

**“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Realizado por:

**DIANA KATHERINE IBARRA RAMOS**

Director del proyecto:

**Magíster. Emma Ivonne Carrillo Paredes**

Como requisito para la obtención del título de:

**MAGISTER EN GESTION AMBIENTAL**

Quito, 09 de Agosto del 2018

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**DECLARACION JURAMENTADA**

Yo, DIANA KATHERINE IBARRA RAMOS, con cédula de identidad # 172047274-3, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Diana Ibarra Ramos

172047274-3

FIRMA Y CEDULA

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

## DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Realizado por:

**DIANA KATHERINE IBARRA RAMOS**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**MAGISTER EN GESTION AMBIENTAL**

ha sido dirigido por la profesora

**EMMA IVONNE CARRILLO PAREDES**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

A handwritten signature in blue ink, reading "Diana Ibarra Ramos", is written over a horizontal line.

172047274-3

FIRMA Y CEDULA

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**JEFFERSON RUBIO**

**MIGUEL MARTINEZ-FRESNEDA**

Después de revisar el trabajo presentado,  
lo han calificado como apto para su defensa oral ante  
el tribunal examinador.



---

FIRMA



---

FIRMA

QUITO, 09 agosto del 2018

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**DEDICATORIA**

DEDICATORIA

Este trabajo que ha sido elaborado con sacrificio va dedicado a mis tías, Rosa y Laura, a mi esposo Esteban y principalmente a mi Hijo Nicolás quienes fueron el pilar fundamental para mi formación Universitaria.

DIANA KATHERINE

# “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecer a Dios que me dio la fortaleza para cumplir mis propósitos en la vida. A la Universidad Internacional SEK en nombre de sus autoridades quienes me abrieron las puertas para seguir mi carrera, a los docentes quienes han sabido impartir sus sabios conocimientos y de manera especial a mi Directora de Tesis Msc. ENMA IVONNE CARRILLO PAREDES, quien ha estado pendiente de la ejecución de este trabajo y por último al Alcalde de la ciudad de Latacunga quien me dio las facilidades para ejecutar el trabajo en la planta de tratamiento de agua.

DIANA KATHERINE

**“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Para ser sometido a: *Journal of Material Cycles and Waste Management*

**PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA  
POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE  
ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI**

Proposal for the improvement of the water treatment of the treatment plant Loma de  
Alcoceres of the city of Latacunga, province of Cotopaxi

Diana Ibarra Ramos<sup>1</sup> & Ivonne Carrillo Paredes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito, Ecuador. Email: [dianikir@hotmail.com](mailto:dianikir@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito, Ecuador. Email: [emma.carrillo@uisek.edu.ec](mailto:emma.carrillo@uisek.edu.ec)

- Autor de correspondencia: MSc. Ivonne Carrillo, [emma.carrillo@uisek.edu.ec](mailto:emma.carrillo@uisek.edu.ec)

Titulo corto (Running title): Potabilización de agua

# “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

## **Resumen**

El agua es el líquido vital de todo ser humano, es el más abundante sobre la tierra. En la naturaleza se la puede encontrar en diferentes estados, en estado líquido se lo halla en los ríos, mares, océanos y lluvia, en estado sólido en los polos, nevados y elevaciones de donde se deshuelan para alimentar a los ríos y como gas en las nubes. La calidad de este recurso depende de los factores naturales y de la acción antrópica. El uso del agua en diferentes actividades hace que se altere las características físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas, afectando gravemente la existencia de la vida de los ecosistemas y la salud de la población. La presente investigación está orientada a realizar un análisis físico, químico y microbiológico del agua y los procesos de purificación que se dan a la fuente de abastecimiento Loma de Alcoceres, que es el principal afluente para el suministro de agua de la ciudad de Latacunga para poder diagnosticar los problemas que pueden estar presentes y al final dar un criterio de manejo técnico. De acuerdo con la metodología aplicada para la investigación se determinará de manera objetiva la situación actual de la potabilización del agua, se comprobará los niveles y parámetros que intervienen en los análisis del agua mediante la norma INEN 1108 - 2014, posteriormente los resultados obtenidos se comparará y determinará la calidad de agua, en los puntos de estudio dando las recomendaciones técnicas para mejorar el servicio y calidad de agua para el consumo humano.

Palabras clave: Agua potable, Parámetros físico – químicos, Procesos de potabilización, calidad del agua

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**PROPOSAL FOR THE WATER TREATMENT OF THE LOMA DE ALCOCERES TREATMENT PLANT OF THE CITY OF LATACUNGA, PROVINCE OF COTOPAXI.**

**Summary**

Water is the vital liquid of every human being is the most abundant on earth. In nature it can be found in different states, in liquid it is found in rivers, seas, oceans and rain, in solid state at the poles, snow-capped mountains and elevations where they thaw to feed the rivers and as gas in the clouds. The quality of this resource depends on natural factors and anthropic action. The use of water in different activities alters the physical, chemical, bacteriological and biological characteristics, severely affecting the existence of the life of the ecosystems and the health of the population. The present investigation is oriented to carry out a physical, chemical and microbiological analysis of the water and the purification processes that are given to the source of supply Loma de Alcoceres that is the main tributary for the water supply of the city of Latacunga to be able to diagnose the problems that may be present and in the end give a criterion of technical management. According to the methodology applied for the investigation, the current situation of water potabilization will be objectively determined, the levels and parameters that intervene in the water analysis will be checked through the INEN 1108 - 2014 norm, later the obtained results will be compared and it will determine the quality of water, in the study points giving the technical recommendations to improve the service and quality of water for human consumption.

Keywords: Drinking Water, Physico-chemical parameters, Water treatment processes, water quality

# “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

## **Introducción.**

La calidad de agua es un término difícil de precisar debido a que depende del uso que se le dé (Diersing, 2009). La calidad de agua potable es una problemática mundial, debido a la presencia de microorganismos, sustancias químicas, agentes infecciosos, contaminantes radiológicos entre otros, lo cual conlleva a que los tratamientos de potabilización sean de alta tecnología y por ende costosos, además de que requieran de personal calificado para la correcta operación de una planta de tratamiento.

Según la Norma INEN 1108-2014 el agua potable es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

En la provincia de Cotopaxi el 54.4%, cuenta con cobertura de agua por red pública (SEMPLADES, 2014), mientras que en la ciudad de Latacunga la cobertura de agua por red pública es de 70.4 %, teniendo 3 fuentes de captación: Illigua con 210 l/s que abastece a la parte central y Norte de la ciudad, el Calzado 80 l/s que distribuye a la zona sur y oriental de la ciudad y Planta de Tratamiento Loma de Alcoceres con 170 l/s que distribuye al Sur Oriental, nororiental y occidental, zonas altas de la ciudad. (DIMAPAL 2018).

