPERIMENTACION Y PRODUCCION SALACHE (CEYPSA) DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**”. De autoría del Sr. Juan Cristóbal Castro de la especialidad de Ingeniería en Medio Ambiente, certifico que ha sido prolijamente realizado las correcciones emitidas por el tribunal de tesis, por lo tanto, autorizo la presentación de este empastado; la misma que está de acuerdo con las normas establecidas en el reglamento interno de la Universidad Técnica de Cotopaxi, vigente.

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos
Director

AUTORIA

En la ciudad de **Latacunga**, Provincia de Cotopaxi, Parroquia Eloy Alfaro-Salache Angamarca CEYPSA. El día 4 del mes de febrero del año 2011 el que escribe JUAN CRISTOBAL CASTRO alumno de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de tesis bajo la dirección del M.Sc. PATRICIO CLAVIJO CEVALLOS, y cede los derechos del trabajo intitulado “**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO DE EXPERIMENTACIÓN Y PRODUCCIÓN SALACHE CEYPSA**” a la Universidad Técnica de Cotopaxi para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Del contenido de esta tesis, me responsabilizo como postulante al título de Ingeniero en Medio Ambiente.

Juan Cristóbal Castro

AGRADECIMIENTO

A Dios, a la Virgen Santísima Especialmente a la Virgen Dolorosa del Colegio, por la fuerza espiritual y esa seguridad de poder culminar esta Carrera Universitaria, a mi madre por darme la vida y haberme educado de acuerdo a sus posibilidades.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por ser una institución que permite formar profesionales emprendedores y con visión, sin distingo de clase.

Mis agradecimientos a todos los Docentes que han compartido sus conocimientos con tolerancia y responsabilidad para formarme profesionalmente en el campo ambiental y así contribuir al desarrollo de nuestra comunidad local, regional y nacional.

Juan Cristóbal Castro

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a toda mi familia por su apoyo incondicional, a mi esposa, a mis hijos Jhonny, Mauro y David, por ser mi inspiración, mi aliento, mi razón de ser y con mucho cariño a mi Madre, a Dios, a la Virgen Santísima la **DOLOROSA** por concederme la vida, todo aquello que amo y ver cristalizado una de mis metas y mi sueño de ser un profesional.

Juan Cristóbal Castro

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado: DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO DE EXPERIMENTACION Y PRODUCCION SALACHE (CEYPSA) DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, hace referencia a la determinación de los niveles de contaminación y la calidad del agua.

El peligro más común con relación al agua de consumo humano es el de su contaminación, directa o indirectamente, el principal causante de esta contaminación es el hombre a través de las industrias y la agricultura lo que ha ocasionado la contaminación de los ríos y sus afluentes con aguas residuales, excretas de hombres y animales, además de factores físico-químicos.

El presente trabajo tuvo como objetivos mejorar los requisitos existentes para perfeccionar los estándares de calidad del agua de consumo humano, aislar otros posibles indicadores de la calidad microbiana del agua y evaluar la calidad del agua de consumo humano en la comunidad de Salache-Angamarca y la Universidad Técnica de Cotopaxi (CEYPSA).

En relación a la calidad de agua, después de los análisis obtenidos en los laboratorios LAQUIFARVA QUIMICO INTEGRAL y WASCORP S.A. WATER SERVICE CORPORATION S.A. refiriéndose a la tabla de interpretación de resultados del análisis bacteriológico se tuvo los siguientes resultados:

El agua presenta un significado grado de contaminación, toda vez que los valores de Aerobios Mesófilos es de: ufc/100ml.77, y Colibacilos totales de ufc/100ml. 20 superan los límites máximos tolerables por lo que es necesario realizar prácticas de desinfección y cloración.

En cuanto al análisis Físico-Químico, tenemos que: los Sólidos Totales Mg/L. 505, Sólidos en Suspensión Mg/L. 10, Alcalinidad Total Mg/L. 400,

Bicarbonatos Mg/L. 488, Dureza Total Mg/L. 328, Dureza Carbonatada Mg/L. 328, y Magnesio Mg/L. 54.1 superan los límites máximos tolerables.

Después de estos resultados concluimos que el agua es dura por lo que no es apto para el consumo humano, ya que esta agua sobrepasa los rangos o límites permisibles de la norma NTE INEN 1108.

La metodología de tratamiento a utilizar se propone hacerlo mediante procesos físico-químicos, los mismos que ayudarán a la obtención de un líquido saludable y de calidad para su consumo.

Propuesta de Tratamiento del Agua de Consumo Humano en el CEYPSA.-

Se presentan algunas opciones tecnológicas para el tratamiento del agua del sistema Salache-Angamarca-CEYPSA de consumo humano así como la desinfección en función de la calidad del agua:

Intercambio Catiónico.- Este proceso sustituye los iones calcio Ca^{2+} y magnesio Mg^{2+} por otros iones que no contribuyen a la dureza como lo son el ion sodio Na^{+} y el ion potasio K^{+} . Esto se logra haciendo fluir el agua por un contenedor lleno de una resina que contenga los iones sodio y potasio.

Filtro Grueso.- Cuando el agua presenta impurezas que impiden su consumo directo deberá ser previamente tratada. Los procesos de tratamiento deben ser definidos de acuerdo a la calidad del agua cruda y al tipo de impureza que se quiere remover. En el caso del agua del sistema Salache-Angamarca-(CEYPSA) es necesario un proceso de tratamiento como es el de filtración para poder eliminar las impurezas que el agua posee y mejorar la calidad del agua.

Desinfección con Cloro.- El método casi universal de desinfección del agua en abastecimientos rurales es la utilización del cloro, el cual se utiliza en todas formas: gaseosa. Solo en abastecimientos medianos o grandes; y en los pequeños sistemas de abastecimiento rurales se emplean el cloro compuesto.

La fuente de abastecimiento es un acuífero que requiere de tratamiento por ser una agua cruda; en las determinaciones microbiológicas y físico-químicas se puede observar que sobrepasan los parámetros permisibles en los diferentes rangos, de

acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005.

La planta está diseñada de acuerdo a la situación geográfica del sitio de almacenamiento del agua y de la calidad, física, química y bacteriológica del agua cruda, este sistema es el más recomendable por ser el que se adapta a las condiciones físicas, económicas, y meteorológicas del sitio y de los usuarios de las comunidades de Salache-Angamarca-CEYPSA.

EXECUTIVE SUMMARY

This investigation paperwork named: PROPOSAL DESIGN AND PURIFYING OF HUMAN CONSUMPTION WATER ALONG THE EXPERIMENTATION AND PRODUCTION CENTER OF SALACHE (CEYPSA) THAT BELONGS TO THE COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY determines the levels of pollution or contamination and the quality of human consumption water.

The most common hazard related to human consumption water is its direct or indirect contamination, the principal cause of water pollution are men, industries and agriculture which because of its economic benefits and lack of consciousness have make river contamination and its sources with greater residual water contamination, men and animal excrements and physical-chemical and environment factors

This essay has as objectives better up the requirements that already exist in order to perfect the quality of human consumption water standards. Isolate other possible microorganisms that are indicators of water microbial quality and test the microbiological quality of human consumption water at Salache, Angamarca and The Cotopaxi Technical University (CEYPSA).

Relating to the water quality of ha, after the analyses obtained in the laboratories LAQUIFARVA QUIMICO INTEGRAL AND WASCORP INC. WATER SERVICE CORPORATION INC. being referred to the results interpretation board of the bacteriological analysis had the following results:

The water presents a contamination degree meaning, every time that the values of Acrobios Mesófilos is of: ufc/100ML.77, and Colibacilos total of ufc/100ML..20 they surpass the tolerable maximum limits for which is necessary to carry out practices of disinfection and chlorination.

As for the Physical-Chemical analysis, we have that: the Total Solids Mg/L.505, Solid in Suspension Mg/L. 10. Total Alkalinity Mg/L 400, Bicarbonate Mg/L, 488, Total Hardness Mg/L 328, Carbonated Hardness Mg/L. 328; and, Magnesium Mg/L. 54,1 they surpass the tolerable maximum limits.

After these results we conclude that the water is stiff for which is not eligible for the human consumption, since this water surpasses the characteristics or limits permissible of the norm NTE INEN 1108.

The methodology of processing to use is proposed to do it by means of processes physical, chemical the same that will help obtaining liquidate healthy and of quality for its consumption.

Proposal of Processing of the Human using up water in the CEYPSA.- some technological options for the processing of the water of the system are presented Salache-Angamarca-CEYPSA of human consumption as well as the disinfection in function of the quality of the water.

Exchange Cationic.- This process substitutes the ions calcium Ca^{2+} and magnesium Mg^{2+} by other ions that do not contribute to the hardness as they are it the ion sodium Na^{+} and the ion potassium K^{+} . This getting from flow the water by a full container of a resin that has ions of sodium and potation.

Fibro solid.- When the water presents impurities that impede its direct consumption previously should be treated. The process of processing they should be you defined according to the quality of the raw water and to the type of impurity that wants to be removed. In the case of the water of the system Salache-Angamarca-(CEYPSA) is necessary a process of processing as is that of filtration to be able to eliminate the impurities that the water possesses and to improve the quality of the water.

Disinfection with chlorine.- The almost universal method of disinfection of the water in rural provisions is the utilization of the chlorine, which is utilized in all forms: carbonated water. Alone in medium or large provisions; and in the small systems of rural provision they are employed the composed chlorine.

The source of provision is an aquifer that requires of processing by being a raw water; in the decisions microbiological and physic-chemical can be observed that they surpass the permissible parameters in the different ranks, according to the norm NTE INEN 1 108 2005.

The plant is designed according to the geographical situation of the place of water storage and the quality, physical, chemical and bacteriological of the raw water, this system is the most recommendable one by being the one that adapts to the weather, economic, and physical conditions of the place and of the users of the communities of Salache-Angamarca-CEYPSA.

INDICE

CONTENIDO

CAPITULO I	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEORICA	1
1.1. EL AGUA	1
1.1.1. Propiedades físicas y químicas	2
1.2. Distribución del agua en la Naturaleza	4
1.2.1. El agua y la zona habitable	4
1.2.2. El agua en la Tierra	5
1.2.3. Efectos sobre la vida	6
1.3. Dificultades en el mundo para acceder al agua potable	7
1.4. Agua para beber: necesidad del cuerpo humano	8
1.4.1. <i>Métodos de desinfección del agua potable</i>	9
1.5. Proceso de tratamiento del agua	9
1.5.1. Purificación de agua por sedimentación	11
1.5.2. Purificación de agua por filtración	12
-Ajuste del pH	14
-Purificación de agua por rayos ultravioleta	15
1.6. El uso doméstico del agua	17
1.7. Normativa legal	18
1.7.1. Ley De Aguas	19
1.8. Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable ,disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural	22
1.8.1. Parámetros I	22
1.8.2. Parámetros II	22
1.8.3. Parámetros III	23
1.8.4. Parámetros IV	24
1.8.5. Parámetro V	25
1.9. Métodos de Ensayo	25
1.10. Inspección de la Calidad de Agua Potable	25
1.11. MARCO CONCEPTUAL.	26

CAPÍTULO II	28
INTRODUCCIÓN:	28
2. descripción del área de estudio y metodología aplicada	29
2.1. Línea Base	29
2.2. UBICACIÓN.	30
2.2.1. CENTRO DE EXPERIMENTACIÓN Y PRODUCCIÓN (CEYPSA)	30
2.3. Red del sistema de agua entubada del CEYPSA - barrio Salache	33
2.3.1. Antecedentes del sistema	33
2.3.2. Poblaciones consideradas en el presente estudio.	34
2.3.3. Zona del sistema de agua entubada Salache Grande	35
2.3.4. Sistema de agua entubada	36
Cuadro N ^a 1	37
2.3.5. Vida Útil Sugerida Para los Elementos de un Sistema de Agua Potable	38
2.3.5.1. Análisis Poblacional.	38
Cuadro N° 2	38
MATERIALES Y METODOS	41
2.3.6. Diseño Metodológico	41
2.3.7. Materiales Utilizados	41
2.3.8. Materiales de Oficina	42
2.3.9. Reactivos	42
2.5. Métodos Para Determinar La Calidad De Agua	43
2.5.1.- Método Experimental	43
TABLA 4.1: Conservación de las muestras en función del parámetro a caracterizar	45
CAPITULO III	48
3. Características Bacteriológicas.	48
3.1. Coliformes Totales.	48
3.2. Características Físicas.	48
3.3. Características Químicas.	49
3.4. Resultados	51
3.5. Sistema de Abastecimiento de agua Salache- Angamarca- CEYPSA.	51
3.6. Agua del Sistema Salache-Angamarca	52

3.6.1. Fuentes superficiales	52
3.7. Calidad del agua en la fuente	53
3.7.1. Calidad requerida para que sea potable	53
3.7.2. Límites de tolerancia	53
3.8. RESULTADOS	56
3.8.1. Metodología para Análisis de Agua	57
ANALISIS FISICO- QUIMICO DE AGUA	58
ANÁLISIS FÍSICO- BACTERIOLÓGICO DE AGUA	60
ANALISIS BACTERIOLOGICO	60
3.8.2. Tabla Nª 19 Análisis comparativos de los resultados	61
CAPITULO IV	70
1. Propuesta de Tratamiento del Agua de Consumo Humano en el Ceypsa.	70
4.1. Objetivo de la Propuesta	70
4.2. Protección del Tanque de Captación	71
4.3. Tipo y causas de dureza del agua del sistema Salache Angamarca CEYPSA.	71
4.4. Intercambio Catiónico	72
4.5. Filtro Grueso	73
4.6. Cloración	74
4.6.1. Desinfección con Cloro	75
4.6.2. Métodos de Aplicación del cloro al sistema de agua cantidad de cloro a que se va dosificar a la red	76
4.7. Sistema de la propuesta al agua Salache Angamarca CEYPSA	79
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	81
Bibliografía	83
Linkografía	85
Anexos	86

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento vital para la existencia humana, de su uso adecuado depende nuestra salud, alimentación y producción agrícola. El utilizar agua contaminada en la preparación de alimentos u otras actividades nos podría producir un gran número de casos de infección.

Para que el agua sea salubre y limpia, es preciso disponer de agua de calidad, por ello, es preciso un riguroso control desde que es captada en la naturaleza para ser tratada y distribuida como agua de consumo humano.

La vigilancia de las aguas comienza antes de que sean destinadas a su consumo, protegiendo zonas específicas y evitando procesos de contaminación.

No obstante, es necesario saber que el agua en la naturaleza siempre contiene diversas sustancias disueltas; lo cual no significa necesariamente que esté contaminada. Por ejemplo, es frecuente que el tipo de terreno y las características del territorio donde son captadas, condicionen la presencia de algunas sustancias modificando su calidad.

Una vez que el agua es captada, se somete a un **tratamiento de potabilización** y a un control sanitario para asegurar su idoneidad. Posteriormente, el agua es distribuida a la población. En lo correspondiente al control de calidad de agua, existen muchos municipios y sistemas de agua en el país que no tienen control de calidad, es decir que el agua que consume la gente es aquella que se saca del pozo, río, ojos de agua, la que puede estar contaminada con muchos patógenos y coliformes por lo que no es apta para el consumo humano.

Es lo que se presume que está sucediendo en la Universidad Técnica de Cotopaxi (CEYPSA), porque no hay un control de calidad de agua, para verificar si el agua es apta para el consumo humano, las reacciones en la salud de los estudiantes y todos quienes habitan en el sector de Salache Angamarca ha sido evidente, con dolores estomacales, diarrea, hongos en la piel.

El agua es un vehículo importante de agentes patógenos causales de enfermedades diversas en el humano, dentro de los que destacan bacterias como el *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, *Yersinia enterocolitica*, virus como el de la hepatitis A y de Norwalk, protozoos importantes como *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* y *Criptosporidium parvum*. Amonio, color, conductividad, *Escherichia coli*, pH, olor, sabor, turbidez, bacterias coliformes fecales y totales, aluminio, hierro, *Clostridium perfringens*, recuento de colonias a 22° C, nitrito, cloro libre residual, cloro combinado residual.

En el Capítulo I se recoge la fundamentación o metodología teórica en relación al recurso agua. Su distribución, procesos de contaminación, aspectos legales y normas técnicas que comprenden parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que indican en base a los límites permisibles a diferentes normas, la calidad y uso que se pretenda dar al mismo.

En el Capítulo II se estructura fundamentalmente en base a la aplicación metodológica y principios de investigación que permiten describir la línea base del área de estudio, del sujeto de estudio y además del protocolo seguido para la recolección de muestras y el análisis de las mismas en función de lo establecido en las normas de calidad de agua.

En el Capítulo III se realiza un análisis comparativo de los resultados obtenidos de las muestras tratadas en el laboratorio en relación a los límites permitidos por la norma INEN de calidad de agua y sus usos nos permite determinar los parámetros que se enmarcan o cumplen con los requerimientos básicos de calidad para el establecimiento de los problemas causas de contaminación en base a la

interpretación de los resultados partiendo de la causa y sus efectos a nivel técnico perceptual y estadístico.

En el Capítulo IV se desarrolla la propuesta de tratamiento frente a los problemas detectados con relación a los parámetros de calidad de agua y sus límites permisibles, con el afán de darle condiciones aptas para el consumo humano y garantizar la salud de los consumidores del sistema de agua de Salache Angamarca y en particular el CEYPSA.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar una propuesta de tratamiento y purificación de agua de consumo humano en el CEYPSA- Universidad Técnica de Cotopaxi.

Objetivos específicos

- Determinar el nivel de contaminación Químico, Biológico y Bacteriológico del agua de consumo humano en el CEYPSA.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados de los análisis de agua de consumo humano en relación a los límites permitidos las normas INEN.
- Diseñar una propuesta de purificación del agua del consumo humano en el CEYPSA.

HIPOTESIS

Hipótesis nula.

La calidad de agua de consumo humano en el CEYPSA no tiene un alto porcentaje de contaminación biológico y bacteriológico.

Hipótesis alternativa

La calidad de agua de consumo humano en el CEYPSA sí tiene un alto porcentaje de contaminación biológico y bacteriológico.

PROBLEMATIZACION.

Diagnóstico

Este problema se da por la gran cantidad de contaminantes existentes por acciones productivas como naturales ha hecho que la gran mayoría de fuentes de abastecimiento de agua en el mundo y de forma expresa en el cantón Latacunga se encuentren con altos índices de contaminación, es así que los recursos hídricos como los pertenecientes a la Cuenca alta del Pastaza como es el Rio Cutuchi se encuentren prácticamente con un índice muy alto de contaminación química, patógenos y coliformes.

Este Aspecto afecta en gran nivel a las condiciones de vida de los Latacungueños, teniéndose incrementos relevantes de los niveles de cáncer a nivel gastrointestinal, encontrándose Tungurahua y Cotopaxi entre las diez primeras del país con este problema.

Así también los análisis del agua y monitoreo desarrollados por las diferentes instancias de control gubernamental han detectado que la cantidad de desechos sólidos arrojados a cauces como el Cutuchi, superan las 18 toneladas por día.

Es por ello que la situación de Salache - Angamarca (CEYPSA), no es un caso aislado, sino más bien, se evidencia claramente que el sistema de captación del agua y la distribución de este elemento no cumple con los parámetros o pasos adecuados.

Considerando que estos deben ser realizados, como protocolo de monitoreo y control de la calidad del agua, y así determinar cualitativamente y cuantitativamente si esta es apta para el consumo humano o no; determinando la inexistencia de un sistema de tratamiento y purificación de agua.

Su distribución es directa, desde la captación de los ojos de agua y conducidas a los tanques de almacenamiento para luego ser distribuidas a los usuarios sin un previo análisis de este elemento y peor aun tratamiento o desinfección alguna.

Las comunidades rurales de “Salache Angamarca”, sitio de estudio y todos los que son beneficiarios de la red de agua entubada están al margen de la verificación de la calidad del agua que utilizan para consumo humano, por esta razón existe el riesgo latente para la proliferación de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, donde el origen de las mismas se le ha atribuido a la deficiencia en la calidad del agua de vertiente que utilizan para consumo humano y el ausente tratamiento.

Esto unido a que estas comunidades tienen problemas de abastecimiento de agua en todos los niveles, y en cuanto a calidad de agua para consumo humano es por la insuficiencia de los sistemas de distribución de agua tratada; lo anterior repercute principalmente en las comunidades rurales, las cuales se abastecen de agua de vertiente, pero sin una verificación regular de su calidad. En el Centro CEYPSA, el agua es entubada, no es potable existiendo ocasiones que es turbia de color café, el agua no es clorada por eso se presentan alteraciones como infecciones intestinales, gastrointestinales, dolores estomacales, diarreicas y muchas más por lo que se hace indispensable el tratamiento del agua mediante un sistema único de purificación en el sitio.

Es por estos antecedentes que pongo en consideración la propuesta de tratamiento y purificación del agua entubada del (CEYPSA). Centro de Experimentación y Producción Salache.

CAPITULO I

3. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

3.1. EL AGUA

El agua se puede presentar en tres estados siendo de las pocas sustancias que pueden encontrarse de forma natural, adopta formas muy distintas sobre la tierra; como vapor de agua, conformando nubes en el aire; como agua marina, eventualmente en forma de icebergs en los océanos; en glaciares y ríos en las montañas, y en los acuíferos subterráneos su forma líquida.

El agua puede disolver muchas sustancias, dándoles diferentes sabores y olores. Como consecuencia de su papel imprescindible para la vida, el ser humano -entre otros muchos animales- ha desarrollado sentidos capaces de evaluar la potabilidad del agua, que evitan el consumo de agua salada o putrefacta. El sabor perceptible en el agua de deshielo y el agua mineral se deriva de los minerales disueltos en ella; de hecho el agua pura es insípida.

Para regular el consumo humano, se calcula la pureza del agua en función de la presencia de toxinas, agentes contaminantes y microorganismos. El agua recibe diversos nombres, según su forma y características. RASTOGI, S.C. (1996). *Cell and molecular biology*.

3.1.1. Propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas del agua suelen considerarse el punto de referencia, para comparar la de otras sustancias. Debido a ello, se incluyen los valores del agua de las constantes físicas que con mayor frecuencia se utilizan.

Las propiedades fisicoquímicas más notables del agua son:

- El agua es insípida e inodora en condiciones normales de presión y temperatura. El color del agua varía según su estado: como líquido, puede parecer incolora en pequeñas cantidades, aunque en el espectrógrafo se prueba que tiene un ligero tono azul verdoso. El hielo también tiende al azul y en estado gaseoso (vapor de agua) es incolora.
- El agua bloquea sólo ligeramente la radiación solar UV fuerte, permitiendo que las plantas acuáticas absorban su energía.
- La capilaridad se refiere a la tendencia del agua de moverse por un tubo estrecho en contra de la fuerza de la gravedad. Esta propiedad es aprovechada por todas las plantas vasculares, como los árboles.
- El punto de ebullición del agua (y de cualquier otro líquido) está directamente relacionado con la presión atmosférica. Por ejemplo, en la cima del Everest, el agua hierve a unos 68° C, mientras que al nivel del mar este valor sube hasta 100°. Su temperatura crítica es de 373.85 °C (647,14° K), su valor específico de fusión es de 0,334 kJ/g y su índice específico de vaporización es de 2,23kJ/g.
- El agua es un disolvente muy potente, al que se ha catalogado como el disolvente universal, y afecta a muchos tipos de sustancias distintas. Las sustancias que se mezclan y se disuelven bien en agua -como las sales, azúcares, ácidos, álcalis, y algunos gases (como el oxígeno o el dióxido de carbono, mediante carbonación)- son llamadas hidrófilas, mientras que las que no combinan bien con el agua -como lípidos y grasas- se denominan sustancias hidrofobias. Todos los componentes principales de las células de proteínas, ADN y polisacáridos se disuelven en agua. Puede formar un zoótropo con muchos otros disolventes. FREEMAN W.H. American Chemical Society (2006). *Chemistry in the community*.
- El agua es miscible con muchos líquidos, como el etanol, y en cualquier proporción, formando un líquido homogéneo. Por otra parte, los aceites son inmiscibles con el agua, y forman capas de variable densidad sobre la superficie del agua. Como cualquier gas, el vapor de agua es miscible completamente con el aire.

- El agua tiene el segundo índice más alto de capacidad calorífica específica -sólo por detrás del amoníaco- así como una elevada entalpía de vaporización (40.65 kJ mol⁻¹); ambos factores se deben al enlace de hidrógeno entre moléculas. Estas dos inusuales propiedades son las que hacen que el agua "modere" las temperaturas terrestres, reconduciendo grandes variaciones de energía.
- Animación de como el hielo pasa a estado líquido en un vaso. Los 50 minutos transcurridos se concentran en 7 segundos.FREEMAN W.H. American Chemical Society (2006). *Chemistry in the community*.
- La densidad del agua líquida es muy estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión. A la presión normal (1 atmósfera), el agua líquida tiene una mínima densidad (0,958 kg/l) a los 100 °C. Al bajar la temperatura, aumenta la densidad (por ejemplo, a 90 °C tiene 0,965 kg/l) y ese aumento es constante hasta llegar a los 3,8 °C donde alcanza una densidad de 1 kg/litro. Esa temperatura (3,8 °C) representa un punto de inflexión y es cuando alcanza su máxima densidad (a la presión mencionada). A partir de ese punto, al bajar la temperatura, la densidad comienza a disminuir, aunque muy lentamente (casi nada en la práctica), hasta que a los 0° disminuye hasta 0,9999 kg/litro. Cuando pasa al estado sólido (a 0 °C), ocurre una brusca disminución de la densidad pasando de 0,9999 kg/l a 0,917 kg/l.
- El agua puede descomponerse en partículas de hidrógeno y oxígeno mediante electrólisis.
- Como un óxido de hidrógeno, el agua se forma cuando el hidrógeno -o un compuesto conteniendo hidrógeno- se quema o reacciona con oxígeno -o un compuesto de oxígeno-. El agua no es combustible, puesto que es un producto residual de la combustión del hidrógeno. La energía requerida para separar el agua en sus dos componentes mediante electrólisis es superior a la energía desprendida por la recombinación de hidrógeno y oxígeno. Esto hace que el agua, en contra de lo que sostienen algunos rumores, no sea una fuente de energía eficaz.

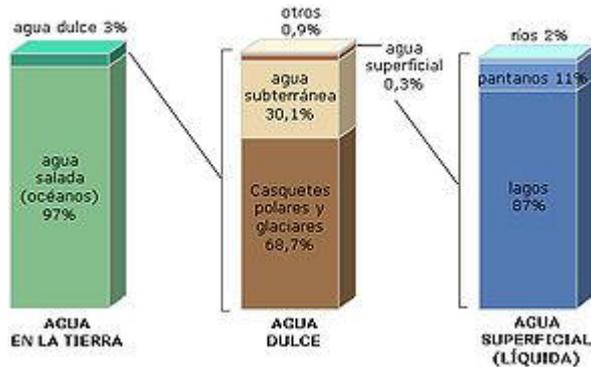
- Los elementos que tienen mayor electro positividad que el hidrógeno - como el litio, el sodio, el calcio, el potasio y el cesio- desplazan el hidrógeno del agua, formando hidróxidos. Dada su naturaleza de gas inflamable, el hidrógeno liberado es peligroso y la reacción del agua combinada con los más electropositivos de estos elementos es una violenta explosión. FREEMAN W.H. American Chemical Society (2006). *Chemistry in the community*.

3.2. Distribución del agua en la Naturaleza

1.2.1. El agua y la zona habitable

La existencia de agua en estado líquido -en menor medida en sus formas de hielo o vapor- sobre la Tierra es vital para la existencia de la vida tal como la conocemos. La Tierra está situada en un área del sistema solar que reúne condiciones muy específicas, pero si estuviésemos un poco más cerca del Sol -un 5%, o sea 8 millones de kilómetros- ya bastaría para dificultar enormemente la existencia de los tres estados de agua conocidos. La masa de la Tierra genera una fuerza de gravedad que impide que los gases de la atmósfera se dispersen. El vapor de agua y el dióxido de carbono se combinan, causando lo que ha dado en llamarse el efecto invernadero. Aunque se suele atribuir a este término connotaciones negativas, el efecto invernadero es el que mantiene la estabilidad de las temperaturas, actuando como una capa protectora de la vida en el planeta. La temperatura superficial de la tierra ha estado en constante variación relativamente a través de las eras geológicas, a pesar de los cambiantes niveles de radiación solar. Este hecho ha motivado que algunos investigadores creen que el planeta está termorregulado mediante la combinación de gases del efecto invernadero y el albedo atmosférico y superficial. Esta hipótesis, conocida como la teoría de Gaia, no es sin embargo la posición más adoptada entre la comunidad científica. El estado del agua también depende de la gravedad de un planeta. Si un planeta es lo bastante grande, el agua que exista sobre él permanecería en estado sólido incluso a altas temperaturas, dada la elevada presión causada por la gravedad. CORTÉS, Julio (1986). *El Corán*.

1.2.2. El agua en la Tierra



<http://es.wikipedia.org/wiki/agua#distribuci.G3>

El 70% del agua dulce de la Tierra se encuentra en forma sólida, dentro de los cientos de sustancias líquidas conocidas se destaca una, tanto por su abundancia en la naturaleza como por su comportamiento extraño y muy peculiar, el agua es un compuesto que químicamente se clasifica como un material inerte e inorgánico, categoría por demás paradójica debido al estrecho vínculo que guarda con la vida.

El agua es fundamental para todas las formas de vida conocida. Los humanos consumen agua potable. Los recursos naturales se han vuelto escasos con la creciente población mundial y su disposición en varias regiones habitadas es la preocupación de muchas organizaciones gubernamentales.

El 97 por ciento es agua salada la cual se encuentra principalmente en los océanos y mares; sólo el 3 por ciento de su volumen es dulce. De esta última, un 1% está en estado líquido. El 2% restante se encuentra en estado sólido en capas, campos y plataformas de hielo o banquisas en las latitudes próximas a los polos. Fuera de las regiones polares el agua dulce se encuentra principalmente en humedales y, subterráneamente, en acuíferos.

El agua representa entre el 50 y el 90% de la masa de los seres vivos (aproximadamente el 75% del cuerpo humano es agua; en el caso de las algas, el porcentaje ronda el 90%).

En la superficie de la Tierra hay unos 1.386.000.000 km³ de agua. CORTÉS, Julio (1986). *El Corán*.

1.2.3. Efectos sobre la vida

Desde el punto de vista de la biología, el agua es un elemento crítico para la proliferación de la vida. El agua desempeña este papel permitiendo a los compuestos orgánicos diversas reacciones que, en último término, posibilitan la replicación de ADN. De un modo u otro, todas las formas de vida conocidas dependen del agua. Sus propiedades la convierten en un activo agente, esencial en muchos de los procesos metabólicos que los seres vivos realizan. Desde esta perspectiva metabólica, podemos distinguir dos tipos de funciones del agua: anabólicamente, la extracción de agua de moléculas -mediante reacciones químicas enzimáticas que consumen energía- permite el crecimiento de moléculas mayores, como los triglicéridos o las proteínas; en cuanto al catabolismo, el agua actúa como un disolvente de los enlaces entre átomos, reduciendo el tamaño de las moléculas (como glucosa, ácidos grasos y aminoácidos), suministrando energía en el proceso. El agua es por tanto un medio irremplazable a nivel molecular para numerosos organismos vivos. Estos procesos metabólicos no podrían realizarse en un entorno sin agua, por lo que algunos científicos se han planteado la hipótesis de qué tipo de mecanismos -absorción de gas, asimilación de minerales- podrían mantener la vida sobre el planeta. RASTOGI, S.C. (1996). *Cell and molecular biology*.

3.3. Dificultades en el mundo para acceder al agua potable

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

La población mundial ha pasado de 2.630 millones en 1950 a 6.671 millones en 2008. En este periodo (de 1950 a 2010) la población urbana ha pasado de 733 millones a 3.505 millones. Es en los asentamientos humanos donde se concentra el uso del agua no agrícola y donde se contraen la mayoría de las enfermedades

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

Por diversos motivos, la disponibilidad del agua resulta problemática en buena parte del mundo, y por ello se ha convertido en una de las principales preocupaciones de gobiernos en todo el mundo. Actualmente, se estima que alrededor de mil millones de personas tienen un deficiente acceso al agua potable. Esta situación se agrava por el consumo de aguas en malas condiciones, que favorece la proliferación de enfermedades y brotes epidémicos. SWAIN, Igor A, Ashok (2004). «I-Water Scarcity», *Managing water conflict*.

3.4. Agua para beber: necesidad del cuerpo humano

El cuerpo humano está compuesto de entre un 55% y un 78% de agua, dependiendo de sus medidas y complejidad. Para evitar desórdenes, el cuerpo necesita alrededor de siete litros diarios de agua; la cantidad exacta variará en función del nivel de actividad, la temperatura, la humedad y otros factores. La mayor parte de esta agua se absorbe con la comida o bebidas -no estrictamente agua-. No se ha determinado la cantidad exacta de agua que debe tomar un individuo sano, aunque una mayoría de expertos considera que unos 6-7 vasos de agua diarios (aproximadamente dos litros) es el mínimo necesario para mantener una adecuada hidratación. La literatura médica defiende un menor consumo, típicamente un litro de agua diario para un individuo varón adulto, excluyendo otros requerimientos posibles debidos a la pérdida de líquidos causada por altas temperaturas o ejercicio físico. El cuerpo humano es capaz de beber mucha más agua de la que necesita cuando se ejercita, llegando incluso a ponerse en peligro por hiper hidratación, o intoxicación de agua. El hecho comúnmente aceptado de que un individuo adulto debe consumir ocho vasos diarios de agua no tiene

ningún fundamento científico. RASTOGI, S.C. (1996). *Cell and molecular biology*.

Una recomendación sobre consumo de agua de la Plataforma de Alimentación y Nutrición señalaba: "Una cantidad ordinaria para distintas personas es de un 1 mililitro de agua por cada caloría de comida. La mayor parte de esta cantidad ya está contenida en los alimentos preparados"

Según el Instituto de Medicina -que recomienda una media de 2.2 litros/día para una mujer, y 3.0 litros/día para un varón- una mujer embarazada debe consumir 2.4 litros, y hasta 3 litros durante la lactancia, considerada la gran cantidad de líquido que se pierde durante la cría. También se señala que normalmente, alrededor de un 20% del agua se absorbe con la comida, mientras el resto se adquiere mediante el consumo de agua y otras bebidas. El agua se expulsa del cuerpo de muy diversas formas: a través de la orina, las heces, en forma de sudor, o en forma de vapor de agua, por exhalación del aliento. Una persona enferma, o expuesta directamente a fuentes de calor, perderá mucho más líquido, por lo que sus necesidades de consumo también aumentarán. RASTOGI, S.C. (1996). *Cell and molecular biology*.

3.4.1. Métodos de desinfección del agua potable

Una de las mayores preocupaciones en la historia de la humanidad ha sido el obtener agua lo más pura y limpia posible. El tratamiento del agua originalmente se centraba en mejorar las cualidades estéticas de esta.

El agua de boca es uno de los principales transmisores de microorganismos causantes de enfermedades, principalmente bacterias, virus y protozoos intestinales. Las grandes epidemias de la humanidad han prosperado por la contaminación del agua de boca. Por referencias se conoce que se recomendaba hervir el agua desde quinientos años antes de nuestra era.

Actualmente en los países desarrollados están prácticamente controlados los problemas que planteaban las aguas contaminadas. Los procesos de filtración y desinfección mediante cloro a los que se somete al agua antes del consumo humano se han impuesto en el siglo XX y se estima que son los causantes del 50% de aumento de la expectativa de vida de los países desarrollados en el siglo pasado. SWAIN, Ashok (2004), *Managing water conflict*.

3.5. Proceso de tratamiento del agua

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

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

Las instalaciones de tratamiento se completan, a veces, con la adición de carbón activo en polvo, para la eliminación de sustancias que provocan la aparición de olores y sabores, la adición de permanganato potásico para la eliminación de hierro y manganeso y en casos más conflictivos y constantes de presencia de sustancias orgánicas así como otras que pueden originar olores y sabores, se llega a la instalación de filtros de carbón activo en grano tras los filtros de arena. Hoy en día el tratamiento no solo tiene que seguir y mejorar el tratamiento convencional, sino que deberá abordar las nuevas causas de contaminación que no puedan eliminarse con los métodos convencionales, recurriendo a otros métodos e incluso empleando otros reactivos complementarios. El tratamiento del agua y en especial la desinfección (hasta ahora generalmente con cloro) ha sido responsable en gran medida del 50% de aumento de las expectativas de vida en los países desarrollados a lo largo del siglo XX. La eficacia del tratamiento del agua en la reducción de las enfermedades que esta transmite depende de la calidad del agua en origen y del proceso seguido en el sistema de tratamiento. Los agentes patógenos transmitidos por el agua, que pueden causar enfermedades, provienen generalmente de sistemas hídricos con inadecuado tratamiento, especialmente desinfección y filtración. En el esquema siguiente se representan las fases del proceso de tratamiento convencional. Collins, A. y G. Ellis. (1992). Informative processing coupled with Expert System for water treatment plants.

3.5.1. Purificación de agua por sedimentación

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

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

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

La sedimentación secundaria ocurre cuando se aplica un coagulante para producir el asiento de la materia sólida contenida en el agua. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cuba Laria, N. e Y. Oropesa. (1991).

Método de Ablandamiento Cal- Soda-Lime Softening

Se agrega cal (hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$) y soda hash (carbonato de sodio Na_2CO_3) al agua para causar la precipitación del carbonato de calcio CaCO_3 y magnesio $\text{Mg}(\text{HO})_2$.

En sistemas municipales se agrega el hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al agua y el sólido precipitado se remueve por medio de la sedimentación. Algunas pequeñas partículas permanecen por lo que se burbujea dióxido de carbono para convertir estas pequeñas partículas en bicarbonatos solubles. Debido a que alguna de esta dureza se conserva este proceso es conocido como ablandamiento parcial.

En una escala menor se puede agregar carbonato de sodio Na_2CO_3 al agua dura que va a ser utilizada para lavar ropa. Water-Resource Engineering, 4th edition, RayK. Linsely, JosephB. Franzini, DavidL. Freyberg, George Tchobonolous, McGraw-Hill International Editions, 1992.

Método por Intercambio Cationico

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

El intercambio catiónico es un método de ablandamiento total porque remueve toda la dureza del agua. Water-Resource Engineering, 4th edition, Ray K. Linsely, Joseph B. Franzini, David L. Freyberg, George Tchobanoglous, McGraw-Hill International Editions, 1992.

1.5.2. Purificación de agua por filtración

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

Se emplea para obtener una mayor clarificación, generalmente se aplica después de la sedimentación para eliminar las sustancias que no salieron del agua durante su decantación. *Ingeniería Hidráulica*, Vol. XIII. No. 3. Cuba.

Filtro de carbón activado

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

Filtro de arena

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

Filtro pulidor

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

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

Purificación de agua por cloración

Cloración es el procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados, como el hipoclorito de sodio o de calcio. En las plantas de tratamiento de agua de gran capacidad, el cloro se aplica después de la filtración. Para obtener una desinfección adecuada, el cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos; transcurrido ese tiempo podrá considerarse el agua como sanitariamente segura. Para desinfectar el agua para consumo humano generalmente se utiliza hipoclorito de sodio al 5.1%. Se agrega una gota por cada litro a desinfectar.