Según Roble & Rojo (2010), la depuración del agua generalmente significa liberar al agua de cualquier clase de impureza que contenga, por ejemplo, contaminantes o microorganismos. La depuración del agua se realiza en varios pasos, estos dependen de la clase de impurezas que se encuentren en el agua. Esto puede diferir mucho según el tipo de agua.

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

*Una planta de tratamiento de agua es un conjunto de procesos sistemáticos relacionados cuyo objetivo es el de purificar el agua para hacerla apta para el consumo humano (Leytán, 2012)*

La planta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres (Anexo A), en donde se centró esta investigación, capta el líquido vital desde la laguna Salayambo, de donde nace el río Illuchi, el cual llega a la toma construida por la Empresa Eléctrica Cotopaxi, para ser conducida por canales abiertos en una longitud de 30 km, hasta los presedimentadores de la Central Hidroeléctrica Illuchi No1., en donde se homogeniza, luego es conducida 2 km mediante canal, hasta la Central Hidroeléctrica Illuchi No2., en el canal de desfogue de la Central Hidroeléctrica Illuchi N°2., se capta el agua cruda, para el sistema de agua potable de la ciudad de Latacunga, mediante una rejilla de fondo que permite ingresar el agua a la conducción del sistema, con un caudal relativamente constante de 170 l/s (DIMAPAL 2018).

La planta de tratamiento cuenta con un tanque para quietamiento con un volumen de 18 m<sup>3</sup>, compuesto por una pantalla perforada (7 orificios cuadrados de 0.3 m por lado) que opera como disparador. Una segunda pantalla que opera como orientador de flujo y permite medir el caudal del vertedero.

*Los coagulantes son productos químicos que producen la agregación de partículas pequeñas para formar partículas más grandes (Spellman & Drinan 2004)* El proceso de coagulación se efectúa en la mezcla rápida, la cual está conformada por un resalto hidráulico, ubicado después de la estructura de llegada, logrando de esta manera, la mezcla instantánea del coagulante (Sulfato de aluminio) con el agua cruda. Se tiene gradientes de velocidad superior a 1000 s<sup>-1</sup> con tiempo inferior a 1 s. El punto de aplicación de Sulfato de aluminio está ubicado en la zona donde se produce el cambio de pendiente.

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

El agua con la disolución es trasladada a los módulos de floculación, que son de tipo hidráulico de flujo horizontal, el proceso contempla dos zonas de floculación: Una alta, para gradientes de velocidad de  $30 \text{ s}^{-1}$  con un tiempo de residencia de 7 minutos y una zona baja con gradientes de velocidad  $20 \text{ s}^{-1}$  con un tiempo de residencia de 14 minutos.

Posteriormente el agua ingresa de forma ascendente, al tanque sedimentador, que posee una inclinación de  $40^\circ$  y celdas tipo canal, para reducir la velocidad y evitar que el flóculo ascienda y se deposite por gravedad en la cámara de sedimentación (Spellman & Drinan 2004).

Consecutivamente el agua pasa al tratamiento físico que consta de cámaras de filtros de flujo descendente que cuentan con 5 capas de grava de diferentes dimensiones, 1 capa de arena y una capa de antracita, mediante estos filtros se logra remover una carga de sólidos del 80% (Baird & Cann, 2012).

La cloración es el método de desinfección más frecuente y mejor conocido, es así que en la planta de tratamiento Loma de Alcoceres, se utiliza el cloro elemental o gaseoso, debido a su efectividad y su bajo coste con relación a otros tratamientos (Spellman & Drinan 2004).

El tanque de dosificación de cloro tiene una capacidad de 15000 litros, en donde la cloración se la realiza automáticamente, con una dosificación de  $1 \text{ mg/l}$  al vacío, por medio de tanques contenedores de 68 kg - 90 kg de cloro gas, el cual en un tiempo de 10 minutos aproximadamente, cumple con el propósito de eliminar la mayor cantidad de microorganismos presentes en el agua (DIMAPAL 2018).

Cuando el agua ha pasado por todos los procesos de purificación, esta es conducida al tanque de distribución, de donde se realiza el control de calidad por parte de los técnicos encargados de la planta de tratamiento.

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Para cumplir con los requisitos de calidad del agua potable los análisis físico-químicos y microbiológicos, deben cumplir con el límite máximo permisible, establecidos en la Norma INEN 1108-2014, (Anexo B), la cual es aplicada al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

Con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación, se muestreó a la entrada y salida de la planta de tratamiento de agua, para determinar parámetros físico – químicos y microbiológicos y de esta manera identificar la efectividad de los procesos de purificación. Los parámetros analizados, tanto en la entrada como en la salida fueron: pH, color aparente, color real, turbidez, conductividad, alcalinidad, calcio, magnesio, carbonatos, dureza total, nitratos y coliformes fecales, se realizaron estos análisis debido a que el agua es captada de la Laguna de Salayambo ubicado en la Cordillera Central, lo que quiere decir que es una agua dulce superficial, las cuales comprenden a lagos, lagunas, bañados, esteros y charcos temporarios (Pascuali, 2003).

*Los lagos y lagunas se caracterizan por tener valores intermedios de dureza (calcio y magnesio), alcalinidad y contenido mineral total (Snoeyink, & Jenkins, 2000).*

Mediante la comparación de los resultados obtenidos de los análisis y la Norma INEN 1108-2014 y el Libro VI de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de efluentes: Recurso Agua, indican que el agua no cumple con algunos parámetros como: color aparente, color real y turbiedad.

Según (Spellman & Drinan 2004), el color es una característica física del agua. El color amarillento o marrón indica oxidación del hierro; otros contaminantes pueden causar colores como verde o azul, lo que causa que la turbidez cambie. El color es uno de los parámetros más esencial por tratar, no por los problemas sanitarios que puede causar, sino más bien, por el rechazo que causa en la población que la consume (Escudero, 2016).

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

La turbiedad es una medida de la falta de transparencia del agua, esto puede ser causa de la presencia de materia en suspensión, en donde alberga microorganismos dañinos, haciendo que los procesos de desinfección reduzcan su eficacia (Spellman & Drinan 2004).

Con la problemática detectada, se realizaron, durante tres meses análisis de laboratorio (Prueba de jarras), que ayudaron a determinar la dosificación adecuada de coagulante y acondicionador de pH, los que dependieron, principalmente de las características físico-químicas del agua cruda. Esta actividad se la realizó mediante el estudio de 4 tratamientos, con sus respectivas dosificaciones de Sulfato de aluminio (coagulante) y volumen de acondicionador de pH (Hidróxido de sodio). Los parámetros que se tomaron en cuenta en el ensayo fueron: Tiempo de sedimentación, pH con y sin acondicionador, sólidos totales disueltos, color, turbidez, alcalinidad. Según (Spellman & Drinan 2004), la prueba de jarras se puede usar para: Seleccionar los productos químicos más eficaces, seleccionar la dosis óptima, determinar la cantidad de una ayuda de coagulación y la dosis apropiada.