Purificación de agua por ozono

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

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

La dureza de las aguas naturales es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio, y en menor proporción por el hierro, el aluminio y otros metales. La que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal y puede eliminarse por ebullición, que al mismo tiempo esteriliza el agua. La dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua, algunos detergentes contienen ciertos agentes separadores que inactivan las sustancias causantes de la dureza del agua.

El hierro, que produce un sabor desagradable en el agua potable, puede extraerse por medio de la ventilación y sedimentación, o pasando el agua a través de filtros de zeolita. También se puede estabilizar el hierro añadiendo ciertas sales, como los polifosfatos. El agua que se utiliza en los laboratorios, se destila o se desmineraliza pasándola a través de compuestos que absorben los iones.

Acondicionamiento, corrección del pH por simple neutralización o por remineralización con cal y gas carbónico. Rudenko, G. (1983). Filtro de zeolita para tratamiento de agua de alta turbiedad. *Tecnología vody*. **Vol. 1**.

Ajuste del pH

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

Barcelona. España. Rudenko, G. (1983). Filtro de zeolita para tratamiento de agua de alta turbiedad. *Tecnología vody*. Vol. 1.

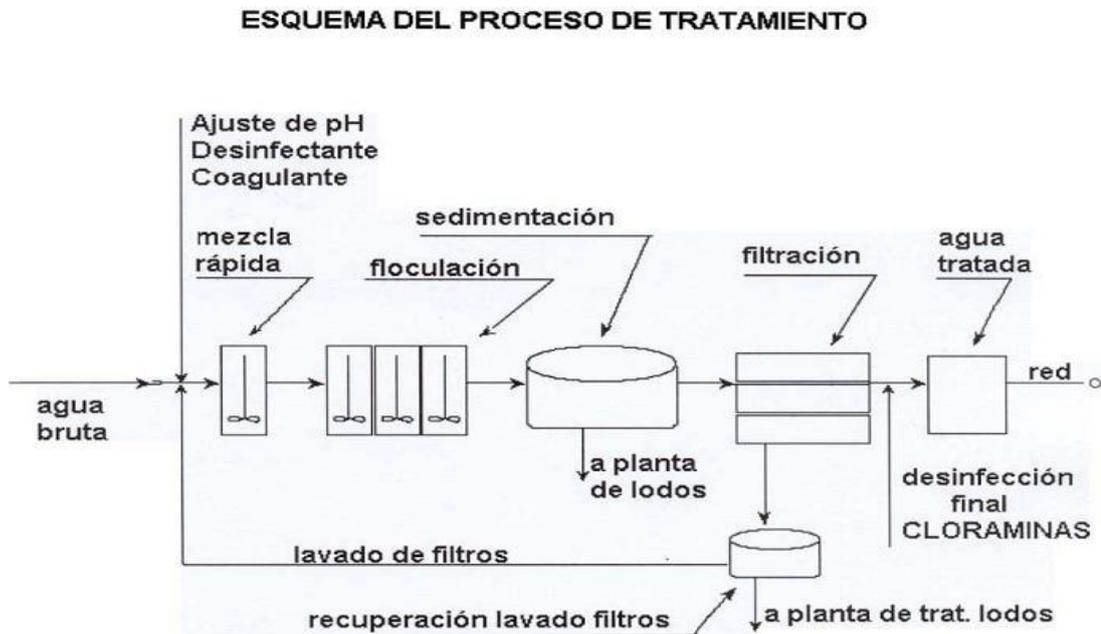
Purificación de agua por rayos ultravioleta

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

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

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

desinfección y filtración. En el esquema siguiente se representan las fases del proceso de tratamiento convencional.



Fuente: Collins, A. y G. Ellis. (1992). Informative processing coupled with Expert System for water treatment

Los reactivos son incorporados en las siguientes etapas:

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

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

1.6. El uso doméstico del agua

Además de precisar los seres humanos el agua para su existencia precisan del agua para su propio aseo y la limpieza. Se ha estimado que los humanos consumen «directamente o indirectamente» alrededor de un 54% del agua dulce superficial disponible en el mundo. Este porcentaje se desglosa en:

- Un 20%, utilizado para mantener la fauna y la flora, para el transporte de bienes (barcos) y para la pesca.
- Y el 34% restante, utilizado de la siguiente manera: El 70% en irrigación, un 20% en la industria y un 10% en las ciudades y los hogares.
- El consumo humano representa un porcentaje reducido del volumen de agua consumido a diario en el mundo. Se estima que un habitante de un país desarrollado consume alrededor de 5 litros diarios en forma de alimentos y bebidas.
- Estas cifras se elevan dramáticamente si consideramos el consumo industrial doméstico. V Foro Mundial del agua, convocado el 16 de marzo de 2009 en Estambul (Turquía).

Según un reporte de las Naciones Unidas del año 2006, «a nivel mundial existe suficiente agua para todos», pero el acceso ha sido obstaculizado por la corrupción y la mala administración.

En el Informe de la Unesco sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo(WWDR, 2003) de su Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos(WWAP) predice que en los próximos veinte años la cantidad de agua disponible para todos disminuirá al 30%; en efecto, el 40% de la población mundial tiene insuficiente agua potable para la higiene básica. Más de 2.2 millones de personas murieron en el año 2000 a consecuencia de enfermedades transmitidas por el agua (relacionadas con el consumo de agua contaminada) o sequías. En el 2004 la organización sin ánimo de lucro Water Aid, informó que cada 15 segundos un niño muere a causa de enfermedades relacionadas con el agua que pueden ser prevenidas⁹⁷ y que usualmente se deben a la falta de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Estas son algunas de las organizaciones que respaldan la protección del agua: International Water Association (IWA), Water Aid, Water 1st, y American Water Resources Association.

1.7. Normativa legal

Según la Ley de Aguas vigente, el agua de los ríos, lagos, lagunas, manantiales y las subterráneas, son bienes nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es inalienable e imprescriptible. Su asignación se realiza mediante concesión de derechos de aprovechamiento por parte del CNRH, a través del dictamen del Jefe de la Agencia de Agua.

A la falta de coincidencia de la división político administrativa del Ecuador con los sistemas hidrográficos existentes, se suma la superposición y ambigüedad institucional respecto a concesión de derechos de aprovechamiento, control de calidad de agua, cobro de las tarifas y manejo de cuencas (para lo que no hay responsabilidades institucionales concretas).

La Subsecretaría de Agua Potable, Saneamiento y Residuos Sólidos (SAPSyRS) del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) está legalmente investida con la facultad de establecer políticas sectoriales. No obstante, no existe una definición clara de los roles y responsabilidades de los diferentes actores nacionales y subnacionales. Tampoco existe un ente autónomo regulador de los servicios de agua y saneamiento. Los actores en el sector incluyen al Fondo de Solidaridad, al Banco del Estado (BDE), al Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), a las ocho Corporaciones Regionales de Desarrollo (que están focalizadas en el riego), a diversos ministerios del gobierno y gobiernos provinciales y municipales, entre otros. GALARRAGA, Remigio. Dr. 2004.

1.7.1. LEY DE AGUAS

H. Congreso Nacional

La Comisión de Legislación y Codificación

Resuelve: Expedir la siguiente Codificación de la Ley de Aguas

TITULO I

Disposiciones fundamentales

Art. 1.- Las disposiciones de la presente Ley regulan el aprovechamiento de las aguas marítimas, superficiales, subterráneas y atmosféricas del territorio nacional, en todos sus estados físicos y formas.

Art. 2.- Las aguas de ríos, lagos, lagunas, manantiales que nacen y mueren en una misma heredad, nevados, caídas naturales y otras fuentes, y las subterráneas, afloradas o no, son bienes nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es inalienable e imprescriptible; no son susceptibles de posesión, accesión o cualquier otro modo de apropiación.

No hay ni se reconoce derechos de dominio adquiridos sobre ellas y los preexistentes sólo se limitan a su uso en cuanto sea eficiente y de acuerdo con esta Ley.

Art. 7.- La concesión de un derecho de aprovechamiento de aguas, estará condicionado a las disponibilidades del recurso y a las necesidades reales del objeto al que se destina.

Art. 13.- Para el aprovechamiento de los recursos hidrológicos, corresponde al Consejo Nacional de Recursos Hídricos:

- a) Planificar su mejor utilización y desarrollo;
- b) Realizar evaluaciones e inventarios;
- c) Delimitar las zonas de protección;
- d) Declarar estados de emergencia y arbitrar medidas necesarias para proteger las aguas;
- e) Propender a la protección y desarrollo de las cuencas hidrográficas.

Art. 14.- Sólo mediante concesión de un derecho de aprovechamiento, pueden utilizarse las aguas, a excepción de las que se requieran para servicio doméstico.

Art. 15.- El beneficiario de un derecho de aprovechamiento de aguas, está obligado a construir las obras de toma, conducción, aprovechamiento y las de medición y control para que discurran únicamente las aguas concedidas, las mismas que no podrán ser modificadas ni destruidas cuando ha concluido el plazo de la concesión, sino con autorización del Consejo Nacional de Recursos Hídricos.

La unidad de medida de caudal es el litro por segundo o su múltiplo el metro cúbico por segundo. La unidad de medida de volumen es el metro cúbico.

Art. 19.- Los valores recaudables y los derechos de concesión a que se refieren los dos artículos anteriores, se harán en la proporción y condiciones que se establezcan en el Reglamento que formulará el Consejo Nacional de Recursos Hídricos y que será expedido por la Función Ejecutiva.

Art. 20.- A fin de lograr las mejores disponibilidades de las aguas, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, prevendrá, en lo posible, la disminución de ellas, protegiendo y desarrollando las cuencas hidrográficas y efectuando los estudios de investigación correspondientes.

Las concesiones y planes de manejo de las fuentes y cuencas hídricas deben contemplar los aspectos culturales relacionados a ellas, de las poblaciones indígenas y locales.

Art. 21.- El usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizará las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio.

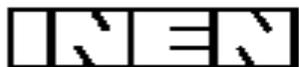
Art. 22.- Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.

El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y las demás entidades estatales, aplicará la política que permita el cumplimiento de esta disposición.

Se concede acción popular para denunciar los hechos que se relacionan con contaminación de agua. La denuncia se presentará en la Defensoría del Pueblo.

Art. 39.- Las concesiones de agua para consumo humano, usos domésticos y saneamientos de poblaciones, se otorgarán a los Municipios, Consejos Provinciales, Organismos de Derecho Público o Privado y particulares, de acuerdo a las disposiciones de esta Ley.

Art. 55.- Las personas obligadas a la utilización de aguas pagarán la tarifa respectiva, la utilicen o no, debiendo tomarse en cuenta para establecer dicha tarifa, la amortización del capital invertido en el canal y obras complementarias, los gastos de operación y mantenimiento y el tiempo necesario de utilización, en las proporciones y condiciones que serán regulados en el reglamento, que, elaborado por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, deberá ser expedido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.



CIU: 4200-5000ICS: 13.060.20-13.060-30

CDU:628.1/2/3

CO: 10.07-610

1.8. CÓDIGO DE PRACTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL

1.8.1. Parámetros I

4.1.1 Se clasifica como parámetros I, los indicados en la tabla 4.1

TABLA 4.1 Parámetros I

PARÁMETRO	LÍMITE DE SEABLE	LIM. MÁXIMO ADMISIBLE
Turbiedad (UNT)	5	20
Cloro residual (mg/l)	0,5	0,3– 1,5
PH	7,0– 8,5	6,5– 9,5

1.8.2. Parámetros II

4.2.1 Se clasifica como parámetro II, los indicados en la tabla 4.2

TABLA 4.2 Parámetros II

PARÁMETRO	LÍMITE DE SEABLE	LIM. MÁXIMO ADMISIBLE
Colif. Totales (NMP/100cm ³)	Ausencia	Ausencia
Color(UCPt-Co)	5	30 ausencia inobjetable
Olor sabor	ausencia inobjetable	

1.8.3. Parámetros III

4.3.1 Se clasifica como parámetros III (Químicos), los indicados en la tabla 4.3.

TABLA 4.3 Parámetros III

PARÁMETRO	LÍMITE DE SEABLE	LIM. MÁXIMO ADMISIBLE
Dureza (mg/lCaCO ₃)	120	300
Sólidos totales disueltos(mg/l)	500	1 000
Hierro (mg/l)500	0,2	0,5
Manganeso (mg/l)	0,05	0,3
Nitratos(mg/INO ₃ ⁻)	10	40
Sulfatos(mg/l)	50	400
fluoruros	tabla 4.4	tabla 4.4

TABLA 4.4 Concentración de fluoruros (mg/l)

PROMEDIO ANUAL DE TEMPERATURA EN °C	LÍMITE DE SEABLE	LIM. MÁXIMO ADMISIBLE
10,0–12,0	1,27– 1,17	1,7
12,1– 14,6	1,17– 1,06	1,5
14,7– 17,6	1,06– 0,96	1,3
17,7– 21,4	0,96– 0,86	1,2
21,5– 26,2	0,86– 0,76	0,8
26,3– 32,6	0,76– 0,65	0,8

1.8.4. Parámetros IV

4.4.1 Se clasifica como parámetros IV (plaguicidas), los indicados en la tabla 4.5.

TABLA 4.5 Parámetros IV

PARÁMETRO	LÍMITE MÁXIMO ADMISIBLE ($\mu\text{g/l}$)
Aldrín	0,03
Dieldrín	0,03
Clordano	0,03
DDT	1,00
Endrín	0,20
Heptaclorepóxido	0,10
Lindano	3,00
Metoxicloro	30,00
Toxofeno	5,00
Clorofenoxy 2,4,D	100,00
2,4,5- TP	10,00
2,4,5- T	2,00
carbaril	100,00
diazinón	10,00
metilparathión	7,00
parathión	35,00

La suma total de plaguicidas en el agua potable no podrá ser mayor a 0,1 mg/l.

1.8.5. Parámetro V

4.5.1 Se clasifica como parámetros V (sustancias tóxicas y metales pesados), los indicados en la tabla 4.6.

TABLA 4.6 Parámetros V

PARÁMETRO	LÍMITE DESEABLE	LIM. MÁXIMO ADMISIBLE

Arsénico (mg/l)	0,00	0,05
Plomo (mg/l)	0,00	0,05
Mercurio (mg/l)	0,00	0,00
Cromo hexavalente (mg/l)	0,00	0,05
Cadmio(mg/l)	0,00	0,005
Selenio(mg/l)	0,00	0,01
Clanuro(mg/l)	0,00	0,00
Cloroformo(mg/l)	0,00	0,20

1.9. Métodos de Ensayo

Los métodos de ensayo para determinar los parámetros de esta norma, son los especificados en los MÉTODOS ESTÁNDAR para análisis de la AWWA y/o las NTE INEN respectivas.

1.10. Inspección de la Calidad de Agua Potable

- ✓ Para vigilar la calidad del agua deberá mantenerse inspecciones periódicas en la red, de los parámetros I.
- ✓ Cuando la turbiedad y/o el cloro residual sobrepasen los límites permitidos, deberá inspeccionarse los parámetros II,
- ✓ Cuando se observe un deterioro de la calidad atribuible a substancias químicas, se inspeccionará los parámetros III.
- ✓ Si la fuente se lo caliza en una zona agrícola, se inspeccionará los parámetros IV, al menos una vez al año.
- ✓ Si se observa efectos negativos en la población, atribuibles a metales pesados, se inspeccionará los parámetros V.

1.11. MARCO CONCEPTUAL.

1. **AGUA.-** liquido incoloro, inodoro e insípido, compuesto por dos volúmenes de hidrogeno y uno de oxigeno. (H₂O).
2. **Aguas Subterráneas.-** son aguas que se encuentran en el subsuelo en unas

cavidades y salen a la superficie por medio de acuíferos o ríos por debajo de las grandes rocas.

3. **Acidez Mineral.-** la acidez es la capacidad para neutralizar bases. Es raro que las aguas naturales presenten acidez, no así las superficiales.
4. **Aguas Duras Alcalinas.-** Por lo general la dureza del agua es causada por la presencia de iones calcio (Ca^{2+}) y iones magnesio (Mg^{2+}) disueltos en el agua. Otros cationes como el aluminio (Al^{3+}) y el hierro (Fe^{3+}) pueden contribuir a la dureza, sin embargo su presencia es menos crítica.
5. **Aguas Residuales.-** el agua residual, también llamada negra o fecal, es la que usada por el hombre ha quedado contaminada.
6. **Agua Dulce.-** el agua dulce en la naturaleza se remueve a la atmósfera que dispone de 12.900 km^3 de vapor de agua.
7. **Ciclos del Agua.-** se denomina al continuo intercambio de agua dentro de la hidrosfera, entre la atmósfera, el agua superficial y subterránea y los organismos vivos.
8. **Colifórmes Totales y Fecales.-** se utilizó la técnica de tubos de fermentación múltiple (dilución en tubo) del número más probable (NMP), el cual proporciona una estimación estadística de la densidad microbiana presente con base a que la probabilidad de obtener tubos con crecimiento positivo disminuye conforme es menor el volumen de muestra inoculado.
9. **Contaminación del Agua.-** los humanos llevamos mucho tiempo depositando nuestros residuos y basuras en la atmósfera, en la tierra y en el agua.
10. **Desinfección del agua potable.-** el agua de boca es uno de los principales transmisores de microorganismos causantes de enfermedades, principalmente bacterias, virus y protozoos intestinales.

- 11.El uso doméstico del agua.**-además de precisar los seres humanos el agua para su existencia precisan del agua para su propio aseo y la limpieza.
- 12. Efectos de las sustancias orgánicas.**- algunas son toxicas para los seres humanos y organismos acuáticos (pesticidas).Otras producen olores, sabores, colores y espuma.
- 13.El uso doméstico del agua.**-además de precisar los seres humanos el agua para su existencia precisan del agua para su propio aseo y la limpieza.
- 14. Microorganismos y enfermedades.**- los microorganismos son especies vivientes de tamaños diminutos. No se consideran como plantas ni como animales. Sino más bien se los califica en un tercer reino llamado Protistas.
- 15. Propiedades Químicas del Agua.**- el agua es una sustancia que químicamente se formula como H_2O ; es decir, que una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno enlazados covalentemente a un átomo de oxígeno.
- 16. Tipos de Agua.**- el agua se puede presentar en tres estados siendo de las pocas sustancias que pueden encontrarse en sus tres estados de forma natural.

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN:

Según la norma oficial NTE INEN 1108 de Salud ambiental, el agua para uso y consumo humano los límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización, el agua no debe contener contaminantes químicos o agentes infecciosos que afecten a la salud humana.

Es necesario evaluar el efecto o daño a la salud humana de los contaminantes para rechazar la fuente de agua, particularmente para el sistema de abastecimiento de comunidades pequeñas donde la elección de otra fuente de abastecimiento y las oportunidades de tratamiento son limitadas.

Existen otras sustancias que también se han fijado como parámetros de calidad por criterios estéticos y no sanitarios que también debieran removerse de agua, como los sólidos suspendidos y la materia orgánica natural. Otro parámetro contaminante que generalmente no se remueve por su complejidad de tratamiento y por qué no tiene efectos directos sobre la salud, es la dureza. Estos contaminantes podrían reducirse a niveles aceptables si la comunidad o el ayuntamiento tienen capacidad técnica y económica para administrar y operar un sistema de tratamiento y además hay aceptación por parte de los usuarios. El parámetro de calidad del agua más importante que se debe vigilar y eliminar es el microbiológico, por su efecto agudo en la salud humana.

2. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO Y METODOLOGIA APLICADA

2.1. Línea Base

El trabajo se realizó en las comunidades: Salache Grande, el CEYPSA, Taniloma, Rumipamba y Angamarca, perteneciente a la parroquia Eloy Alfaro del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi y está ubicada al suroeste de su cabecera cantonal a aproximadamente 6 km de distancia.

La altitud media sobre el nivel del mar es de 2.870 metros, con la topografía irregular, con pendientes y precipitaciones ligeras entre los meses de Marzo y Octubre del año.

Se tomó en consideración el agua de consumo humano que proviene del agua de vertiente denominada Salache está situada en la margen derecha del río Salache, en el punto denominado San Agustín de Salache a 1 km aguas arriba del tanque de distribución, de la parroquia Eloy Alfaro del Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, a una cota de 2680 m.s.n.m., y en la cuadrícula con coordenadas 637913 de la carta topográfica de Latacunga editada por el IGM; Aforo realizado 4.6 l/s; y requerimiento para uso domestico de 2.160 habitantes, a 100 Lts/hab/día, 3.76 Lts/seg. Concesión otorgada a favor de la Junta Administradora de agua Potable de los Barrios Salache, Tiobamba, Taniloma, Angamarca. Fuente la adjudicación del INSTITUTO ECUATORIANO DE RECURSOS HIDRICOS, AGENCIA DE AGUA DE LATACUNGA.

Cada una de los sistemas que están en funcionamiento, está compuesto de las siguientes unidades:

Captación: se encuentra ubicada en el sitio indicado, en el cual el líquido se capta mediante una toma de fondo con rejilla lateral, protegida con un tanque de hormigón armado y tapa metálica, y como el agua brota casi sin partículas sólidas, y no cuenta con ninguna obra a la entrada de la cisterna como desarenadores.

El sitio donde está implantada actualmente la captación, no presenta problemas de suelos inestables o excavaciones en talud, pero carece de una barrera de protección de animales, afluentes de agua lluvia y el crecimiento del río Salache

que pueden contaminar la vertiente por lo que el tanque está desprotegido de estos riesgos.

La primera línea de conducción es de aproximadamente 1.000 metros de longitud, en tubería de PVC E/C D = 110 mm, con una topografía muy irregular, que hace que el sistema tenga sifones normales e invertidos, en los cuales no se han colocado válvulas de fondo o de aire, creando posibles inconvenientes que afectan a la salida en cada una de las acometidas... El caudal que actualmente circula por la conducción es de 3.68 lt/seg.,

Tratamiento: No existe ningún tipo de tratamiento al agua ni en la captación o al inicio de la distribución.

Como consecuencia de la falta de tratamiento, los problemas que pueden darse son los siguientes:

La turbiedad del agua se presenta en ocasiones, especialmente cuando hay presencia de lluvias, pero no es muy notoria por cuanto el material de arrastre casi no existe.

Falta asesoramiento en la operación adecuada de la planta de tratamiento, trabajo que deberá realizar la Dirección de Agua Potable del I. Municipio de Latacunga.

Reservas: Al momento existe construido al inicio de la captación un tanque de 50 m³, y dos tanques de reserva de 50.00 m³ cada uno así mismo al inicio de la distribución, sin ningún sistema de tratamiento previo, como ya se dijo.

La red de distribución, por el tiempo transcurrido en su funcionamiento y por la forma anti técnica con la que se distribuye, presenta problemas en las salidas, Los diámetros en la distribución varían desde 63 a 20 mm y se encuentran en buen estado de funcionamiento.

2.2. UBICACIÓN.

2.2.1. CENTRO DE EXPERIMENTACIÓN Y PRODUCCIÓN (CEYPSA)

Localización

- ✓ Provincia: Cotopaxi
- ✓ Cantón: Latacunga
- ✓ Barrio: Salache bajo

Longitud:

- ✓ 78°37'19,16" E

Latitud

- ✓ 00°59'47,68" N

Coordenadas Quadricula Mercator UTM.

- ✓ N: 9888.749,37.
- ✓ E: 764.660,386.

Altitud

- ✓ 2703,04 msnm. (PARTE BAJA)
- ✓ 2757,59 msnm. (PARTE INTERMEDIA)
- ✓ 3047,39 msnm. (PARTE ALTA)

Según el cálculo del curso por triangulación

Disponibilidad de servicios

Vías de acceso. Se determinan vías de carácter primario a aquellas que forman parte de la Panamericana, de segundo orden los caminos de empedrado y las de tercer orden son las de tierra.

Primario.

- ✓ Latacunga – Niágara – CEYPSA.
- ✓ Dirección sur occidente, cuya distancia es de 10.7 Km, cuyo recubrimiento es de asfalto.

- ✓ Latacunga – Illuchi – Salache Angamarca – CEYPSA
- ✓ Distancia: 10 Km. Recubrimiento de asfalto, 1.450 Km. Recubrimiento de lastre, 0.250 Km. Recubrimiento de piedra, total 11.7 Km. Dirección sur – occidente

Secundario

- ✓ Salcedo – La Cangahua – Salache Angamarca – CEYPSA
- ✓ La dirección es nor – occidente, está cubierta de lastre, y la distancia total es 10.550 Km.
- ✓ Salache Alto – CEYPSA
- ✓ Esta carretera es de piedra, que es utilizada durante los fines de semana y días de vacaciones, por parte de la Cooperativa SULTANA.

Terciaria

- ✓ Vía en la zona montañosa que conecta al CEYPSA a Patoa de Vacas y Pujilí.

Nota: Este fragmento es síntesis de las escrituras, las mismas que adjuntamos en la parte de anexos.



Nota: Datos otorgados por el Dr. Polivio Moreno, Proyecto Cantera 7 Ing. Ambiental.

Disponibilidad del agua de riego

EL CEYPSA dispone de agua de riego por gravedad desde el lote 1 hasta el lote 10 que corresponden a 12.0831 ha, el agua para riego por bombeo es para los lotes 11 y 12 correspondientes a 3.6540 ha, mientras que los otros lotes que son desde el 13 – 18 no disponen de agua de ningún tipo, que cubren una superficie de 21.36 ha.

Zona ecológica

- ✓ Pluviosidad: 250 – 500mm
- ✓ Temperatura: 13 °C
- ✓ Humedad Relativa: 3%
- ✓ Nubosidad: Irregular
- ✓ Clima: Seco Templado
- ✓ Heliografía: 0.08 cal/cm²
- ✓ Velocidad del viento: 22 m/seg.

Características Ecológicas: Cobertura vegetal en la planicie de 22 has., que corresponden al 35% y sin cobertura vegetal de 26 has., que corresponden al 65%.

Nota: Datos otorgados por el Dr. Polivio Moreno, Proyecto Cantera 7 Ing. Ambiental.

2.3. Red del sistema de agua entubada del CEYPSA - barrió Salache Angamarca

2.3.1. Antecedentes del sistema

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua (CEYPSA).

El agua de calidad apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede contaminarse a través de conexiones cruzadas, retrosifonaje, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorio defectuoso, grifos dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad. Asimismo defectos en la construcción o en las estructuras de pozos, depósitos, ausencia o irregular mantenimiento de dichas instalaciones son causas que predisponen el ingreso y proliferación de microorganismos desde distintas fuentes. Además existen factores secundarios que permiten el crecimiento de microorganismos en el agua dentro de los sistemas de distribución y almacenamiento como: cantidad y tipo de nutrientes, oxígeno, temperatura, pH, concentración de desinfectante y material de las tuberías.

La determinación de microorganismos intestinales normales como indicadores de contaminación fecal, en lugar de patógenos, es un principio de aceptación universal en la vigilancia y evaluación de la seguridad microbiana en los sistemas de abastecimiento de agua. Estos microorganismos deben cumplir diferentes requisitos como: ser inofensivos para humanos, permanecer más tiempo que los microorganismos patógenos y con su ausencia demostrar un agua segura libre de microorganismo patógeno.

Específico de contaminación fecal debe hallarse en forma constante en las heces y estar asociado a las aguas residuales. Asimismo, debe ser fácilmente aislable, identificable y numerable en el menor tiempo posible y con el menor costo. Debe ser capaz de crecer en los medios de cultivo comunes, estar distribuido a lazar en las muestras y ser resistente a la inhibición de su crecimiento por otra especie

La Junta Administradora de Agua Potable, preocupada siempre por solucionar de mejor forma la necesidad de la creciente demanda de agua potable en la zona, ya que el proyecto se ha construido hace casi 20 años, tiempo en el cual no se ha dado ninguna atención al sistema, puesto que ni siquiera se cuenta con el

levantamiento topográfico, peor con una copia de los estudios o de la red para realizar el seguimiento adecuado, y como la red no ha tenido en su construcción un asesoramiento técnico y se ha colocado indiscriminadamente nuevos tramos de servicio, lo que en ciertos sitios especialmente en los altos, el agua no llega con la presión necesaria, o en determinados sectores no hay servicio en ciertas horas.

Con el antecedente expuesto, se procedió a realizar los estudios de mejoramiento del sistema de agua potable “Salache Grande”, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, que comprende 4 barrios que son Salache Grande, Taniloma, Rumipamba y Angamarca en el que se incluye el CEYPSA.

2.3.2. Poblaciones consideradas en el presente estudio.

La población considerada en el estudio, se encuentra localizada en una gran área de servicio en la zona alta al suroeste del Cantón Latacunga.

El análisis del medio físico nos permitirá evaluar la variación que sufren los parámetros de orden orográfico, climático y topográfico que inciden directamente en el comportamiento y tratamiento de las aguas, a fin de que sea óptima para el consumo humano.

De la misma manera las condiciones socio – económicas en las que se desenvuelven, esto permite evaluar de mejor manera el posible desenvolvimiento futuro de las actividades económicas y sociales de estas localidades, el número de habitantes al final del período de diseño y las zonas de expresión futura. Es de 1200 habitantes de las comunidades más 1100 estudiantes de La **UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES (CEYPSA.)** Dándonos un total aproximado de unos 2300 usuarios de la red Salache Angamarca CEYPSA.

2.3.3. Zona del sistema de agua entubada salache grande

Ubicación Geográfica.- En el diseño del sistema en estudio, es una zona que abarca a los barrios de Salache Grande, el CEYPSA Taniloma, Rumipamba y Angamarca, perteneciente a la parroquia Eloy Alfaro del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi y está ubicada al suroeste de su cabecera cantonal a aproximadamente 6 km de distancia.

La altitud media sobre el nivel del mar es de 2.870 metros, con la topografía un tanto irregular, con pendientes ligeras.

Topografía.- La zona del proyecto se encuentra asentada en una topografía relativamente irregular, con una inclinación hacia el río Salache con fuertes pendientes.

Temperatura.- Como resultado de lo mencionado anteriormente, hace que la zona posea un clima frío húmedo, con una temperatura que varía de los 8 hasta 12 grados, con una media de 10 grados centígrados.

Pluviosidad.- Indican que hay un período lluvioso bastante definido, las mayores precipitaciones se producen entre los meses de octubre hasta marzo.

Humedad relativa.- La humedad relativa durante el año es el 70%

Vegetación.- El área que rodea a estas localidades no tiene una vegetación permanente debido a que se ha destruido la vegetación nativa para lograr zonas cultivables, esto ha llevado a una alteración del medio ambiente.

2.3.4. Sistema de agua entubada

Las comunidades consideradas en el presente estudio, cuentan con un sistema de agua entubada que comprende 2 redes de alimentación, el mismo que se ha construido en el año 1984, que provienen de diferentes captaciones:

San Agustín de Salache ubicado a 4 km aguas arriba de la distribución, con 3.68 l/seg, concesionados, que se distribuye por gravedad a 3 barrios que son Salache, Taniloma y Angamarca.

Otra captación que no cuenta con la respectiva concesión, pero que se viene usando desde hace casi 20 años, con un caudal de 6 L/seg, ubicada a aproximadamente 1.5 km de una estación de bombeo donde existen 2 tanques de reserva de aproximadamente 50 m³ cada uno, con lo cual se entrega a sectores donde el sistema por gravedad no cubre la demanda.

Una tercera vertiente, de aproximadamente 10 L/seg, cuya concesión se la viene tramitando, y en vista de que hay resultados positivos, ya se ha construido el tanque de captación, y se ha colocado tubería de 160 mm en un tramo de 1800 ml aproximadamente.

Cada una de los sistemas que están en funcionamiento, está compuesto de las siguientes unidades:

Captación: se encuentra ubicada en el sitio indicado, en el cual el líquido se capta mediante una toma de fondo con rejilla lateral, protegida con un tanque de hormigón armado y tapa metálica, y el agua brota casi sin partículas sólidas, y no cuenta con ninguna obra a la entrada de la cisterna como desarenadores o desripiadores.

El sitio donde está implantada actualmente la captación, no presenta problemas de suelos inestables o excavaciones en talud, por lo que el tanque se puede seguir usando sin problemas. Fuente: Sistema de Agua Salache – Angamarca.

Conducción

La primera línea de conducción es de aproximadamente 4.000 metros de longitud, en tubería de PVC E/C D = 110 mm, con una topografía muy irregular, que hace

que el sistema tenga sifones normales e invertidos, en los cuales no se han colocado válvulas de fondo o de aire, creando posibles inconvenientes que afectan a la salida en cada una de las acometidas. El caudal que actualmente circula por la conducción es de 3.68 Lt/seg., y con una nueva captación, que se está tramitando se ampliará a 13.68 L/seg.

La segunda línea es más cercana y tiene las mismas características que la primera, que llega a una estación de bombeo.

Tratamiento: No existe ningún tipo de tratamiento al agua ni en la captación o al inicio de la distribución de las dos, ya que el que había está en mal estado.

Como consecuencia de la falta de tratamiento, los problemas que pueden darse son los siguientes:

- La turbiedad del agua se presenta en ocasiones, especialmente cuando hay presencia de lluvias, se produce una contaminación biológica y microbiológica.

Conexiones domiciliarias:

El sistema cuenta al momento con 240 conexiones en la primera línea y en la segunda 158 líneas, que se encuentran en buenas condiciones. También se sirven de ésta red varias empresas agroindustriales y LA UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES (CEYPSA) DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. Asentadas en la zona.

La cantidad de usuarios y los sectores o barrios que se sirven de éstas líneas, está determinada en el siguiente cuadro:

Cuadro N°1

SECTOR	LINEA A GRAVEDAD	LINEA POR BOMBEO
Salache Grande	90	83

Taniloma	96	-
Rumipamba	-	42
Angamarca	54	33
TOTAL	240	158 usuarios

Fuente: Sistema de Agua Salache – Angamarca

Para realizar el diseño de este sistema, se tomaron en cuenta varios factores tales como: período de diseño, índice de crecimiento, análisis poblacional, áreas de servicio, dotaciones, caudales de diseño, etc., que están acordes con la realidad de las poblaciones.

2.3.5. Vida Útil Sugerida Para los Elementos de un Sistema de Agua Potable

2.3.5.1. Análisis Poblacional.

Población actual (Pa)

Los datos de la población actual de estas localidades se han obtenido en base a los censos nacionales y encuestas realizadas en las poblaciones, se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2

LOCALIDAD	POBLACIÓN ACTUAL
Salache Grande	450 hab.
Rumipamba	480 hab.
Angamarca	270 hab.
TOTAL	1200 habitantes

Fuente: Sistema de Agua Salache – Angamarca

Caudal Medio Diario (QMED)

El consumo durante las 24 horas obtenidas como promedio de los caudales diarios en un año, expresadas en litros por segundo (L/seg); en los casos donde no se dispone de datos fidedignos, puede asumirse que el Qmed es el producto de la dotación media por la población al final del período de diseño, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_{med} = f \cdot P_d \cdot D_{mf} / 86400; \quad F = \text{factor de fugas} = 10\%$$

$$Q_{med} = 1.10 \cdot (\text{población diseño} \cdot \text{dotación futura}) / 86400$$

$$Q_{med} = 1.10 \cdot (2.067 \text{ Hab.} \cdot 125 \text{ Lt/hab./d}) / (86400 \text{ seg/d})$$

$$Q_{med} = 3.29 \text{ Lt/seg.}$$

Caudal Máximo Diario (QMD)

Se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante el año.

El caudal máximo diario se obtiene multiplicando por un coeficiente de mayorización, el mismo que es igual a 1.25

$$Q_{MD} = K_{MD} \cdot Q_{med}; \quad K_{MD} = 1.25$$

$$Q_{MD} = 1.25 \cdot Q_{med}$$

$$Q_{MD} = 1.25 \cdot 3.29 \text{ Lt/seg.}$$

$$Q_{MD} = 4.11 \text{ Lt/seg.}$$

Caudal Máximo Horario (QMH)

Estará representado por el consumo máximo en una hora, observado durante un período de un año; este consumo se obtiene multiplicando el caudal medio diario futuro por un coeficiente, el mismo que tiene un valor de 3.

$$Q_{MH} = 3.0 \cdot Q_{med}$$

$$Q_{MH} = 3.0 \cdot 3.29 \text{ Lt/seg.}$$

$$Q_{MH} = 9.87 \text{ Lt/seg.}$$

Caudales de Diseño

Para el diseño de las diferentes estructuras que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable, se usarán los caudales recomendados en las Normas de Diseño de la SSA.

Estructuras

Captación de aguas superficiales
Captación de aguas subterráneas
Conducción de aguas superficiales
Conducción de aguas subterráneas
Red de distribución
Planta de tratamiento

Caudales

Máxima diario + 20%
Máximo diario + 5%
Máximo diario + 10%
Máximo diario + 5%
Máximo horario
Máximo diario + 10%

Caudal de Captación

$$Q \text{ cap} = QMD + 20\%$$

$$Q \text{ cap} = (1.20 * 4.11) \text{ L/seg}$$

$Q_{\text{cap}} = 4.93 \text{ L/seg}$

Caudal de Conducción

En general la capacidad de la conducción se calcula para el caudal máximo diario más el 10%.

$$Q \text{ cond.} = QMD + 10\%$$

$$Q \text{ cond} = (1.10 * 4.11) \text{ L/seg}$$

$Q \text{ cond.} = 4.52 \text{ L/seg}$
--

Caudal de Tratamiento

Las unidades necesarias para el tratamiento se diseñarán para el caudal máximo diario más el 10%.

$$Q \text{ trat.} = 4.52 \text{ Lt/seg.}$$

Volumen de Reserva.

La reserva permite cubrir la demanda de la población, manteniendo las presiones en todos los puntos de la red, de acuerdo a los cálculos realizados, se tiene los siguientes valores:

$$V_r = 0.35 * Q_{dist} * 86.4$$

$$V_r = 0.35 * 4.52 * 86.4$$

$$V_r = 137.00 \text{ m}^3$$

Si bien el caudal concesionado es de 3.65 L/seg, pero con el caudal por adicionar se incrementará a aproximadamente 10 L/seg, para lo cual la reserva será insuficiente, por ello se sugiere la construcción de un tanque adicional de 125 m³, con lo cual la población asegura una reserva hasta el final del período.

Caudal de Distribución

La capacidad de la red de distribución se calculará para el caudal máximo horario (QMH), sin considerar los incrementos para combatir incendios por cuanto las comunidades son rurales y las posibilidades de flagelos son remotas.

$$Q_{dist.} = 9.87 \text{ Lt/seg}$$

2.4. MATERIALES Y METODOS

2.4.5. Diseño Metodológico

El presente trabajo de investigación siguió los siguientes pasos:

1. Diagnóstico de la situación actual del problema, y caracterización del agua de consumo humano de la comunidad de Salache Angamarca, (CEYPSA).
2. Se cuantificó los contaminantes del agua.
3. Se describió la función de los focos de contaminación.
4. Análisis físicos, Químicos y biológicos del agua. En dos puntos en el (CEYPSA), de agua de consumo humano.

5. Pero el agua como principal componente de muchos alimentos; realiza una serie de tratamientos tanto industriales como domésticos; para obtener los:

- Residuos totales
- PH
- Alcalinidad
- Fenolftaleína
- Dureza Total
- Cloro residual

Lo dicho anteriormente es lo que vamos a demostrar en el siguiente trabajo, con las muestra de agua tomada en el lugar de captación del agua de vertiente del río Salache sector San Agustín, el tanque de distribución y las dos llaves de grifo del (CEYPSA) UTC.

Para saber que calidad tiene el agua que estamos consumiendo; todo estará respaldado de las normas INEN y referencias bibliográficas.