Con base a la problemática de presencia de color y turbidez en el agua de consumo del cantón Latacunga, en la presente investigación se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar, puesto que se analizó la varianza entre los 4 tratamientos de dosificación de coagulante y volumen de acondicionador de pH, con el objetivo de determinar si existe diferencia significativa entre estos parámetros, por medio de la distribución t de Student, al 5% de significancia.

De esta manera la hipótesis planteada en este trabajo establece, que la turbidez y la coloración del agua destinada al consumo de los habitantes del cantón Latacunga, están siendo bien tratados en los procesos de purificación y la dosificación de químicos es la adecuada para que cumplan con los parámetros físico-químicos y microbiológicos, establecidos en la Norma INEN 1108-2014.

# “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Por lo que el objetivo general fue plantear una propuesta para la mejora de la potabilización de agua de la planta de tratamiento Loma de Alcoceres de la ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio.

Las muestras de agua fueron tomadas en la planta de tratamiento Loma de Alcoceres ubicada en el cantón Latacunga provincia de Cotopaxi, en los meses de mayo, junio, julio. Esta se encuentra a una altura de 2750 m.s.n.m. y comprende una superficie de 2 ha aproximadamente (PDyOT 2016),

El agua cruda es captada de la laguna Salayambo de donde nace el río Illuchi, el cual es conducido hasta los presedimentadores de la Central Hidroeléctrica Illuchi N°1 y N° 2 con un caudal de 170 l/s; es potabilizada y clorada antes del llegar a cuatro tanques de reserva: Alsacia, San Felipe Bajo, San Felipe Alto y San Martín, para su posterior distribución, a la zona Sur Oriental, nororiental y occidental, así como a partes altas de la ciudad.

**Figura 1.** Planta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres, cantón Latacunga



“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**Caracterización del agua cruda.**

Las muestras simples de agua cruda como tratada, fueron tomadas en los meses de mayo, junio y julio del presente año, en la entrada y salida de la planta de tratamiento Loma de Alcoceres. Los parámetros físico-químicos y microbiológicos se analizaron en el

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método de referencia</b>
pH		Sthandard Metods Ed 21, 4500H <sup>+</sup> B
Color Aparente	Co-Pt	Sthandard Metods Ed 21, APHA-2120-C
Color Real	Co-Pt	Sthandard Metods Ed 21, APHA-2120-C
Turbiedad	NTU	Sthandard Metods Ed 21, 2130 B
Conductividad	us/cm	Sthandard Metods Ed 21, 2510 B

Laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato según métodos de referencia expresados en la tabla 1:

**Tabla 1.** Parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Alcalinidad	mg /l	Sthandard Metods Ed 21, 2320 B
Calcio	mg /l	Standard Methods Ed.213500CaD
Magnesio	mg /l	Standard Methods Ed.213500MgD
Carbonatos	mg /l	Sthandard Metods Ed 21, B
Dureza Total	mg /l	Sthandard Metods Ed 21,2340C
Nitratos	mg /l	HACH
Coliformes fecales	UFC /l	Recuento rápido : Placas petrifilm

**Fuente:** Elaboración autor

Para la medición de pH y conductividad eléctrica de las muestras de agua cruda y tratada se utilizó un pH-metro de mesa marca Bante, previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10.

De la misma manera, para medir el color, se utilizó un espectrofotómetro Génesys 20, a una longitud de onda de 456nm. La curva de calibración fue realizada con un estándar de color Co-Pt de 500 ppm.

La medición de nitratos fue realizada con un HACH DR 900, mientras que la turbidez se caracterizó utilizando el Turbidímetro Cole Palmer

Mediante método volumétrico se determinó alcalinidad y carbonatos. Para medir Calcio y magnesio se utilizó un equipo de Absorción Atómica marca Perkin Elmer 100 y soluciones estándar de 1000 ppm para la preparación de las diferentes curvas de calibración.

Se llegó a determinar la presencia de coliformes fecales, utilizando el método de conteo rápido con placas petrifilm. Las muestras fueron sembradas directamente sin ninguna dilución y se incubaron por 48 horas a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , en la estufa marca Thermo scientific, posteriormente se contó las colonias resultantes.

### **Dosificaciones de coagulante y acondicionador de pH.**

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Con base a los análisis y resultados de los parámetros físico – químicos, se determinó la dosificación exacta de sulfato de aluminio granulado e hidróxido de sodio, coagulante y acondicionador de pH respectivamente, los cuales fueron utilizados en cada uno de los ensayos, para dicho efecto se utilizó la siguiente relación 1:

$$ViCi = VfCf \quad [Relación 1]$$

*Donde:*

*Vi: volumen inicial*

*Ci: concentracion inicial*

*Vf: volumen final*

*Cf: concentracion final*

Posteriormente del cálculo se determinó que la concentración adecuada para sulfato de aluminio es de 8%, mientras que para hidróxido de sodio es de 25%.

### **Método de análisis.**

Los ensayos realizados se hicieron por triplicado, tomando como base la dosis calculada que fue de 8% y 25%, se eligieron 4 rangos de coagulante sulfato de aluminio y 4 rangos de acondicionador de pH, para encontrar la dosis adecuada se realizó el siguiente procedimiento:

Posteriormente de la caracterización, se tomó 4 matraces y 4 planchas de agitación magnética en donde se colocó 1 l de agua cruda en cada matraz, con 6ml, 8ml, 10ml y 12ml de coagulante, adicionalmente se colocó 3.5 ml, 4.5 ml, 5.5 ml y 6.5 ml, respectivamente de acondicionador de pH, seguidamente se los llevó a agitación a una velocidad de 300 rpm durante un minuto, (mezcla rápida o coagulación), a continuación se disminuyó la velocidad

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

de agitación a 150 rpm y se mantuvo durante 5 min, inmediatamente se bajó la velocidad a 100 rpm durante 5 min.

Transcurridos los minutos de agitación, se dejó sedimentar las partículas durante un tiempo de 10 min, en los cuales se pudo observar la apariencia, consistencia de los coágulos y su velocidad de decantación. Posteriormente, se tomó muestras de 100 ml de cada matraz, para realizar las respectivas mediciones de pH, sólidos totales, color, turbiedad y alcalinidad.

Finalmente, se determinó la dosis óptima de coagulante sulfato de aluminio granulado y de acondicionador de pH hidróxido de sodio, seleccionando aquella dosis en donde los valores de color y la turbidez fueran más bajos y se encontraran dentro del rango permisible según la NORMA INEN1108-2014.

### **Análisis estadístico de los procesos aplicados.**

Para determinar las diferencias estadísticamente significativas existentes en los procesos aplicados, en las alternativas de mejora del color y turbiedad del agua potable se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, puesto que se analizó la normalidad entre los 4 tratamientos de dosificación de coagulante y volumen de acondicionador de pH, por medio del test de Shapiro - Wilk, con una significancia del 5% y 6 grados de libertad. Posteriormente se utilizó el Test de T student, para determinar el tratamiento que mejor de resultado, para que los parámetros que se encuentran fuera de rango, cumplan con la norma vigente. El programa que se utilizó para el análisis estadístico fue SPSS Statistics 23.

## **RESULTADOS.**

### **Caracterización de los parámetros físico – químicos y microbiológicos.**

Los resultados de la caracterización de los parámetros físico – químicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres del cantón

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

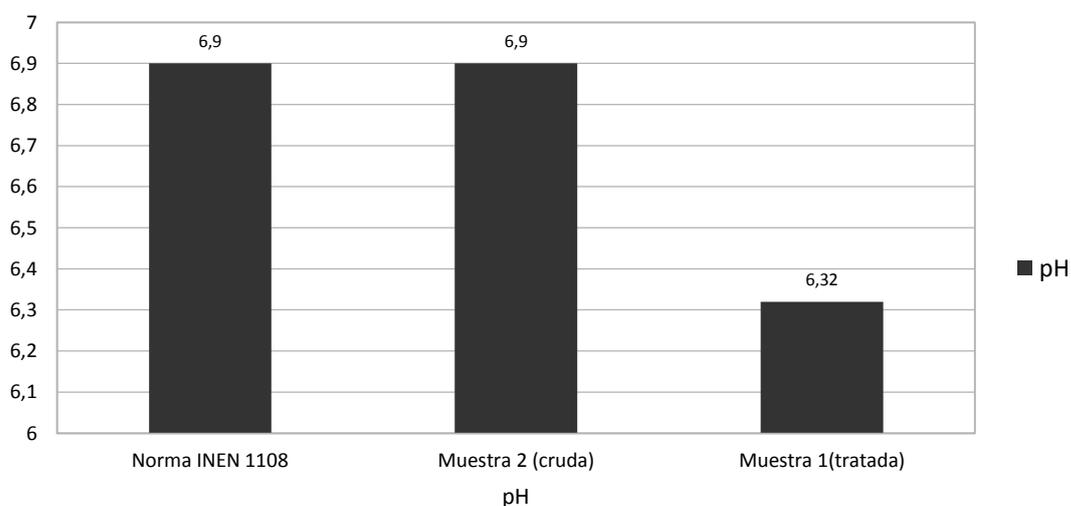
Latacunga se indican en la Tabla 2, en donde se puede identificar los ítems que no cumplen con la Norma INEN 1108-2014.

**Tabla 2.** Caracterización del agua cruda y tratada de la planta de tratamiento

Parámetro	Unidad	M1(agua cruda)	M2 (agua tratada)	INEN 1108-2014
pH		6,9	6,32	-
Color Aparente	Co-Pt	50	15	15
Color Real	Co-Pt	50	15	100
Turbidez	NTU	6,8	5,4	5
Conductividad	us/cm	76,2	67,6	-
Alcalinidad	mg /l	1,176	1,568	-
Calcio	mg /l	1,1	1,2	-
Magnesio	mg /l	7,5	7	-
Carbonatos	mg /l	0	0	-
Dureza Total	mg /l	33,5	31,7	-
Nitratos	mg /l	0,3	0,3	50
Coliformes fecales	UFC /l	Ausencia	Ausencia	<1.1
<b>*NMP/100</b>				