2.4.6. Materiales Utilizados

- Cápsula de porcelana
- Envases plásticos recolector de muestra con tapa rosca
- Guantes quirúrgicos
- caja
- Colector de muestras
- Bureta
- Fiola de 250 ml
- Fiola Yodo métrica
- Pipeta de 50 ml (volumétrica)
- Cinta masquín
- Termómetro
- Cuchara para medir 1 gramo
- Cuenta gotas

- Frasco para titulación

2.4.7. Materiales de Oficina

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Bolígrafos y lápices
- Hojas de papel bond
- Cuaderno espiral
- Una flash memoré

2.4.8. Reactivos

- Solución de Sulfato de Manganeso
- Solución Alcalina Ácida de Sodio
- Ácido Sulfúrico en polvo
- Tiósulfato Sódico
- Solución Indicadora de Amida.
- PH metro
- Buffer $\text{pH}4 \pm 0,01$
- Buffer $\text{pH}7 \pm 0,01$
- Fenolftaleína (indicador)
- Anaranjado de Metilo (indicador)
- H_2SO_4 0,0113 N
- Solución amortiguadora pH 10
- Negro de eriocromo T (indicador)
- E.D.T.A 0,01 N
- Almidón soluble 1 % (indicador)

2.5. Métodos para determinar la calidad de agua

2.5.1.- Método Experimental

Como primera etapa en el desarrollo del presente proyecto, es necesario llevar a cabo una caracterización de la vertiente, tanque de distribución y las llaves de los grifos del (CEYPSA). Un punto clave en la caracterización es la **toma de muestras**, ya que si desde un principio no se realiza este proceso de forma adecuada, los resultados no serán representativos. Los métodos que se emplearan están basados en los métodos normalizados establecidos por APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federación), conforme a lo establecido en las normas INEN.

Toma de Muestras

El objetivo de la toma de muestras es la obtención de una porción de efluente cuyo volumen sea adecuado para que pueda ser transportado con facilidad y manipulado en el laboratorio, sin que por ello deje de representar con exactitud la afluente de donde procede.

Este objetivo implica que la proporción o concentración relativa de todos los componentes serán la misma en las muestras que en las corrientes de donde proceden, y que dichas muestras serán manejadas de tal forma que no se produzcan alteraciones significativas en su composición antes de que se hagan las pruebas correspondientes.

Las muestras del agua de la vertiente, tanque de almacenamiento y los grifos se tomo en botellas de 5 L. y frascos de 100 ml.

Aguas no Cloradas

Muestras de Llaves y Grifos

Las muestras deben ser recolectadas en envases limpios, de vidrio borosilicato o plástico polipropileno estéril y contener 0.1 ml de una solución de tiosulfato de

sodio al 10% por cada 120 ml de muestra y facilitados por el Instituto de Salud Pública.

Escoger la llave o grifo que esté en buenas condiciones de funcionamiento.
Para obtener la muestra el muestreador deberá lavarse las manos con agua y jabón.

Abrir completamente la llave del grifo y dejar correr el agua por lo menos 3 minutos.

Reducir el flujo de agua para permitir la toma de la muestra.

Abrir el frasco y obtener la muestra sin enjuagar la cantidad requerida según análisis.

Llenar el envase hasta $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad para permitir la agitación de la muestra.

Coliformes fecales: 200 ml

Salmonella: 250 ml

V. cholerae: 1 litro

Tapar inmediatamente el frasco cuidando cerrar bien para evitar filtraciones.

Completar los datos de etiqueta adherida al frasco de muestra.

Se debe incluir una muestra blanca, que es tomada simultáneamente con la primera muestra, y se usará para medir la temperatura de recepción en el laboratorio.

Procedimiento De Toma De Muestras

Para la realización de la toma de muestras se ha seguido las siguientes indicaciones:

Se utilizó un frasco de plástico con tapa rosca de 100 ml. Para la determinación de fluoruros, y una botella de plástico de 5 L. para la determinación del resto de parámetros.

Antes de llenar el frasco con la muestra se homogeniza tres veces con el agua que se va a recoger, a menos que el envase contenga un conservante.

Inmediatamente después, se traspa a botellas, de menor volumen, pequeñas fracciones de la muestra tomada, dejando un espacio de alrededor del 1% de la capacidad del envase para permitir la expansión térmica.

Cada muestra es tratada de forma individual según las sustancias a analizar conforme indica la **tabla N°4.1**. Los parámetros no incluyen en esta tabla no necesitan la adición de conservantes.

TABLA 4.1: Conservación de las muestras en función del parámetro a caracterizar.

DETERMINACIÓN	CONSERVACIÓN	BOTELLA
Aceites y grasas, fenoles	+H ₂ SO ₄ conc. hasta pH<2, refrigerar a 4°C	5L.
DBO ₅ , Color, Cr ₆₊ , No ₃ , Sólidos, So ₄	Refrigeración a 4°C	5L +0,5L
CN ⁻	+ NaOH conc. Hasta PH>12, refrigeración a 4°C	0,5L
P total	+1 ml HCl conc./L	125 ml
Metales	+HNO ₃ conc. hasta PH<2	125 ml

BIBLIOTECA VIRTUAL. MIGUEL DE CERVANTES.

Fuente: Parámetros determinados en el análisis.

Con el fin de conocer las características iniciales del agua entubada, de la Junta Administradora de agua entubada de los barrios Salache, Tiobamba, Salache Angamarca, (CEYPSA) U.T.C. Se realizó las siguientes caracterizaciones:

Parámetros Físicos:

- P.H.
- Conductividad

Parámetros Químicos:

- Na, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Cr, CO_3^{2-} , HCO_3 ,

Para poder conocer las características del agua a tratar, se realizaron dos caracterizaciones completas del agua de vertiente, tanque de almacenamiento y grifos. Del sistema de agua Salache Angamarca UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI (CEYPSA). Basadas en las normas NTE INEN 1108:2005; los parámetros son:

Parámetros físicos- bacteriológico del agua:

- pH
- Color aparente
- Olor
- Temperatura
- Color libre residual
- Aspecto
- Turbidez
- Sólidos (SS, STD, STV, MS, ST)

Parámetros Químicos

- Sulfatos
- Nitratos
- Sulfitos
- Fosforo total

- Cromo (VI)
- Cianuros
- Cloruros
- Fluoruros
- Detergentes
- Fenoles
- Contenido en materia orgánica (DQO, DBO₅, CT, COT)
- Aceites y grasas
- Sodio
- Potasio
- Calcio
- Magnesio
- Cromo total
- Hierro
- Manganeso
- Aluminio
- Arsénico
- Bario
- Boro
- Cadmio
- Cobre
- Estaño
- Mercurio
- Níquel
- Plomo
- Selenio
- Zinc
- Cloro libre
- Toxicidad

CAPITULO III

3. Características Bacteriológicas.

3.1. Coliformes Totales.

Los coliformes totales son ampliamente utilizados a nivel mundial como indicadores de potabilidad por ser fáciles de detectar y cuantificar. El termino abarca bacterias de tipo bacilos, gran negativa que crecen en presencia de sales biliares o de otros compuestos con propiedades similares de inhibición. Esta definición aplica aun cuando en la práctica ha sido modificada parcialmente por el empleo de técnicas más modernas de detección. Fuente: WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006).

La prueba detecta tanto especies de agua contaminada como otras abundantes en la naturaleza que se multiplican fácilmente en agua de buena calidad, por lo que en realidad no sirve como indicador definitivo de un agua inapropiada para consumo humano ni de patógenos. Así mismo, los coliformes totales sirven para establecer si un agua ha sido adecuadamente potabilizada si arrojan resultados negativos a la salida de una planta, de la misma forma que los coliformes fecales lo pueden hacer.

Los coliformes totales son eliminados del agua mediante procesos de desinfección como la cloración, radiación UV y ozonización.

3.2. Características Físicas.

Color. El color es importante, ya que da una indicación rápida de la calidad del agua. Además, junto con el olor y el sabor determina la aceptación por parte del consumidor. Hay dos tipos de color: el verdadero, producidos por sustancias disueltas y que es el parámetro considerado en la norma INEN 1108; y el

aparente, provocado por el color verdadero más el efecto de los sólidos en suspensión.

El color en el agua de abastecimiento puede ser originado por la presencia de iones metálicos como el hierro y el manganeso, las sustancias húmicas (materia orgánica proveniente de suelos turbosos).

3.3. Características Químicas.

Dureza. La dureza es causada principalmente por las sales de Ca y Mg (en ese orden) y en menor grado por Al, Fe, Mn, Sr y Zn.

La dureza se clasifica en carbonatada (temporal) y no carbonatada (permanente). La primera es sensible al calor, precipita a altas temperaturas y equivale a la calidad. Cuando el agua es “dura” significa que contiene sales incrustadas, dificulta la cocción de legumbres e impide la formación de espuma con el jabón.

El proceso de eliminar la dureza se le denomina “ablandamiento” y se realiza por diferentes métodos. El más usado es la precipitación del Mg y del Ca con cal y carbonato de sodio para producir hidróxidos y carbonatos. Por medio del intercambio iónico se logra un ablandamiento total y con el calentamiento se elimina la dureza temporal, pero estos dos métodos se realizan casi sólo a nivel doméstico.

Sólidos en suspensión. Se separan por filtración y decantación. Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1ppm, las superficiales pueden tener mucho más dependiendo del origen y forma de captación.

Bicarbonatos y carbonatos. Las aguas dulces suelen contener entre 50y350 ppm de ión bicarbonato, y si el pH es inferior a 8.3, no habrá ión bicarbonato. El agua de mar contiene alrededor de 100 ppm de ión bicarbonato.

Manganeso. Es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre, que por lo general se encuentra junto con el hierro. El manganeso se asocia con cloruros,

nitratos y sulfatos. Las concentraciones de manganeso disuelto en las aguas subterráneas y superficiales pobres en oxígeno pueden alcanzar varios miligramos por litro. En aguas oxigenadas, el manganeso forma sólidos insolubles que precipitan fácilmente, acelera el crecimiento biológico en los sistemas de distribución, tapa tuberías, mancha la ropa, contribuye con los problemas de olor, color y sabor del agua potable.

Para remover el manganeso se emplea precipitación a pH alto >9.5 . El sistema de remoción típico es oxidación seguida de coagulación, sedimentación y filtración. Los agentes oxidantes más comunes son cloruro, oxígeno y permanganato de potasio.

Sólidos disueltos totales. Se entiende por sólidos disueltos todo residuo que queda después de filtrar en membranas de $1.2 \mu\text{m}$ de poro y evaporar el agua a 103°C . Contiene compuestos muy variados por lo que se dice que es una prueba global. Los sólidos incluyen tanto las sales inorgánicas (carbonatadas, bicarbonatadas, cloruros, sulfatos y nitratos de sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro) como materia orgánica.

El intervalo usual de sólidos disueltos totales en agua de abastecimiento varía de 25 a 5000 mg/l , en función de la geología local. La concentración normalmente deseable es de 200 mg/l .

Los sólidos disueltos pueden tener importantes efectos en el sabor. Se considera que menos de 600 mg/l no se perciben aunque contenidos muy bajos producen un agua insípida. Así mismo, los sólidos disueltos promueven la corrosión.

Cuando el agua tiene iones (sodio, magnesio o sulfato, por ejemplo) la reducción de los sólidos disueltos totales se logra mediante la ósmosis inversa, la electrodiálisis, la destilación y el intercambio iónico; de acuerdo a la NOM-127 también se puede utilizar la coagulación-floculación-sedimentación-filtración seguido de alguno de los anteriores métodos. Tanto el intercambio iónico y la electrodiálisis son aplicables para concentraciones por arriba de 5000 mg/l de SDT, mientras que la destilación y la ósmosis para valores inferiores.

3.4. Resultados

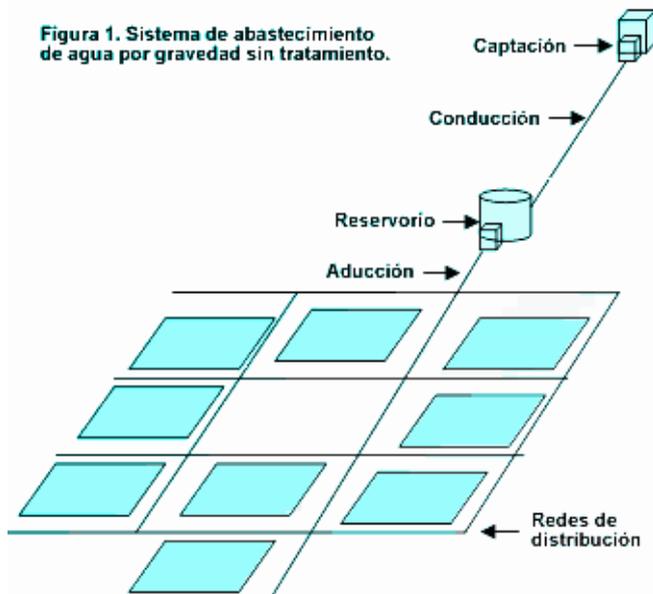
De acuerdo a la norma NTE INEN 1108 e Inspección Higiénico-sanitaria del tanque de captación, sistema de almacenamiento y distribución de agua entubada del sistema Salache Angamarca CEYPSA, de 4 sitios que se obtuvo las muestras, los parámetros evaluados y resultados obtenidos son: deficiencias en la construcción y/o mantenimiento fueron: Agua con un pH (7.49), Aerobios Mesófilos (ufc/ml, 77), Colibacilos totales (ufc/ml, 20), alcalinidad (400), dureza total (326), Magnesio (54.1), (TABLA1).

De los 2 tanques evaluados y de los 2 grifos principales del CEYPSA como son la casa hacienda y en los bloques las deficiencias encontradas en la construcción y/o mantenimiento fueron: Agua dura y con falta de cloración.

El agua proveniente de la red del sistema de agua de Salache Angamarca el CEYPSA, no presentó contaminación microbiológica (FIGURA1), pero según los resultados del laboratorio el agua es dura no apta para el consumo humano por lo que es necesario el tratamiento de cloración, filtración y ablandamiento.

3.5. Sistema de Abastecimiento de agua Salache Angamarca CEYPSA sin Tratamiento

Es un sistema donde la fuente de abastecimiento de agua no es de buena calidad y no tiene el tratamiento adecuado para que el agua cumpla con los parámetros de la NORMA INEN 1108 en este sistema el agua es captada, conducida al tanque de almacenamiento y distribuida sin ningún tratamiento, poniendo en peligro la salud de los usuarios del sistema de agua.



Este sistema por gravedad sin tratamiento tiene una operación bastante simple, sin embargo, requieren un mantenimiento mínimo para garantizar el buen funcionamiento.

Las ventajas de los sistemas de gravedad sin tratamiento son:

- Bajo costo de inversión, operación y mantenimiento.
- Requerimientos de operación y mantenimiento reducidos.
- No requiere operador especializado.
- Baja o nula contaminación.

Pero en el caso del agua del sistema Salache Angamarca CEYPSA, si requiere del tratamiento de cloración, y ablandamiento por encontrar parámetros que pasan los rangos permisibles según la NORMA INEN 1108, que más adelante lo afirmaremos con los resultados del laboratorio.

3.6. Agua del Sistema Salache Angamarca

3.6.1. Fuentes superficiales

Las aguas superficiales están constituidas por los ríos, lagos, embalses, arroyos, etc.

La calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones

provenientes de la descarga de desagües domésticos, residuos de actividades mineras o industriales, uso de defensivos agrícolas, presencia de animales, residuos sólidos y otros. Asimismo es importante conocer las particularidades de la cuenca, y determinar la existencia probable de fuentes de contaminación, sea urbana, industrial o agrícola.

3.7. Calidad del agua en la fuente

3.7.1. Calidad requerida para que sea potable

La calidad del agua debe ser evaluada antes de la construcción del sistema de abastecimiento. El agua en la naturaleza contiene impurezas, que pueden ser de naturaleza físico-química o bacteriológica y varían de acuerdo al tipo de fuente. Cuando las impurezas presentes sobrepasan los límites recomendados, el agua deberá ser tratada antes de su consumo. A demás de no contener elementos nocivos a la salud, el agua no debe presentar características que puedan rechazar el consumo.

3.7.2. Límites de tolerancia

El agua para consumo humano debe cumplir los estándares de calidad establecidos por las normas vigentes de cada país en este caso del Ecuador NTE INEN 1108. Estos estándares son valores establecidos legalmente que definen la cantidad máxima esperada de dichos elementos en el agua.

Valores guía para verificación de la calidad microbiana

Tabla N°2	Organismos	Valor guía
Toda agua destinada a consumo humano (b,c)	E. Coli o coliformes termo tolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml.
Agua tratada ingresando al sistema de distribución (b)	E. Coli o coliformes Termo tolerantes	No detectable en ninguna Muestra de 100 ml.

Agua tratada en el sistema de distribución(b)	E. Coli o coliformes termo tolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml.
---	---------------------------------------	---

Fuente: WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006).

(a) En caso de detección de E. Coli, deben ser previstas acciones inmediatas de investigación.

(b) A pesar de E. Coli ser un indicador más preciso de la contaminación fecal, el conteo de coliformes termo tolerantes es una alternativa aceptable. Si es necesario, deben ser realizadas pruebas confirmatorias. Los coliformes totales no son un indicador aceptable de la calidad sanitaria de sistemas de abastecimiento, particularmente en áreas tropicales, donde varias bacterias sin significado sanitario existen en la mayoría de las fuentes sin tratamiento.

(c) Se reconoce que en la gran mayoría de sistemas rurales de agua, especialmente en países en desarrollo, la contaminación es diseminada. Especialmente en estas circunstancias, deben ser establecidas metas de mediano plazo para el mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua.

Valores guía para elementos químicos de importancia a la salud presentes naturalmente en el agua potable.

Tabla N^o3

Químico	Valor guía (1) (mg/litro)	Observaciones
Arsénico	0.01(P)	
Bario	0.7	
Boro	0.5(T)	
Cromo	0.05(P)	Para cromo total

Químico	Valor guía (1) (mg/litro)	Observaciones
Fluoruro	1.5	Volumen de agua consumida e ingesta por otras fuentes deben ser considerados para el establecimiento de estándares nacionales.
Manganeso	0.4(C)	
Molibdeno	0.07	
Selenio	0.01	
Uranio	0.015(P,T)	Apenas dirigido a aspectos químicos de uranio.

Fuente: WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006)

P= valor guía provisional, ya que existe evidencia del riesgo, pero la información disponible sobre los efectos a la salud son limitados

T= valor guía tentativo; el valor guía calculado es inferior al nivel que es posible obtener a través de métodos prácticos de tratamiento, protección de fuentes, etc.

C= concentración del elemento menor o igual al valor guía basado en salud puede afectar la apariencia, gusto u olor del agua, resultando en reclamos del consumidor.

Valores guía para elementos químicos provenientes de fuentes industriales o residenciales de importancia a la salud en el agua potable.

Tabla N^a4

Químico	Valor guía (1) (mg/litro)	Observaciones
Cadmio	0.003	-
Cianuro	0.07	-
Mercurio	0.006	Para mercurio inorgánico

Valores guía para elementos químicos provenientes de actividades agrícolas

de importancia a la salud en el agua potable.

Tabla N°5

Químico	Valor guía (1) (mg/litro)	Observaciones
Nitrato(como	50	Exposición de corto plazo
Nitrito(como	3	Exposición de corto plazo
	0.2(P)	Exposición de largo plazo

FUENTE: World Health Organization (2006)

P= valor guía provisional, ya que existe evidencia del riesgo, pero la información disponible sobre los efectos a la salud son limitados.

Valores guía para elementos químicos utilizados en el tratamiento del agua potable.

Tabla N°6

Químico	Valor guía (1)	Observaciones
Cloro	5(C)	Para desinfección efectiva, es necesario un residual de Cloro libre ≥ 0.5 mg/ litro después de un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos, a un pH < 8.0
Monocloramina	3	

FUENTE: World Health Organization (2006)

C= concentración de la sustancia menor o igual al valor guía puede afectar la apariencia, gusto u olor del agua, generando reclamos del consumidor.

3.8. RESULTADOS

Tanque de Captación del Sistema de agua Salache Angamarca UTC (CEYPSA)

ANÁLISIS FÍSICO

Tabla N^o 7. TANQUE DE CAPTACIÓN

Parámetros	Unidad	Limites deseables	Lim. Máximos admisibles	resultados
PH	P1-Co	7,0– 8,5	6,5– 9,5	7.49
Color aparente		5	30	2.5
Olor	oC	Ausencia	Ausencia	Sin olor
Temperatura	Mg/l			14
Cloro libre residual		0,5	0,3-1,5	0
Aspecto	NTU			transparente
Turbiedad		5	20	0.17

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones microbiológicas se puede observar que los parámetros no pasan los límites permisibles por rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para pH, color aparente, olor, Temperatura, Cloro libre residual, Aspecto y Turbiedad. Establecidos en la Norma Oficial INEN para agua de consumo humano.

ANALISIS BACTERIOLOGICO

Tabla N^o 8. TANQUE DE CAPTACIÓN

Parámetro	Unidad	Limites Permisible	Lim. Máximos Tolerable	Resultados
Aerobios Mesófilos	ufc/100 ml.	10	30	77
Colibacilos Totales	ufc/100 ml.	2	10	20
Colibacilos Fecales	ufc/100 ml.			0

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones microbiológicas se puede observar que los parámetros pasan los límites permisibles por rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005.

En este cuadro se puede observar los límites deseables y permisibles que la norma INEN 1108, para Aerobios Mesófilos es (10-30), Colibacilos Totales es (2-10), con relación a los resultados obtenidos en el laboratorio podemos observar en el cuadro del análisis bacteriológico, para Aerobios Mesófilos es (77), Colibacilos Totales es (20), teniendo como resultado que estos parámetro sobrepasan los límites permisibles de la norma INEN. Esto nos indica que el agua debe ser potabilizada para que el liquido este apto para el consumo humano y su uso.

3.8.1. Metodología para Análisis de Agua

En el proceso de muestreo y análisis del agua se utilizo una metodología de filtración en membranas millipore, con medios de cultivo selectivos:

Preparación de muestra. La homogenización de las muestras se realizó por agitación en forma de arco durante 25 veces, y se procedió a la realización de las diluciones decimales en el caso de la determinación de mesófilicos aerobios. En el caso las determinaciones de colibacilos totales, colibacilos fecales. No se realizo diluciones.

Mesófilos Aerobios. Se utilizó la técnica por vaciado en placa, el método consiste en contar las colonias que se desarrollan en el agar estándar métodos después de 48 horas de incubación a 35 ± 2 °C, suponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio. Se homogenizó la muestra por agitación, se realizó la siembra directa y diluciones seriadas hasta 10^{-5} , los resultados se reportaron como ufc/ml de muestra.

Colibacilos Totales y Fecales. Se utilizó la técnica de tubos de fermentación múltiple (dilución en tubo) del número más probable (NMP), el cual proporciona una estimación estadística de la densidad microbiana presente con base a que la probabilidad de obtener tubos con crecimiento positivo disminuye conforme es menor el volumen de muestrainoculado. El método se basa en que las bacterias colibacilos, fermentan la lactosa incubada a 35 ± 1 °C (colibacilos totales) ó 44.5 °C (colibacilos fecales) durante 24 a 48 h, resultando en la producción de ácidos y gas, el cual se manifiesta en las campanas de fermentación. Se inocularon 10 ml

de muestra de agua de pozo en 5 tubos con 10 ml de caldo lactosado doble concentración y dos tubos con 10 ml de caldo lactosado simple concentración y se adicionó 1.0 y 0.1 ml de muestra, respectivamente.

ANALISIS FISICO- QUIMICO DE AGUA

Tabla N° 9. TANQUE DE CAPTACIÓN

PARAMETROS	UNIDAD	LMI. DESIABLES	LMI. PERMISIBLES	RESULTADOS
PH		7-8.5	5.5-9.5	7.49
Color aparente	Pt-Go	5	30	2.5
Turbiedad	NTU	5		0.17
Indicé de Langeller	I.L.	+/-0,5		-0.02
Indicé de agresividad	I.A.	>12		11.82
Indicé de Ryznar	I.R.	7-8.5		7.53
Conductividad eléctrica	uS/cm			1009
Sólidos Totales	Mg/L			505
Sólidos Disueltos	“	< 500	< 1000	495
Sólidos en Suspensión	“			10
Alcalinidad Total	“	<250		400
Hidróxidos	“			0
Carbonatos	“			0
Bicarbonatos	“			488
Anhídrido carbónico	“			26.2
Dureza Total	“	120	300	328
Dureza Carbonatada	“			328
Calcio	“	30	70	54.4
Magnesio	“	12	30	54.1
Hierro Total	“	0.2	0.8	0
Sodio	“			88.1
Potasio	“			59.9
Cloruros	“	50	250	74
Sulfatos	“	50	200	117
Nitritos	“	0	0	0
Nitratos	“	10	40	0.7
Cloro libre residual	“	0.5	0.3-1	0
RAS				2.03
Riverside		C1S1	C2S2	C3S1

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones Físico Químicos se puede observar que los parámetros pasan los límites permisibles en los rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005: Sólidos en Suspensión (10), Alcalinidad Total (400), Bicarbonatos (488), Dureza Total (328), Dureza Carbonatada (328), Magnesio (54.1). Establecidos en la Norma Oficial INEN, teniendo como resultado que el agua es dura y no apta para el consumo humano.

ANÁLISIS FÍSICO- DE AGUA

Tabla N° 10. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Parámetros	Unidad	Limites deseables	Lim. Máximos admisibles	Resultados
PH	P1-Co	7,0– 8,5	6,5– 9,5	7.36
Color aparente		5	30	2.5
Olor	oC	Ausencia	Ausencia	Sin olor
Temperatura	Mg/l			14
Cloro libre residual		0,5	0,3-1,5	0
Aspecto	NTU			transparente
Turbiedad		5	20	0.15

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones microbiológicas se puede observar que los parámetros no pasan los límites permisibles por rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para pH, color aparente, olor, Temperatura, Cloro libre residual, Aspecto y Turbiedad. Establecidos en la Norma Oficial INEN para agua de consumo humano.

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA

Tabla N° 11. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Parámetro	Unidad	Limites Permisible	Lim. Máximos Tolerable	Resultados
Aerobios Mesófilos	ufc/100 ml.	10	30	81
Colibacilos Totales	ufc/100 ml.	2	10	21
Colibacilos Fecales	ufc/100 ml.			0

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones microbiológicas se puede observar que los parámetros pasan los límites permisibles por rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para Aerobios Mesófilos (81), Colibacilos Totales (21). Establecidos en la Norma Oficial INEN, con este resultado el agua debe ser clorada para que el líquido sea apta para su uso y consumo humano.

ANALISIS FISICO- QUIMICO DE AGUA

Tabla N° 12. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

PARAMETROS	UNIDAD	LMI. DESIABLES	LMI. PERMISIBLES	RESULTADOS
PH		7-8.5	5.5-9.5	7.36
Color aparente	Pt-Go	5	30	2.5
Turbiedad	NTU	5		0.15
Indicé de Langeller	I.L.	+/-0,5		-0.1
Indicé de agresividad	I.A.	>12		11.69
Indicé de Ryznar	I.R.	7-8.5		7.56
Conductividad eléctrica	uS/cm			1006
Sólidos Totales	Mg/L			500
Sólidos Disueltos	“	< 500	< 1000	490
Sólidos en Suspensión	“			10
Alcalinidad Total	“	<250		404

Hidróxidos	“			0
Carbonatos	“			0
Bicarbonatos	“			492
Anhídrido carbónico	“			35.7
Dureza Total	“	120	300	324
Dureza Carbonatada	“			324
Calcio	“	30	70	53.6
Magnesio	“	12	30	46.3
Hierro Total	“	0.2	0.8	0
Sodio	“			1009
Potasio	“			66.7
Cloruros	“	50	250	74.5
Sulfatos	“	50	200	116
Nitritos	“	0	0	0
Nitratos	“	10	40	0.7
Cloro libre residual	“	0.5	0.3-1	0
RAS				2.44
Riverside		C1S1	C2S2	C3S1

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral.

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones Físico-Químicos se puede observar que los parámetros pasan los límites permisibles en los rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para pH (7.36), Sólidos en Suspensión (10), Alcalinidad Total (404), Bicarbonatos (492), Dureza Total (324), Dureza Carbonatada (324), Magnesio (46.3). Establecidos en la Norma Oficial INEN, teniendo como resultado que el agua es dura no apta para el consumo humano.

ANALISIS FISICO- DE AGUA

Tabla N°13. CASA HACIENDA GRIFO N°.1

Parámetros	Unidad	Limites deseables	Lim. Máximos admisibles	resultados
PH	P1-Co	7,0– 8,5	6,5– 9,5	7.5
Color aparente		5	30	2.5
Olor	oC	Ausencia	Ausencia	Sin olor
Temperatura	Mg/l			14
Cloro libre residual	libre	0,5	0,3-1,5	0
Aspecto	NTU			transparente
Turbiedad		5	20	0.19

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones microbiológicas se puede observar que los parámetros no pasan los límites permisibles por rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para pH, color aparente, olor, Temperatura, Cloro libre residual, Aspecto y Turbiedad. Establecidos en la Norma Oficial INEN para agua de consumo humano.

ANALISIS BACTERIOLOGICO

Tabla N°14. GRIFO N°.1

Parámetro	Unidad	Limites Permisible	Lim. Máximos Tolerable	Resultados
Aerobios	ufc/100 ml.	10	30	65
Mesófilos				
Colibacilos Totales	ufc/100 ml.	2	10	20
Colibacilos Fecales	ufc/100 ml.			0

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones microbiológicas se puede observar que los parámetros pasan los límites permisibles por rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para Aerobios Mesófilos (65), Colibacilos Totales (20). Establecidos en la Norma Oficial INEN, con este resultado el agua debe ser clorada para que el líquido sea apta para su uso y consumo humano.

ANALISIS FISICO- QUIMICO DE AGUA

Tabla N° 15. GRIFO N°1

PARAMETROS	UNIDAD	LMI. DESIABLES	LMI. PERMISIBLES	RESULTADOS
PH		7-8.5	5.5-9.5	7.36
Color aparente	Pt-Go	5	30	2.5
Turbiedad	NTU	5		0.15
Indicé de Langeller	I.L.	+/-0,5		-0.1
Indicé de agresividad	I.A.	>12		11.69
Indicé de Ryznar	I.R.	7-8.5		7.56
Conductividad eléctrica	uS/cm			1006
Sólidos Totales	Mg/L			500
Sólidos Disueltos	“	< 500	< 1000	490
Sólidos en Suspensión	“			11
Alcalinidad Total	“	<250		406
Hidróxidos	“			0
Carbonatos	“			0
Bicarbonatos	“			495
Anhídrido carbónico	“			35.7
Dureza Total	“	120	300	324
Dureza Carbonatada	“			324
Calcio	“	30	70	53.6
Magnesio	“	12	30	46.3
Hierro Total	“	0.2	0.8	0
Sodio	“			1009
Potasio	“			66.7
Cloruros	“	50	250	74.5
Sulfatos	“	50	200	116

Nitritos	“	0	0	0
Nitratos	“	10	40	0.7
Cloro libre residual	“	0.5	0.3-1	0
RAS				2.44
Riverside		C1S1	C2S2	C3S1

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones Físico-Químicos se puede observar que los parámetros pasan los límites permisibles en los rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para pH (7.5), Sólidos en Suspensión (11), Alcalinidad Total (406), Bicarbonatos (495), Dureza Total (324), Dureza Carbonatada (324), Magnesio (46.3). Establecidos en la Norma Oficial INEN, teniendo como resultado que el agua es dura no apta para el consumo humano.

ANALISIS FISICO- DE AGUA

Tabla N^o16. DISTRIBUCIÓN EN LOS BLOQUES GRIFO N^o. 2

Parámetros	Unidad	Límites deseables	Lim. Máximos admisibles	resultados
PH	P1-Co	7,0– 8,5	6,5– 9,5	7.6
Color aparente		5	30	2.5
Olor	oC	Ausencia	Ausencia	Sin olor
Temperatura	Mg/l			14
Cloro libre residual		0,5	0,3-1,5	0
Aspecto	NTU			transparente
Turbiedad		5	20	0.11

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones microbiológicas se puede observar que los parámetros no pasan los límites permisibles por rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para pH, color aparente, olor, Temperatura, Cloro libre residual, Aspecto y Turbiedad. Establecidos en la Norma Oficial INEN para agua de consumo humano.

ANALISIS BACTERIOLOGICO

Tabla N^a17. GRIFO N^o.2

Parámetro	Unidad	Limites Permisible	Lim. Máximos Tolerable	Resultados
Aerobios Mesófilos	ufc/100 ml.	10	30	66
Colibacilos Totales	ufc/100 ml.	2	10	19
Colibacilos Fecales	ufc/100 ml.			0

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones microbiológicas se puede observar que los parámetros pasan los límites permisibles por rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para Aerobios Mesófilos (66), Colibacilos Totales (19). Establecidos en la Norma Oficial INEN, con este resultado el agua debe ser clorada para que el líquido sea apta para su uso y consumo humano.

ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUA

Tabla N^a 18. GRIFON^o.2

PARAMETROS	UNIDAD	LMI. DESIABLES	LMI. PERMISIBLES	RESULTADOS
PH		7-8.5	5.5-9.5	7.36
Color aparente	Pt-Go	5	30	2.5
Turbiedad	NTU	5		0.15
Indicé de Langeller	I.L.	+/-0,5		-0.1
Indicé de agresividad	I.A.	>12		11.69
Indicé de Ryznar	I.R.	7-8.5		7.56
Conductividad eléctrica	uS/cm			1006
Sólidos Totales	Mg/L			500
Sólidos Disueltos	“	< 500	< 1000	490

Sólidos en Suspensión	“			10
Alcalinidad Total	“	<250		402
Hidróxidos	“			0
Carbonatos	“			0
Bicarbonatos	“			490
Anhídrido carbónico	“			35.7
Dureza Total	“	120	300	350
Dureza Carbonatada	“			350
Calcio	“	30	70	53.6
Magnesio	“	12	30	51.2
Hierro Total	“	0.2	0.8	0
Sodio	“			1009
Potasio	“			66.7
Cloruros	“	50	250	74.5
Sulfatos	“	50	200	116
Nitritos	“	0	0	0
Nitratos	“	10	40	0.7
Cloro libre residual	“	0.5	0.3-1	0
RAS				2.44
Riverside		C1S1	C2S2	C3S1

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos de las determinaciones Físico Químicos se puede observar que los parámetros pasan los límites permisibles en los rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para pH (7.6), Sólidos en Suspensión (10), Alcalinidad Total (402), Bicarbonatos (490), Dureza Total (350), Dureza Carbonatada (350), Magnesio (51.2). Establecidos en la Norma Oficial INEN, teniendo como resultado que el agua es dura no apta para el consumo humano.

3.8.2. Tabla N^a 19 Análisis comparativos de los resultados

Análisis Bacteriológico	Unidades	Tanque de Captación	Tanque Almacenamiento	de Grifo N°1	Grifo N°2
Parámetros					
Aerobios mesófilos	ufc/100 ml.	77	81	65	66
Colibacilos Totales	ufc/100 ml.	20	21	20	19
Análisis Físico Químico					
Sólidos en Suspensión	Mg/L	10	10	11	10
Alcalinidad Total	Mg/L	400	404	406	402
Bicarbonatos	Mg/L	488	492	495	490
Dureza Total	Mg/L	328	324	324	350
Dureza Carbonatada	Mg/L	328	324	324	350
Magnesio	Mg/L	54,1	46,3	46,3	51,2

Fuente: LAQUIFARVA. Laboratorio Químico- Integral

Análisis de datos: A los resultados obtenidos del tanque de captación, tanque de almacenamiento, grifo N°1 y grifo N°2. Las determinaciones microbiológicas y físico-químico se puede observar que los parámetros pasan los límites permisibles por rangos de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para Aerobios Mesófilos, Colibacilos Totales, Sólidos en Suspensión, Alcalinidad Total, Bicarbonatos, Dureza Total, Dureza Carbonada y Magnesio. Establecidos en la Norma Oficial INEN, con este resultado el agua debe ser ablanda y clorada para que el liquido sea apta para el consumo humano.

En este cuadro se puede observar que los resultados obtenidos en el tanque de captación casi se mantienen su grado de contaminación hasta el grifo N°2 que fue el último punto del muestreo hemos obtenido límites deseables y permisibles que la norma INEN 1108, para Aerobios Mesófilos es (10-30), Colibacilos Totales es (2-10), con relación a los resultados obtenidos en el laboratorio podemos observar en el cuadro del análisis bacteriológico, para Aerobios Mesófilos es (77), Colibacilos Totales es (20), teniendo como resultado que estos parámetro sobrepasan los límites permisibles de la norma INEN. Esto nos indica que el agua debe ser potabilizada para que el liquido este apto para el consumo humano y su uso.

CAPITULO IV

4. Propuesta de Tratamiento del Agua de Consumo Humano en el Ceypsa.

La mayor parte del agua subterránea se origina del agua de lluvia filtrada hasta los acuíferos después de fluir a través del subsuelo. Durante la infiltración, el agua puede cargar muchas impurezas tales como partículas orgánicas e inorgánicas, detritus de plantas y animales, microorganismos, pesticidas, fertilizantes, etc. Sin embargo, durante su recorrido por el subsuelo mejora significativamente de salida: las partículas suspendidas y microorganismos se retienen por filtración natural y las sustancias orgánicas se degradan por oxidación.

En este documento se presentan algunas opciones tecnológicas para el tratamiento del agua del sistema Salache - Angamarca - CEYPSA de consumo humano así como la desinfección en función de la calidad del agua; especial atención se da a la desinfección porque en zonas rurales es, en muchos casos, el único tratamiento que recibe el agua de consumo y puede evitar muchas enfermedades infecciosas de carácter agudo que afectan a la población.

4.1. Objetivo de la Propuesta

Mejorar la calidad de agua de consumo humano del sistema Salache – Angamarca– CEYPSA para obtener agua de calidad y garantizar la salud de los usuarios de la misma.

4.2. Protección del Tanque de Captación

La protección de fuentes de agua o nacimientos es un conjunto de prácticas que se aplican para mejorar las condiciones de producción de agua, en calidad y cantidad, reducir o eliminar las posibilidades de contaminación y optimizarlas

condiciones de uso y manejo, en el caso del tanque de captación del sistema de agua en estudio se tiene que construir una barrera o un muro de hormigón de unos tres metros de altura en todo su contorno para proteger de la contaminación, de invasión de animales de personas no autorizadas y el crecimiento fluvial de río Salache ya que sube su caudal en tiempos de invierno, también la forestación con especies nativas en el contorno de la captación para mejorar el volumen del agua captada.

La tubería debe tener el mantenimiento y la protección adecuado ya que en algunos tramos la tubería esta desprotegida, del contacto con los animales, de personas y de la naturaleza etc.

4.3.Tipo y causas de dureza del agua del sistema Salache Angamarca CEYPSA.

Dureza de carbonatos. Es causada por la combinación de carbonatos de calcio y magnesio con el dióxido de carbono para formar bicarbonatos de calcio y de magnesio. Se llama así porque la mayoría de los carbonatos se precipitan cuando el agua es hervida, sacando el dióxido de carbono, dejando los carbonatos que son insolubles. El dióxido de calcio es usado para ablandar, suavizar, acondicionar el agua cuando hay alto contenido de dureza de carbonatos.