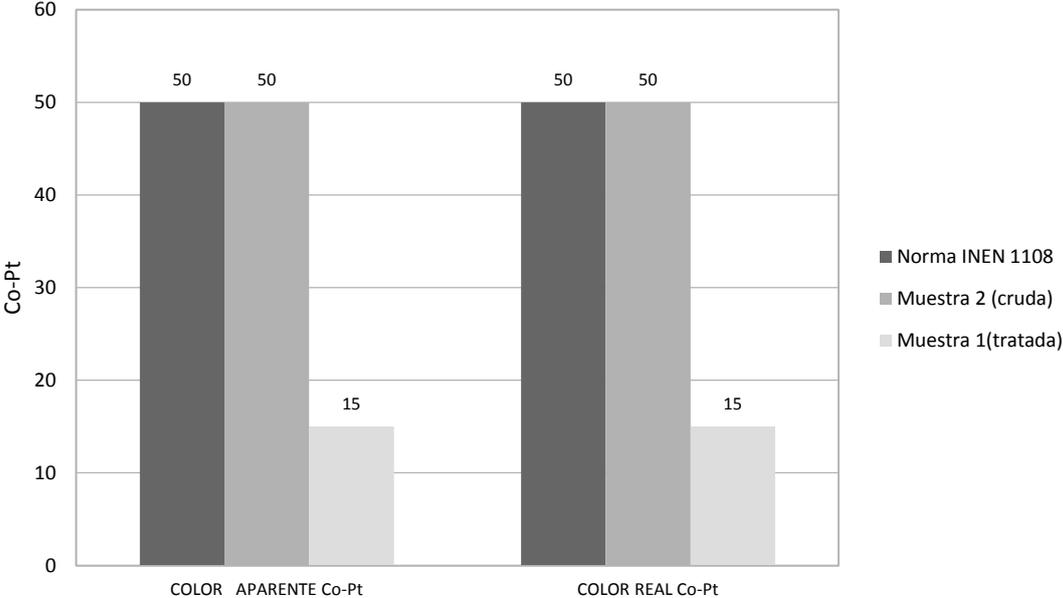
Fuente: Elaboración autor

**Figura 2.** pH de M1, M2 y Norma INEN 1108-2014

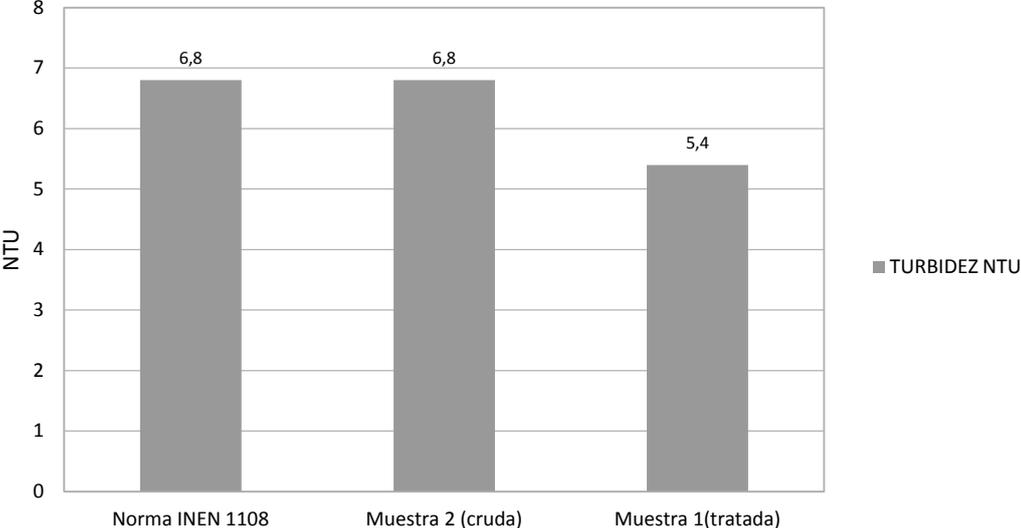


“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

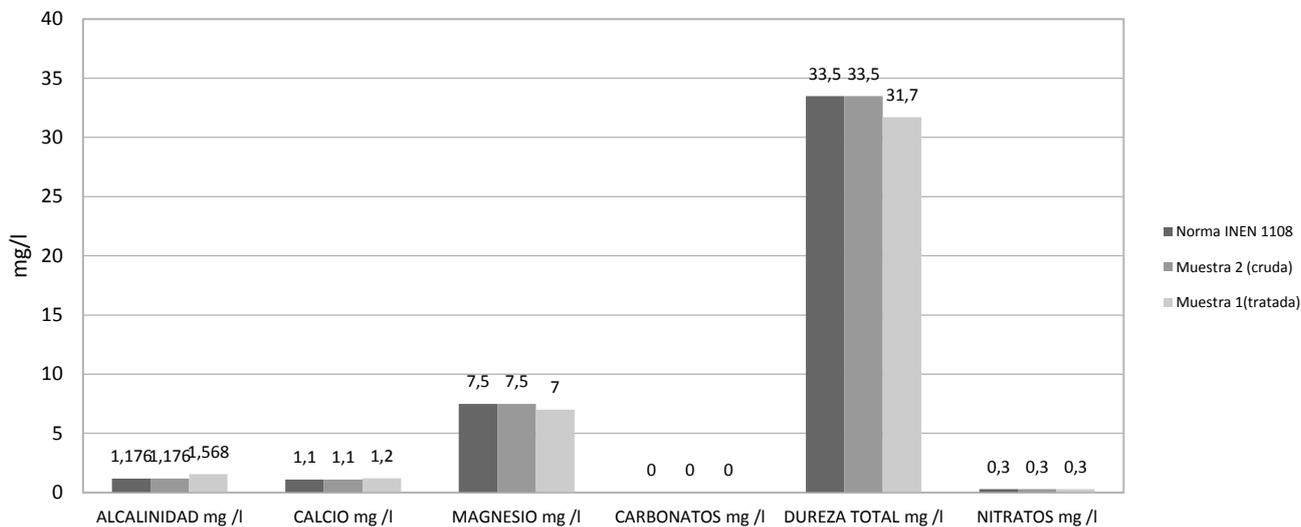
**Figura 3.** Color de M1, M2 y Norma INEN 1108-2014



**Figura 4.** Turbiedad de M1, M2 y Norma INEN 1108-2014



“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”



**Figura 5.** Parámetros de M1, M2 y Norma INEN 1108-2014 en unidades mg/l

**Análisis estadístico de los tratamientos.**

Para la determinación de la significancia entre los cuatro tratamientos fue necesario establecer la normalidad mediante el test de Shapiro - Wilk debido a que a los datos de la investigación son menores a 50, según este tipo de prueba es necesario plantearse una hipótesis nula y una hipótesis alternativa, en donde la  $H_0$  se rechaza si  $W$  es pequeño, es así que se planteó la siguientes hipótesis:

**$H_0$ :** No hay diferencia de medias significativas entre los tratamientos y testigo.

**$H_1$ :** Hay diferencia de medias significativas entre los tratamientos y testigo

La prueba se realizó con un 5% de significancia en donde:

**Normal:**  $Sig > 0.05$  = Los datos provienen de una distribución **normal**

**No - Normal:**  $Sig < 0.05$  = Los datos **no** provienen de una distribución **normal**

**Tabla 3.** Prueba de normalidad Shapiro - Wilk

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Tratamiento	Estadístico	gl	Sig.	Normalidad
Testigo.1	0,827	6	0,101	Normal
Tratamiento 1	0,946	6	0,710	Normal
Tratamiento 2	0,918	6	0,492	Normal
Tratamiento 3	0,932	6	0,594	Normal
Tratamiento 4	0,763	6	0,026	No. Normal

Posteriormente se calculó la significancia entre el testigo y los 4 tratamientos, con un 95% de intervalo de confianza, inferior y superior y grados de libertad de 5

**Tabla 4.** T de Student

Tratamiento	Diferencias emparejadas					T	GI	Sig.
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Test-Trat 1.	3,11667	2,02353	0,82610	0,99310	5,24023	3,773	5	0,013
Test-Trat 2.	4,04833	1,45025	0,59206	2,52639	5,57027	6,838	5	0,001
Test-Trat 3.	4,82833	1,07990	0,44087	3,69505	5,96162	10,952	5	0,000
Test-Trat 4.	5,57000	,70609	0,28826	4,82901	6,31099	19,323	5	0,000

Fuente: Elaboración autor

De la misma manera se calculó la desviación estándar mediante t de student, en donde se puede apreciar la disminución de la turbiedad en comparación con el testigo.