El exceso de calcio en el cuerpo humano puede traer consecuencias a la salud, como el desarrollo de cálculos en los riñones, esclerosis y problemas en los vasos sanguíneos. Este problema se encuentra de forma común en el agua con que riegan las zonas o parcelas agrícolas.

El agua dura se encuentra prácticamente en todos los sitios y es la causante de los depósitos blancos y grisáceos que tapan las tuberías, en especial las de agua caliente. Por la dureza del agua aparecen manchas en la cristalería, loza, baños y en la pintura de los automóviles.

La solución al problema es atacar al calcio y al magnesio. La respuesta más popular es un ablandador de agua. Los suavizadores se encargan de eliminar la dureza en el agua (sarro). Estos equipos intercambian iones de calcio y magnesio por iones de sodio con la ayuda de una resina catiónica.

4.4. Intercambio Catiónico

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

El intercambio catiónico es un método de ablandamiento total porque remueve toda la dureza del agua. Al pasar el agua que contiene cationes, calcio y magnesio, por la columna de resina y son remplazados por cationes de sodio que tenía la resina. Los cationes de sodio no producen problemas de dureza, así el agua suave es descargada hacia el servicio. (Ver fig. 4.3).

El proceso de intercambio se ilustra en la siguiente figura:

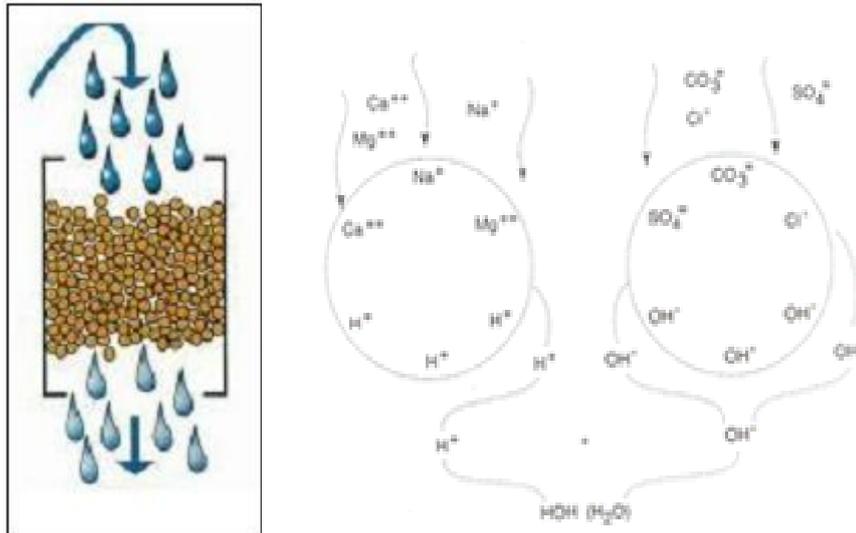
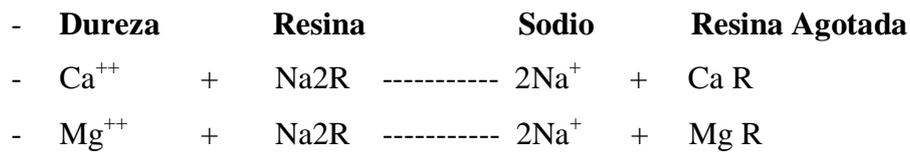


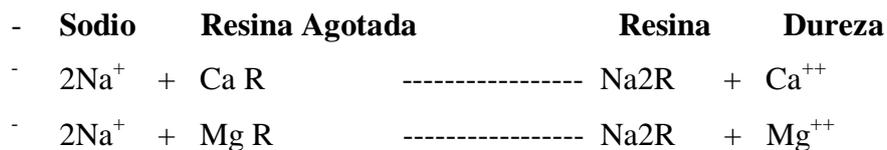
FIGURA 4.3. Principio de funcionamiento de un suavizador de agua dura.

La columna de resina puede suavizar el agua mientras contenga cationes de sodio, al alcanzar el contenido de sodio, la resina debe ser regenerada con sal (NaCl).

El proceso de intercambio es como sigue:



Para regenerar el suavizador, una solución fuerte de salmuera es usada. La solución fuerte de salmuera forzará al calcio y al magnesio de regreso a la solución. Los cationes de sodio se adhieren a la resina para mantenerla eléctricamente neutra.



4.5. Filtro Grueso

Cuando el agua presenta impurezas que impiden su consumo directo deber ser previamente

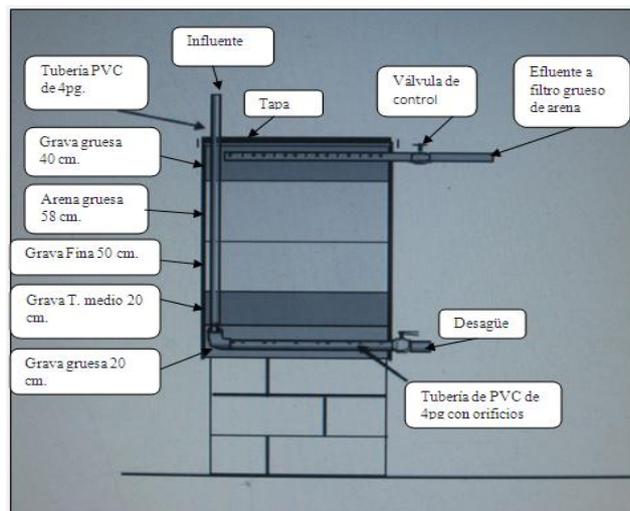
nte tratada. Los procesos de tratamiento deben ser definidos de acuerdo a la calidad del agua cruda y al tipo de impureza que se quiere remover. En el caso del agua del sistema Salache Angamarca CEYPSA es necesario un proceso de tratamiento como es el de filtración para poder eliminar las impurezas que el agua posee y mejorar la calidad del agua.

La filtración es el proceso físico mediante el cual se hace pasar el agua por lechos filtrantes, compuestos de diferentes materiales, los cuales retienen las partículas sólidas en suspensión, y los microorganismos, y remuevan color y turbidez del agua.

La filtración gruesa contribuye principalmente a la separación de sólidos finos no retenidos en la sedimentación, pero también pueden mejorar la calidad microbiológica del agua, ya que las bacterias y virus se pueden comportar como sólidos o se adhieren a la superficie de otros sólidos suspendidos en el agua (Van Loodsrecht et al, 1990, citado por Wegelin et al, 1998). La concentración de entrada de 10 a 100 mg/l de sólidos suspendidos se puede reducir por un filtro grueso hasta 1 a 3 mg/l; el color se remueve con una eficiencia máxima cercana al 50%, lo mismo el hierro y el manganeso (Visscher et al, 1998).

Si el agua tiene una turbiedad promedio entre 30 a 70 UTN, se necesitará incorporar, antes del filtro lento, un filtro grueso de grava de flujo ascendente con tres capas de grava de diferente tamaño y una de arena. La tasa de filtración debe ser menor a 0.3 m/h (70 litros/hora). Como se aprecia en la Figura 4, el filtro tiene una llave inferior para limpieza hidráulica del lecho y desagüe.

Figura N^a4



4.6. Cloración

La cloración se suele llevar a cabo mediante cloro puro licuado (ya que en condiciones normales se encuentra en fase gaseosa), solución de hipoclorito de sodio (lejía) o mediante gránulos de hipoclorito de calcio. El cloro, en cualquiera de estos tres estados se disuelve en el agua para formar ácido hipocloroso (HOCl) e ión hipoclorito (OCl⁻).

Se pueden utilizar diferentes técnicas de cloración: El procedimiento habitual consiste en aportar una dosis de cloro suficiente para poder oxidar todo el amoníaco y dejar todavía un aparte de cloro en forma residual para evitar reinfecciones en el punto de distribución.

En el caso de que el aporte de bacterias sea muy variable o no haya un tiempo de detención suficiente en el tanque de desinfección para asegurar una buena desinfección, se puede aportar una dosis muy elevada de cloro que actúe rápidamente y luego eliminar el cloro residual (New South Wales 2006).

En aguas de una calidad superior se puede aportar una dosis de cloro marginal, lo justo para evitarle reinfección en el sistema de distribución.

La cloración se utiliza sobre todo para desinfección a nivel microbiológico, pero también actúa como oxidante y puede colaborar en la eliminación de ciertos elementos químicos como pesticidas y elementos disueltos convirtiéndolos en elementos insolubles y, por lo tanto, eliminables por filtración.

El inconveniente de este sistema de desinfección proviene de su tendencia a reaccionar con la materia orgánica que encuentra a su paso, produciendo Trihalometanos y otros productos halogenados derivados de la desinfección (WHO 2006).

4.6.1. Desinfección con Cloro

El método casi universal de desinfección del agua en abastecimientos rurales es la

utilización del cloro, el cual se utiliza en todas formas. En abastecimientos medianos o grandes; se utiliza cloro gaseoso y en los pequeños sistemas de abastecimiento rurales se emplean el cloro compuesto.

4.6.2. Métodos de Aplicación del cloro al sistema de agua cantidad de cloro a que se va dosificar a la red

La cantidad de cloro que va a dosificar equivale a la demanda de cloro **la cual está estrechamente ligada a la calidad química y microbiológica del agua** a la que debe adicionarse la cantidad de cloro residual esperada en al extremo de la red de abastecimiento de agua. Por lo tanto, antes de llevar a cabo el proceso de desinfección es conveniente realizar ensayos de consumo instantáneo de cloro. Este ensayo se denomina “ensayo de demanda de cloro”.

Residuales mínimos de cloro para la destrucción de los diferentes microorganismos

Las dosis seguras de cloro residual oscilan entre 0,20 y 1,0 ppm. El empleo de mayores cantidades no es económico y puede ser perjudicial para la salud.

Principales dosificadores usados en zonas rurales

Los principales dosificadores como sistema dosificador son: por goteo o flujo constante, hipocloroso por difusión y dosificador por erosión de tabletas, que se emplean principalmente en zona rural.

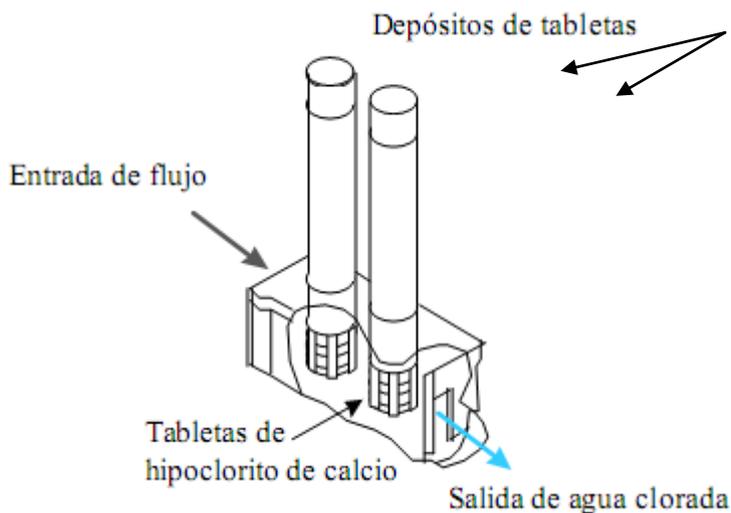
En este caso se recomienda el dosificador por erosión pro ser muy económico, fácil de instalar y su mantenimiento no es costoso en relación a los demás dosificadores, que a continuación lo describimos:

Dosificador Por Erosión de Tabletetas

Descripción.- los dosificadores que trabajan bajo el sistema por erosión utilizan tabletas de hipoclorito de calcio de alta concentración, las que se pueden obtener de distribuidores o se puede prepara localmente comprimiendo mecánicamente polvo de hipoclorito de calcio. Este sistema ha encontrado un lugar importante en la desinfección de abastecimiento de agua para comunidades pequeñas y familiares. Los equipos son muy fáciles de manipular y mantener, además de ser baratos y duraderos.

Los dosificadores de erosión disuelven gradualmente las tabletas de hipoclorito a una tasa predeterminada (solo requiere de energía hidráulica) mientras fluye la corriente de agua alrededor de ellas. A medida que las tabletas se van diluyendo, se reemplazan con otras nuevas que caen por gravedad en la cámara. La solución de cloro concentrado alimenta un tanque, un canal abierto o un reservorio, según sea el caso.

Figura N^a5



Adaptado de OPS/OMS, 1995

Instalación: La instalación de esta clase de dosificadores requiere una capacitación especializada mínima. En la mayoría de los casos se puede capacitar a

un operador y ofrecerle conocimientos básicos de plomería y tuberías. Sin embargo, aunque los dispositivos de dosificación están hechos de materiales no corrosivos y no tienen partes móviles, es preciso prestar atención a las instrucciones del fabricante para asegurar la durabilidad y una operación adecuada de acuerdo con las especificaciones. También se debe prestar atención a la temperatura del agua, ya que de ella depende la solubilidad de las tabletas.

Instalación típica de un clorador por erosión de tabletas de hipoclorito de calcio este tipo de dosificador de cloro ofrece mucha flexibilidad, tanto en la cantidad de cloro como en la ubicación de los puntos de aplicación.

Operación y mantenimiento: los dosificadores por erosión de tabletas son sencillos de operar. El equipo se calibra de manera sencilla pero no muy precisa por medio de un ajuste de la profundidad de inmersión de la columna de tablas o de la velocidad o caudal que se hace pasar por la cámara de disolución. Una vez calibrado el equipo, si no hay grandes variaciones en el flujo, normalmente requieren de poca atención, excepto para cerciorarse de que el depósito este lleno de tabletas para asegurar la dosificación continua. El mecanismo del dosificador de tabletas se debe inspeccionar con regularidad para detectar obstrucciones; se tendrá cuidado de limpiarlo bien, volver a ponerlo en la posición correcta y calibrarlo. La inspección y el rellenado de tabletas dependerán de la instalación específica, de la dosificación de cloro y del volumen de agua tratada.

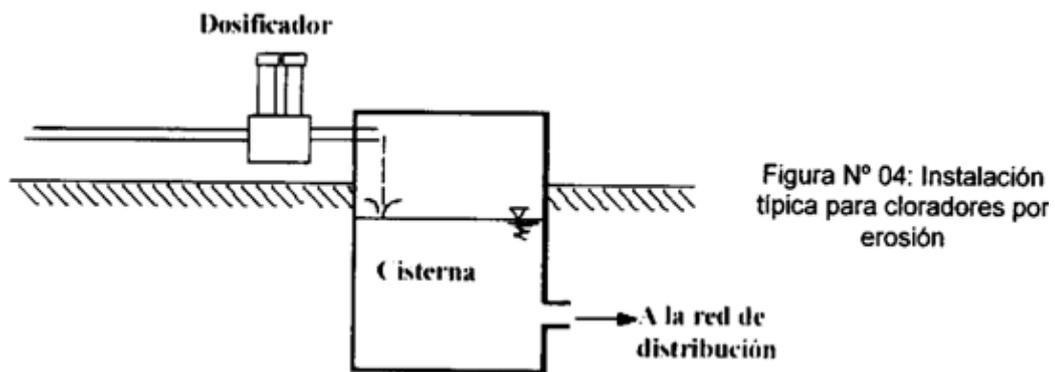
En cuanto a la seguridad, en general, las tabletas de hipoclorito son más fáciles y seguras de manejar y almacenar que otros compuestos de cloro; sin embargo, es necesario observar precauciones de seguridad mínimas.

Dosificadores de hipoclorito por erosión de tabletas

Este dispositivo está compuesto de uno o dos cilindros que en su interior contienen tabletas apiladas de hipoclorito de calcio acomodadas encima de un plato tipo

tamiz (Figura6). El cloro se va solubilizando en el agua a medida que el flujo erosiona las tabletas. La descarga de este dispositivo es una solución de agua clorada concentrada que luego debe pasar a un tanque, a una cámara de contacto o a un canal abierto, según el caso. Estos dispositivos de dosificación son de costo relativamente bajo y duraderos ya que generalmente están hechos de materiales no corrosivos y no tienen partes móviles. La capacidad de algunos dosificadores pequeños va de 0.02 a 0.2 kg de cloro /hora.

Figura. N°6.- clorificador de red



Organización Mundial de la Salud

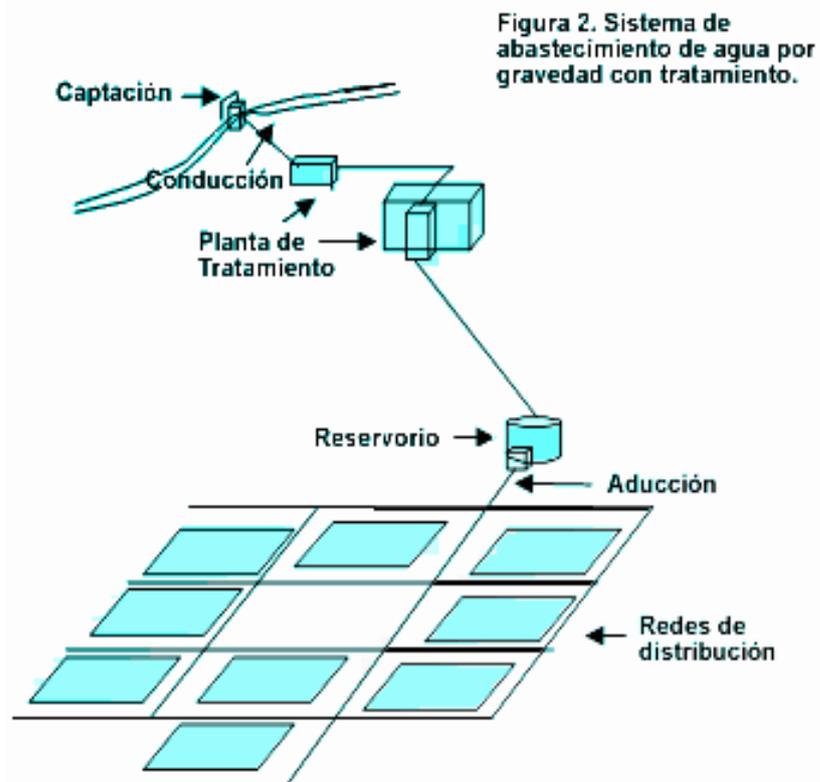
4.7.Sistema de la propuesta al agua Salache Angamarca CEYPSA

La fuente de abastecimiento es un acuífero que requiere de tratamiento por ser una agua cruda. Las determinaciones microbiológicas y físico químico se puede observar en los resultado obtenidos en el laboratorio, pasan los parámetros permisibles en los rangos, de acuerdo a la norma NTE INEN1108 2005, para Aerobios Mesófilos , Colibacilos Totales, Sólidos en Suspensión, Alcalinidad Total, Bicarbonatos, Dureza Total, Dureza Carbonada y Magnesio. Establecidos en la Norma Oficial INEN, con este resultado el agua debe ser ablanda y clorada para que el liquido sea apta para el consumo humano.

La planta está diseñada de acuerdo a la situación geográfica del sitio de almacenamiento del agua y de la calidad, física, química y bacteriológica del agua cruda de sistema de agua Salache Angamarca CEYPSA.

Este sistema es el más recomendable por ser el que se adapta a las condiciones físicas, económicas, y meteorológicas del sitio y de los usuarios de las comunidades de Salache, Angamarca CEYPSA.

Al instalar este sistema contrataniento, es necesario crearlas capacidades locales para operación y mantenimiento, garantizando el resultado esperado.