**Tabla 5.** T de Student disminución de la turbiedad con base al testigo

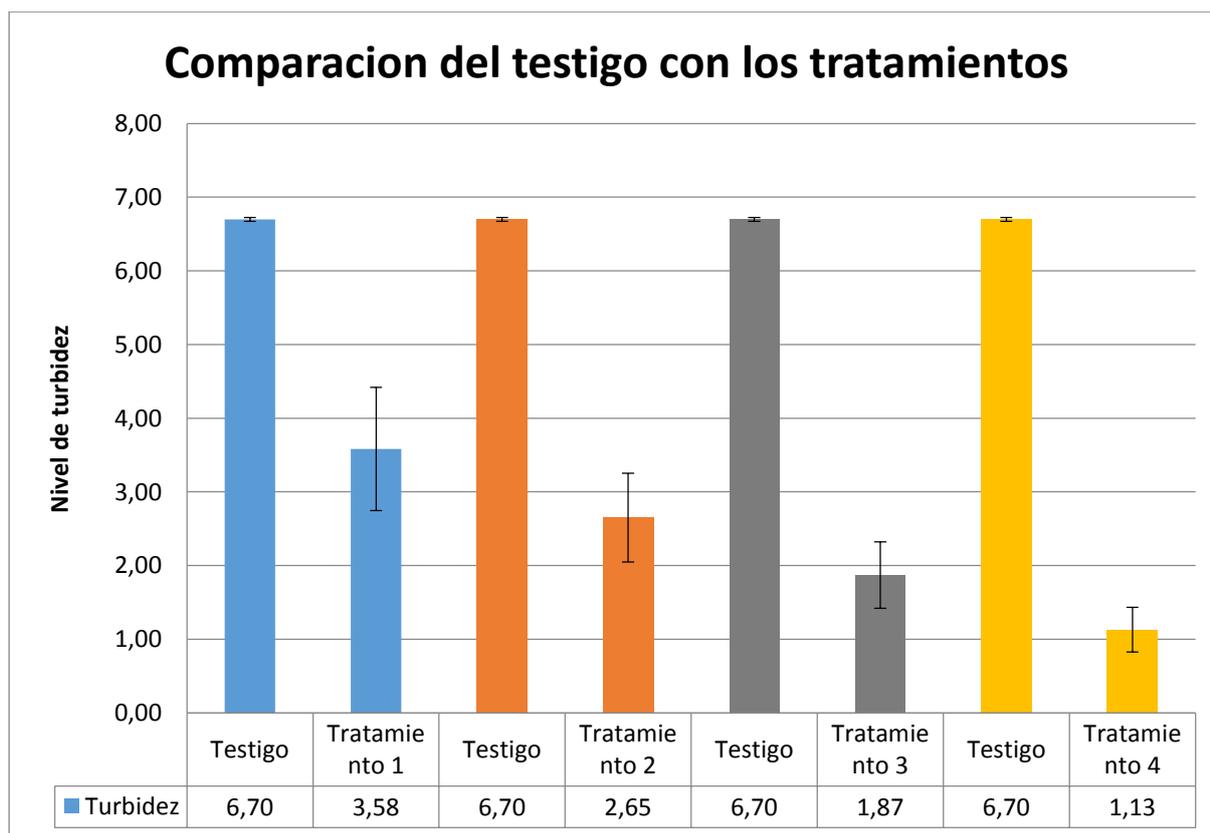
Tratamiento	Media	Nº	Desviación estándar	Error estandar
Testigo	6,70	6	0,06325	0,026
Tratamiento 1	3,58	6	2,04955	0,837
Testigo	6,70	6	0,06325	0,026
Tratamiento 2	2,65	6	1,47567	0,602
Testigo	6,70	6	0,06325	0,026
Tratamiento 3	1,87	6	1,10480	0,451
Testigo	6,70	6	0,06325	0,026

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Tratamiento 4	1,13	6	0,74092	0,302
---------------	------	---	---------	-------

Fuente: Elaboración autor

Figura 6. Comparación del testigo con los 4 tratamientos



Por último se escogió el mejor tratamiento que con ayuda del acondicionador de pH disminuye la turbiedad y por ende el color tanto aparente como real.

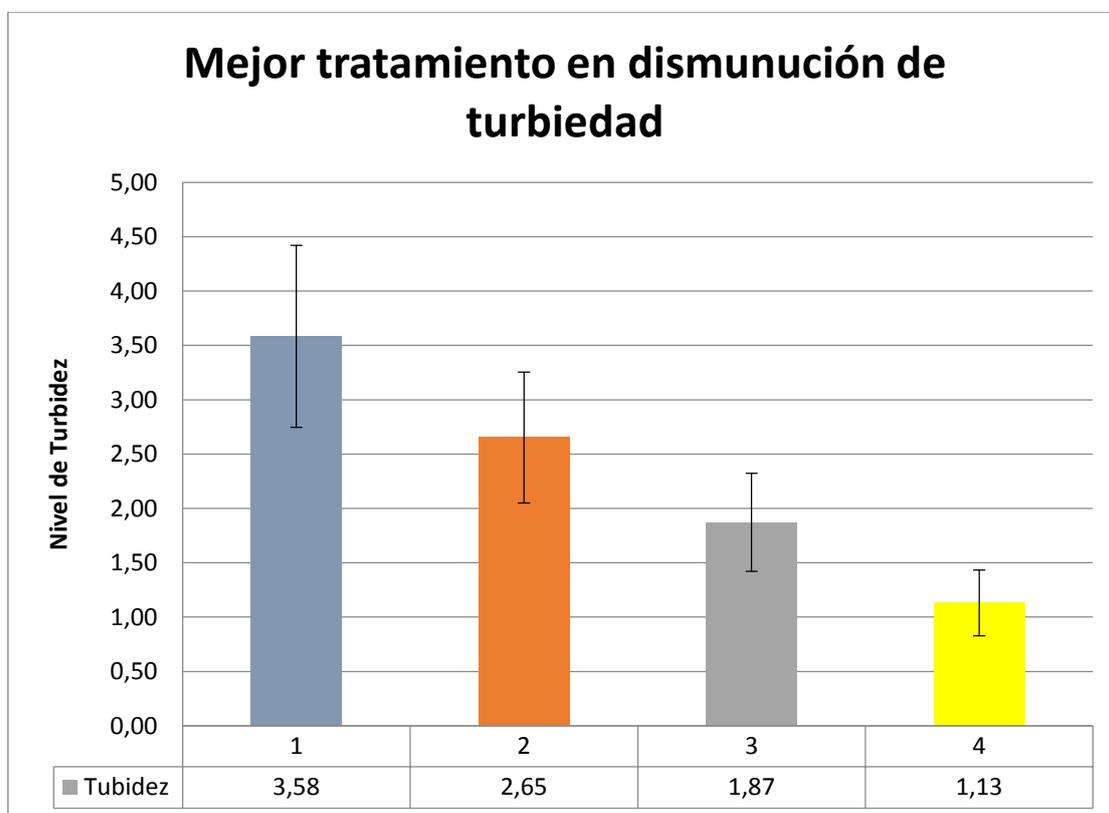
Tabla 6. Disminución de turbiedad

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Tratamientos	Media	Nº	Desviación estándar	Error estandar
Tratamiento 1	3,58	6	2,04955	,837
Tratamiento 2	2,65	6	1,47567	,602
Tratamiento 3	1,87	6	1,10480	,451
Tratamiento 4	1,13	6	,74092	,302

Fuente: Elaboración autor

Figura 7. Disminución de turbiedad



## DISCUSION

La caracterización realizada al agua cruda y al agua potabilizada de la planta de tratamiento Loma de Alcoceres del cantón Latacunga, se encuentran expresados en la tabla 2,

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

en donde se indica los parámetros físicos: Color aparente y real, turbiedad y conductividad, químicos: pH, alcalinidad, calcio, dureza, nitratos, magnesio y microbiológicos: Coliformes fecales, dichos parámetros fueron comparados con la Norma INEN 1108-2014, la cual establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano, en esta comparación se pudo constatar que los parámetros de color aparente, color real y turbidez ingresan a la planta con valores fuera de norma 50, 50 y 6.8 respectivamente, los mismos que al recibir el tratamiento de estabilización del agua reducen sus valores considerablemente sin embargo la turbidez se encuentra fuera de rango con un valor de 5.4 Co-Pt. Según (BVSDE, 2016., Características-Agua) al tener una turbiedad alta el proceso de sedimentación no es el adecuado ya que no está capturando los sólidos suspendidos de manera eficaz, además de que no permite el paso de la luz lo que conlleva a que se presente un color amarillento en el agua.