COSTOS REFERENCIALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y LA PROTECCIÓN DE SU FUENTE				
EQUIPO	MARCA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
MURO DE PROTECCIÓN	DE HORMIGON	3200	1	3200
FITRO GRUESO	SOLUCIONES PARA AGUA	1200	1	1200
ABLANDADOR 1	SOLUCIONES PARA AGUA		1	
ABLANDADOR 2	SOLUCIONES PARA AGUA		1	
REGENERADOR DE ABLANDADOR	SOLUCIONES PARA AGUA		1	
DOSIFICADOR DE CLORO	SOLUCIONES PARA AGUA	120	1	120
CERRAMIENTO DE MALLA PARA LA PLANTA		12000	1	12000
		TOTAL		16520
INSTRUMENTOS	MARCA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
FITROS ABLANDADORES		5000	1	5000
RESINA		25	64	1600
SAL (NaCl).		10	1 qq	10
HIPOCLORITO		1	50	50
GRAVA GRUESA		70	1	70
GRAVA FINA		70	1	70
GRAVA MEDIANA		70	1	70
ARENA GRUESA		60	1	60
MANO DE OBRA				8800
		TOTAL		15730
COSTO DE LA PLANTA DE TRAMIENTO		SUBTOTAL		\$ 32250

4.8. La operación y el mantenimiento del sistema de agua potable salache angamarca CEYPSA

Para que las unidades instaladas trabajen adecuadamente y se asegure el suministro de agua de acuerdo a lo planificado, tanto en calidad como en cantidad, son necesarias acciones rutinarias de operación, además del mantenimiento periódico de las instalaciones.

La operación varía según los componentes instalados en el sistema de abastecimiento de agua. Las acciones generales consisten en la apertura o cerrado

de válvulas según lo definido en el proyecto, cloración del agua, control de cloro residual según el plan de muestreo e laboratorio, y otras que así lo determine el tipo de instalación.

Asimismo es de su responsabilidad, mantener todas las instalaciones limpias y exentas de basuras o malezas. En cada caso, el operador debe ser adecuadamente capacitado para las acciones que va a realizar. Los materiales e insumos requeridos para esas tareas deberán ser adquiridos por los operadores locales, utilizando los fondos recaudados mensualmente a través del pago de las cuotas por los usuarios del sistema. El manual de operación y las herramientas deben ser previstos dentro del proyecto.

El mantenimiento periódico de las instalaciones de agua potable garantiza su funcionamiento adecuado y la vida útil del sistema, además de asegurar el suministro del agua con la calidad requerida.

Las actividades básicas sugeridas para el mantenimiento de instalaciones de agua, la frecuencia mínima sugerida y las herramientas, equipos e insumos básicos necesarios se presentan en los siguientes cuadros.

Frecuencia de mantenimiento de estructuras e instalaciones.

Sistemas de agua potable Salache Angamarca CEYPSA.

INSTALACIÓN/ ACTIVIDAD	FRECUENCIA				
	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Captación					
Inspección sanitaria de las instalaciones (*)		X			
Inspección limpieza de los canales	X				
Limpieza exterior – remoción de malezas		X			

INSTALACIÓN/ ACTIVIDAD	FRECUENCIA				
	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Limpieza del canal de desagüe			X		
Abrir y cerrar válvulas para verificar su funcionamiento		X			
Lubricar válvulas				X	
Pintar las compuertas con pintura anti corrosiva				X	
Pintar las válvulas con pintura anti corrosiva				X	
Limpieza y desinfección de las instalaciones				X	
Pintar tapas metálicas					X
Pintar las paredes exteriores y techo					X
Inspección de la estructura			X		
Retirar algas y residuos flotantes	X				
Medición de la altura de lodos			X		
Limpieza y remoción de sedimentos				X	
Limpieza exterior – remoción de malezas			X		
Filtro grueso					
Inspección sanitaria del filtro (1)		X			
Limpieza interna del filtro y remoción de la arena superficial				(1)	
Lavado de la arena superficial				(1)	
Lavado completo del filtro					cada 5 años
Limpieza externa del filtro				X	
Pintado externo del filtro					X
Tubería de conducción					
Girar válvulas de purga o aire	X				
Inspeccionar tuberías para detectar fugas	X				
Inspeccionar válvulas para detectar fugas			X		
Limpieza de caja de válvulas			X		
Lubricar válvulas				X	
Redes de distribución					

INSTALACIÓN/ ACTIVIDAD	FRECUENCIA				
	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Girar válvulas para que no se oxiden	X				
Inspeccionar tuberías para detectar fugas	X				
Verificar funcionamiento de válvulas de purga y aire		X			
Efectuar purga de redes				X(2)	
Desinfectar redes				(3);(4)	
Lubricar válvulas				X	
Pintarlas válvulas con pintura anti corrosiva				X	
Conexiones domiciliarias					
Examinar válvula de paso		X			
Inspeccionar tuberías para detectar fugas		X			

Fuente: Adaptado de PROAGUA/GTZ (2006).

NOTAS:

La inspección sanitaria tiene el objetivo de evaluar los riesgos de contaminación del agua.

(1): verificar riesgos de ingreso de animales o suciedad

(2):verificarla reducción de la tasa de filtración

(3): efectuar la purga y desinfección cuando se detecte contaminación

(4): efectuar la desinfección cuando se efectúe alguna reparación o mantenimiento en la red.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio dan una idea del alto riesgo para los consumidores del agua del sistema Salache Angamarca CEYPSA, como es la Unidad Académica (CAREN), de la Universidad Técnica de Cotopaxi. En relación a la calidad de agua, después de los análisis obtenidos en los laboratorios LAQUIFARVA QUIMICO INTEGRAL y WASCORP S.A. WATER SERVICE CORPORATION S.A. refiriéndose a la tabla de interpretación de resultados del análisis bacteriológico se tuvo los siguientes resultados:

El agua presenta un significado grado de contaminación, toda vez que los valores de Aerobios Mesófilos es de: ufc/100ml.77, y Colibacilos totales de ufc/100ml. 20 superan los límites máximos tolerables por lo que es necesario realizar prácticas de desinfección y cloración.

En cuanto al análisis Físico-Químico, tenemos que: los Sólidos Totales Mg/L. 505, Sólidos en Suspensión Mg/L. 10, Alcalinidad Total Mg/L. 400, Bicarbonatos Mg/L. 488, Dureza Total Mg/L. 328, Dureza Carbonatada Mg/L. 328, y Magnesio Mg/L. 54.1 superan los límites máximos tolerables.

Después de estos resultados concluimos que el agua es dura por lo que no es apto para el consumo humano, ya que esta agua sobrepasa los rangos o límites permisibles de la norma NTE INEN 1108.

La metodología de tratamiento a utilizar se propone hacerlo mediante procesos físico-químicos, los mismos que ayudarán a la obtención de un líquido saludable y de calidad para su consumo.

El agua no tiene un sistema de cloración que es muy necesaria para su potabilización, esta agua es muy alcalina y tiene dureza total. La cual puede ser la causa de los malestares como gastroenteritis frecuentes en la población. Un adecuado sistema de ablandamiento y cloración al agua disminuye en gran medida los riesgos que este tipo de agua dura causa a la humanidad y su uso. Es necesaria

la participación del municipio y/o las autoridades correspondientes en el adecuado control de la calidad del agua en las comunidades rurales.

- El acuífero u ojo de agua es el principal abastecedor de agua en zona rural del sector de Salache Angamerca CEYPSA y es por eso que al mismo debe darle el tratamiento y cuidados necesarios para que el agua sea apta para el consumo humano y su uso.
- Mediante los resultados obtenidos del laboratorio **LAQUIFARVA AMBATO ECUADOR**, de los tanques y grifos del CEYPSA, los análisis dieron como resultado en lo bacteriológico: aerobios mesófilos es el 157 % y colibacilos totales es el 100% lo cual pasan del límite máximo permisible según la norma INEN 1108, en lo químico los sólidos totales es 500Mg/l, sólidos en suspensión 11 Mg/l, alcalinidad total es el 62%, bicarbonatos es 495 Mg/l, dureza total es el 8%, dureza carbonada es 324 Mg/l y magnesio es el 53% los cuales sobre pasan los límites máximos permisibles de la calidad de agua potable de la norma INEN 1108, por lo tanto el agua es dura del sistema Salache Angamarca el CEYPSA, no apta para el consumo humano.
- La cantidad de sales que provocan la dureza afectan a la capacidad de formación de espuma de detergentes en contacto con el agua y presenta una serie de problemas de incrustación en equipos industriales y domésticos, además de resultar nociva para el consumo humano.
- Las características del origen del agua determinan el proceso de ablandamiento, es decir el método exacto de adición tomando en cuenta la dureza del agua.
- Los procesos de intercambio iónico son reversibles y la dirección de la reacción depende de las concentraciones y del nivel de saturación de la resina de sodio.
- El proceso de ablandamiento del agua no separa toda la dureza, ya que quedan residuos mínimos permisibles.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de procesos de purificación y ablandamiento del agua. Para bajar la dureza del agua y cumplir con los parámetros INEN.
- Se recomienda el procesos de cloración para que el agua sea potable; con un dosificador de hipoclorito por erosión de tablas por su economía y su facilidad de utilización.
- Se recomienda el ablandamiento por intercambio catiónico con el sistema de resinas. Con dos ablandadores y uno de sol-sal para el pre lavado de los filtros, este equipo, por ser el más funcional y por la geografía del sitio.
- Es necesario la aplicación de la propuesta de tratamiento de agua en el sistema. Porque el agua no es apta para el consumo humano, y sede ve potabilizar.
- La construcción de un filtro grueso natural. Utilizando los recursos naturales sin afectar el ambiente; y así poder detener las impurezas del agua como son los aeróbicos.
- El mantenimiento del sistema de conducción y distribución del agua. Para evitar la contaminación del liquido vital por filtración.
- Realizar análisis comprobatorio en algún laboratorio acreditado por la O.A.E. Y con ISO's, con sede en Quito.

BIBLIOGRAFIA CITADA

Textos / Libros

1. CORTÉS, Julio (1986). *El Corán*. Perseus Distribution. ISBN 0940368714.
2. COLLINS, A. y ELLIS G. (1992). *Informative processing coupled with Expert System for water treatment plants*. EDITORIAL, PAIS.
3. CUBA, Laria, N. e Y. Oropesa. (1991).
4. **CÓDIGO DE PRACTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL INEN.**
5. FREEMAN W.H. American Chemical Society (2006). *Chemistry in the community*.
6. GALARRAGA, Remigio. Dr. 2004 26 de marzo foro seminario, estado y gestión de los recursos hídricos en el Ecuador.
7. Gray, N.F. 1996. *Calidad del agua potable (Problemas y Soluciones)*. Editorial Acriba Zaragoza, España. Pp. 154-160
8. *Ingeniería Hidráulica*, Vol. XIII. No. 3. Cuba.
9. International Water Association (IWA), WaterAid, Water Ist, y American Water Resources Association.
10. *Latinosan 2007 - Conferencia Latinoamericana de Saneamiento: Informe de Ecuador*, p. 4-5
11. **NORMATIVA LEGAL LEY DE AGUAS DEL ECUADOR H. congreso nacional La comisión de legislación y codificación Resuelve: Expedir la siguiente codificación de la ley de aguas.**
12. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD *Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldes y alcaldesas de municipios rurales y pequeñas comunidades*. (2008).
13. *plants*. ISA Transactions, Vol. 31. No. 1. USA.

14. *Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento.*
15. *RASTOGI, S.C. (1996). Cell and molecular biology.*
16. *Rudenko, G. (1983). Filtro de zeolita para tratamiento de agua de alta turbiedad. Tecnología vody. Vol. 1.*
17. *Rudenko, G. Tecnología del agua. Barcelona. España. Filtro de zeolita para tratamiento de agua de alta turbiedad.*
18. *SWAIN, Igor A, Ashok (2004). «I-Water Scarcity», Managing water conflict.*
19. *SWAIN, Ashok (2004), Managing water conflict.*
20. *WORLD HEALTH ORGANIZATION(2006).*

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. A.SandovalVillasanaA.M.,2000;
“Remoción dematerial orgánico disuelto, desinfección no convencional e Impacto de ésta en la salud humana”, Informe final edición, proyecto Conacyt, Instituto mexicano de Tecnología del Agua, México.
2. Antiscale Magnetic Treatment, The School Of Water Science, Cranfield University, <http://www.cranfield.ac.uk/sims/water/magnet.htm>
3. Comisión Nacional de Agua, (1974) “Diseño de Plantas Potabilizadoras Tipo de Tecnología Simplificada”, México D.F.
4. Diane Raines Ward (2002). *Water Wars: Drought, Flood, Folly and the Politics of Thirst*.
5. Edberg. S.C., M.J. Allen, D.B. Smith & the National Collaborative Study, 1988. National field evaluation of a defined substrate method for the simultaneous enumeration of total coliforms and *Escherichia coli* from drinking water: Comparison with the standard multiple tube fermentation method. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:1595.
6. Gleick, Peter H. *The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington: Island Press. (10 de noviembre de 2006) [ISBN-13: 9781597261050]
7. GonzálezHerreraA., Figueroa Brito R., 1999; “Evaluación de tecnologías alternativas para el tratamiento y desinfección del agua de consumo como para el tratamiento de excretas y aguas residuales en pequeñas localidades de la frontera norte”, Informe final para Fundación México Estados Unidos para la Ciencia, A.C., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 115 pp.
8. IDB water Supply and Sanitation Program for Cuenca.
9. Small Water Supply Systems in Developing Countries” International Reference.
10. Manual técnico del agua (de gremont) aguas Argentinas informe del foro Mundial del agua.

11. Magnetic Water Treatment And Related Pseudoscience,
<http://www.chem1.com/CQ/magscams.html>
12. Organización Panamericana de la Salud Oficinas Sanitarias Panamericanas
– Oficinas regionales de la Organización Mundial de la Salud.
13. OWEN R. FENNEMA. "Química de los Alimentos" segunda edición.
Editorial Acribia. Zaragoza (España) Pág.21
14. OMS, Organización Mundial de la Salud:
http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/index.html
15. “Plan Nacional de Desarrollo del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico”, G. Yepes, B. Gómez y E. Carvajal, octubre de 2002<, realizado como parte de la primera etapa del Préstamo Adaptable para Programas (APL, por sus siglas en inglés) del proyecto PRAGUAS.
16. Principios básicos de la desinfección del agua. Publicaciones CEPIS.
Tomado de: Guías para la selección y aplicación de Tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el Caribe /OPS. CEPIS- 2004.
17. Postel, Sandra (1997, second edition). *Last Oasis: Facing Water Scarcity*.
New York: Norton Press.
18. Reisner, Marc (1993). *Cadillac Desert: The American West and Its Disappearing Water*.
19. ROMERO ROJAS Jairo Alberto (1998) Potabilización del Agua, Ed. Alfa Omega 3ª Edición, Colombia.
20. The Effect of Water Quality on Food, O. Peter.
Snuder <http://www.hitm.com/documents/chem-h2o.htm>
21. Worster, Donald (1992). *Rivers of Empire: Water, Aridity, and the Growth of the American West*.
22. WegelinM., GalvisG., LatorreJ.,1998;“La filtraciónGruesaenelTratamientodeAguadeFuentes Superficiales”,InstitutodeInvestigación yDesarrollo enAguaPotable, Saneamiento Básicoy Conservacióndel RecursoHídrico(Cinara).PublicaciónSANDECNo.4/98,caps.3,4,5y8.

ANEXO

ANEXO 1

Situación actual del sitio de captación y de todo el sistema de agua Salache Angamarca CEYPSA. Donde se puede observar la poca atención y la falta de mantenimiento de toda su estructura y la falta de un tratamiento de potabilización del agua.



Lugar de la captación



Cerramiento del tanque de captación.



Tanque de captación



Tanque de captación



Muro de protección



Muro de contención de la captación



Muro de contención de la captación.



Tapa del tanque de captación.



Mangeras de conducción.



Tubería de conducción.



Sistema de conducción.



Tanque de almacenamiento.



Tanque de almacenamiento.



Estado del tanque de Almacenamiento.



Tanque de almacenamiento.



Estado del tanque de Almacenamiento.



Estado de la red de distribución.



Estado del tanque de Almac



Casa de máquina del tanque.



Motores o máquinas de bombeo



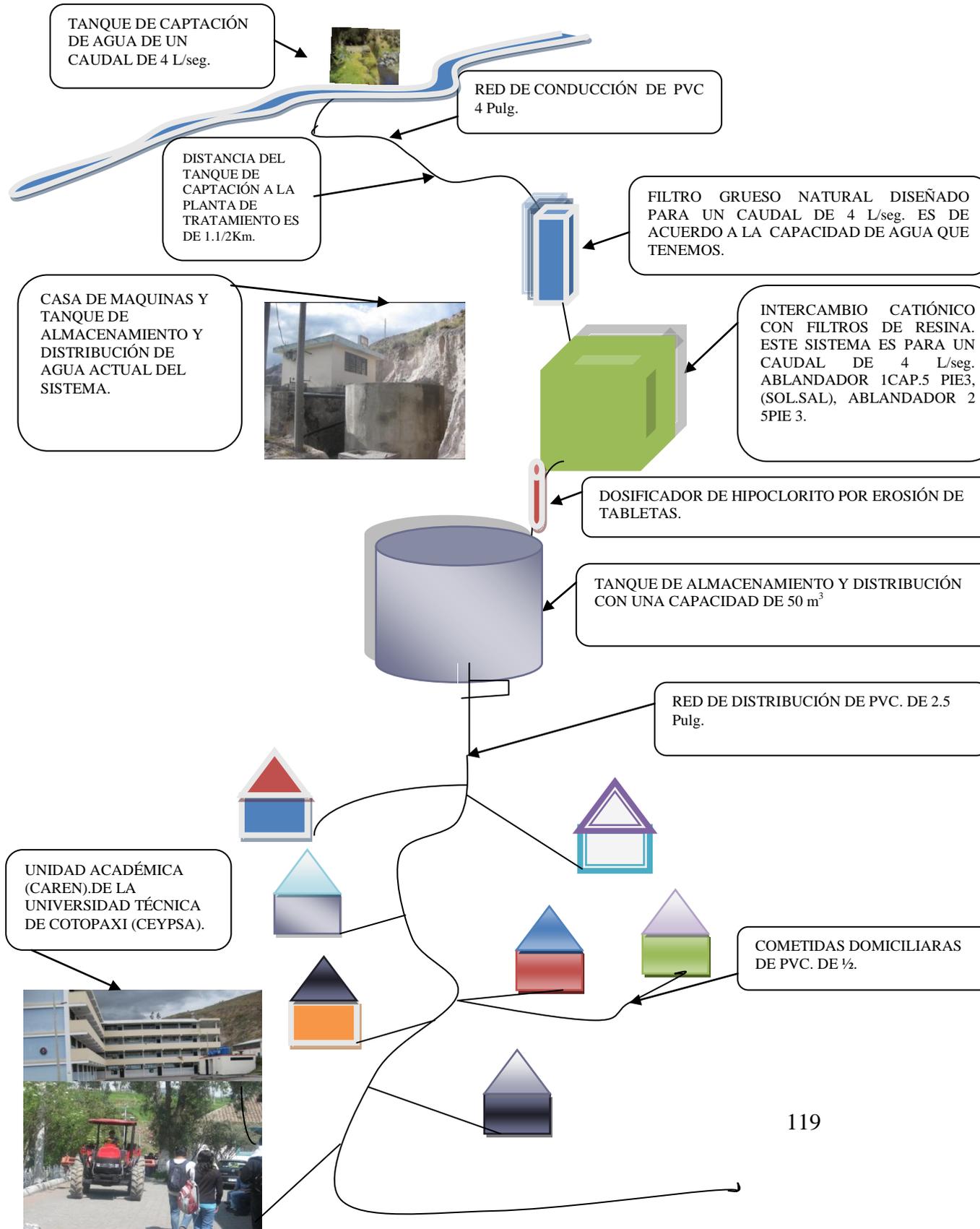
Casa de máquina tanque Al.



Desfoge sobrante de agua

ANEXO 2

Diseño de la propuesta para el sistema de agua Salache Angamarca (CEYPSA) DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI



ANEXO 3

A

RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA CALIDAD DE AGUA