De la misma manera, en los gráficos 2,3,4 se puede observar, la comparación de la Norma INEN 1108 – 2014 con el agua cruda y agua tratada en donde es evidente que las mismas se encuentran fuera de norma.

La turbiedad mide el nivel de transmitancia de luz en el agua, y sirve como una medida de la calidad del agua en relación a materia suspendida coloidal y residual, por lo que según (Trujillo et al., 2014), no existe relación entre turbidez y concentración de sólidos suspendidos, sino más bien, la turbiedad varía de acuerdo a la fuente de luz, el método de medición y las propiedades de absorción de luz del material suspendido. En la tabla 1 se encuentra detallado el parámetro, unidad y método aplicado para la medición, en el caso de la turbiedad el método utilizado fue, Sthandard Metods Ed 21, 2130 B.

La turbiedad, el color y el olor, afecta a la estética del agua, de tal manera que la hacen inaceptable para el consumo humano, como es el caso del agua que ingresa a la planta de tratamiento Loma de Alcoceres, la cual presenta un color amarillento. La captación del

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

líquido vital se la realiza desde la Laguna de Salayambo, lo que la convierte en una agua dulce superficial, mismas que se caracterizan por tener valores intermedios de dureza (calcio y magnesio), alcalinidad y contenido mineral total (Snoeyink, & Jenkins, 2000), lo que corrobora con la caracterización realizada, puesto que estos parámetros cumplen la Norma vigente, teniendo valores relativamente bajos que permiten tener una buena calidad de agua. Como lo cita (Spellman & Drinan 2004) el color amarillento o marrón indica oxidación del hierro; otros contaminantes pueden causar colores como verde o azul, lo que causa que la turbidez cambie.

Según (Montoya et al, 2011), la turbiedad ha sido relacionada al riesgo microbiológico potencial en el agua de consumo humano, ya que Nieminski y Ongerth (1995), encontraron remociones de 3,4 log para Giardia y 2,9 log para Cryptosporidium en una planta a escala piloto cuando la turbiedad del agua tratada se redujo hasta 0,1-0,2 UNT, en el caso de la planta de tratamiento Loma de Alcoceres, no se reportó presencia de coliformes fecales, ni en el agua cruda ni en el agua tratada, lo que indica que la calidad de agua en el aspecto microbiológico es buena.

Dependiendo de las características físico – químicas del agua cruda, se requiere adición o no adición de acondicionador de pH, la cual debe ser seleccionada por su fácil manejo, solubilidad completa y costos bajos. Es así que para la investigación se escogió el hidróxido de sodio a una concentración de 25% según los cálculos realizados con la ecuación 1 (Cogollo, 2010).

Debido a que la calidad de agua que ingresa a la planta de tratamiento es relativamente buena, se utiliza sulfato de aluminio como coagulante, sin utilizar ningún otro químico adicional, debido a esto se obtiene un agua con color amarillento, a pesar de haber recibido el proceso de purificación. Según (Cogollo, 2010), en la actualidad existe una nueva generación

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

de coagulantes inorgánicos prepolimerizados, incluyendo policloruros de aluminio (PAC's), clorhidrato de aluminio (ACH) y polisulfatos de aluminio (PAS), los cuales han mostrado mejor desempeño que los coagulantes convencionales como el sulfato de aluminio (alumbre) o cloruro férrico, por lo que estos productos sería una alternativa viable para el tratamiento de agua para consumo humano, en el cantón Latacunga. Sin embargo con la investigación realizada se pudo determinar que el pH afecta significativamente a la coagulación y sedimentación, siendo el pH óptimo para los procesos de tratamiento de 6.5 – 8.5, los cuales hacen que el agua sea recomendable para el consumo humano.

El pH es un factor importante para la determinación de la calidad de agua, es así que si no está dentro del intervalo adecuado, la clarificación es pobre y puede solubilizar el aluminio, ocasionando problemas de altas variaciones en los valores de turbiedad, alcalinidad, dureza y aluminio residual del agua clarificada (Cogollo, 2010), es por ello que por medio de la prueba de jarras se pudo determinar la cantidad adecuada de coagulante y acondicionador pH, para obtener un agua tratada de calidad, con valores bajos de turbiedad y color.

Para la determinación de los valores óptimos de coagulante y acondicionador de pH, se realizó 4 tratamientos con dosificaciones de 6 ml, 8 ml, 10 ml, 12 ml de sulfato de aluminio y 3.5 ml, 4.5 ml, 5.5 ml, 6.5 ml de hidróxido de sodio, con tres repeticiones cada uno, una vez por mes (mayo, junio, julio) en donde se analizó el tiempo de sedimentación, las revoluciones por minuto, pH con y sin acondicionador, sólidos totales disueltos, color, turbiedad y alcalinidad (Anexo C), en donde se pudo verificar que el tiempo de sedimentación en todos los tratamientos, fue de 3 horas al igual que las rpm de 450; el pH sin acondicionador fue de 4.01 - 4.17, lo que determina que el agua no es apta para consumo por encontrarse fuera de los rangos permisibles emitidos por la normativa vigente. De la misma manera se pudo observar que el pH con acondicionador, mejora sustancialmente los valores en cada uno de los

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

tratamientos, siendo el rango de 6 a 8, lo cual determina que el agua puede ser destinada para consumo humano.

Los sólidos disueltos en los tratamientos 3 y 4 disminuyen notablemente, al igual que la turbiedad lo que indican que la dosificación correcta para disminución de turbiedad y color se encuentra entre estos tratamientos.

El color en todos los tratamientos reporte una cifra de 0 según el método de análisis Standard Methods Ed 21, APHA-2120-C, expresado en la tabla 1.

### **Análisis Estadístico.**

Para la determinación de la significancia entre los cuatro tratamientos fue necesario establecer la normalidad mediante el test de Shapiro - Wilk, con el 5% de significancia, debido a que, a los datos de la investigación son menores a 50, mediante este análisis de normalidad se pudo determinar que los datos de testigo, tratamiento 1, tratamiento 2, y tratamiento 3 provienen de una distribución normal, mientras que a diferencia del tratamiento 4 que tiene una distribución no – normal, como se puede identificar en la tabla 3 en donde se encuentran detallados los grados de libertad (6) , estadístico y la significancia. El comportamiento del tratamiento 4 se puede relacionar a que el número de repeticiones y el tiempo de investigación no fueron suficientes para que este tenga una desviación normal, necesitando que las repeticiones sean en un número de 4 al igual que 4 meses de investigación.

Según los resultados obtenidos con la prueba de Shapiro – Wilk, la hipótesis nula, planteada para el desarrollo estadístico, es rechazada debido a que si existe diferencia de medias significativas entre los tratamientos y testigo.

Al determinar y comprobar que existe una desviación normal entre tratamientos fue necesario calcular la significancia entre el testigo y los 4 tratamientos con un intervalo de

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

confianza del 95% y grados de libertad de 5 tabla 4, en donde se pudo identificar que existen diferencias significativas en las medias de turbidez de los 4 tratamientos antes y después de los análisis. Por lo cual se concluye que los tratamientos 1,2,3 y 4 si tienen efectos significativos sobre el testigo de prueba.

De la misma manera con ayuda del Test de t de student tabla 5, se comparó la turbiedad del agua en cada tratamiento con el testigo de prueba generando los siguientes resultados.

Testigo 6,7 turbidez con el tratamiento 1, bajo a 3,58 de turbidez

Testigo 6,7 turbidez con el tratamiento 2, bajo 2,65 de turbidez

Testigo 6,7 Turbidez con el tratamiento 3, bajo 1,87 de turbidez

Testigo 6,7 turbidez con el tratamiento 4, bajo a 1,13 de turbidez.

Finalmente en la figura 7 se demuestran los tratamientos con sus errores estándar, en donde se observa que todos los tratamiento resultaron ser aptos para reducir la turbidez del agua.

El tratamiento más efectivo fue el 3 con la dosis D: 10ml y V: 5,5ml, que redujo la turbidez del agua a 1,87. No se consideró el resultado del tratamiento 4 con la dosis D: 12ml y V: 6,5ml, debido a que este presento en el test de normalidad datos no normales de tal manera se propone que para ese tratamiento se agregue una repetición mas o se aumente el tiempo a 4 meses.

### **CONCLUSIONES**

Se consiguió diagnosticar la situación actual a la entrada y salida de la planta de tratamiento Loma de Alcoceres con base a análisis fisicoquímicos y microbiológicos para compararlos con las normas INEN 1108-2014, los mismos que dieron como resultado que los

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

parámetros de color real, color aparente y turbiedad se encuentran fuera de norma, mientras que los parámetros microbiológicos no cuentan con presencia de coliformes fecales.

Se analizó los resultados fisicoquímicos, que se encuentran fuera de la norma INEN 1108-2014 para implementar medidas correctivas, cuyos resultados se obtuvieron a nivel de laboratorio y se ejecutaron tratamientos, para determinar la cantidad de sulfato de aluminio y sosa cáustica que se debe adicionar, para su posterior comparación con los testigos y la Norma INEN 1108-2014.

Mediante la prueba de normalidad Shapiro – Wilk con el 5% de significancia, se pudo determinar, que los datos de testigo, tratamiento 1, tratamiento 2, y tratamiento 3 provienen de una distribución normal, mientras que a diferencia del tratamiento 4 que tiene una distribución no – normal, a lo que se puede deber que se necesitó una repetición más y un mes más de investigación para que los datos entren en el rango de normalidad.

Al finalizar el estudio se Plantea una alternativa para la planta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres, para mejorar la calidad de agua de consumo, las mismas que consisten en mejorar los laboratorio de la planta de tratamiento y la implementación de, pruebas de jarra, pruebas de pH entre otras que son indispensables para obtener una agua apta para el consumo humano.

En la actualidad en el mercado se expende reactivos químicos para diversos tratamientos de aguas, existen muchos tipos de coagulantes convencionales que se han venido utilizando tradicionalmente para la desestabilización de las partículas y que han mostrado ser efectivos en este propósito. Sin embargo, las exigencias crecientes en cuanto a especificaciones de calidad del agua tratada y de optimización técnica y financiera de los procesos de tratamiento de aguas han hecho que se vea cuestionada la eficiencia de dichos

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

coagulantes y se considere su remplazo por una nueva generación de coagulantes alternativos, como los policloruros de aluminio (PAC's), clorhidrato de aluminio (ACH) y polisulfatos de aluminio (PAS), los cuales han mostrado mejor desempeño que los coagulantes convencionales como el sulfato de aluminio (alumbre) o cloruro férrico.

Se ha llegado a plantear una propuesta para la eliminación de turbiedad y coloración del agua de la planta de tratamiento Loma de Alcoceres de la ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi para que sea apta para el consumo humano, la misma que consiste en implementar procesos físico - químicos para controlar estos factores mediante la utilización de sulfato de aluminio como coagulante y acondicionador de pH hidróxido de sodio, para disminuir la turbiedad y la coloración del agua tratada que es distribuida a la población, esta propuesta se lo realiza con base a los análisis estadísticos de la prueba T Student, la cual nos arroja como resultado que el tratamiento 3 con una dosificación D: 10ml y V: 5,5ml, redujo la turbiedad del agua a 1,87.

Asimismo, una vez implementado el proceso de clarificación con el coagulante seleccionado, la variabilidad de las características fisicoquímicas del agua cruda entrante a la planta de tratamiento condiciona que la dosificación de dicho coagulante sea de naturaleza dinámica requiriendo de la realización periódica y permanente de pruebas de jarras para mantener actualizadas las dosis a aplicar con el fin de garantizar un buen desempeño del proceso de clarificación

### **BIBLIOGRAFIA**

APHA. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater 21 sted*. Washington: American Public Health Association.

# “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

- Aramendia, A. &. (2005). *Control de la Calidad de agua procesos fisicoquímicos*. Barcelona: Reverté S.A.
- Baird, C., & Cann, M.,. (2012). *Química Ambiental* . Barcelona: REVERTÉ
- Castro, J. (2011). Diseño de una propuesta de tratamiento y purificación del agua de consumo humano en el centro de experimentación y producción de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- Cogollo, J. (2011). CLARIFICACIÓN DE AGUAS USANDO COAGULANTES POLIMERIZADOS: CASO DEL HIDROXICLORURO DE ALUMINIO. *DYNA*,  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/39133>.
- Córdoba. (2002). Calidad de aguas y su relación con los actuales de suelo en la subcuenca del río Jucuapa. Matagalpa, Nicaragua.
- DIMAPAL. (2018). *Informes anuales de funcionamiento de la palanta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres*. Latacunga.
- EPA. (2007). *Guidelines Establishing Test Procedures for the Analysis of Pollutants Under the Clean Water*. New York.
- Imanhan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental* . Mexico: Trillas.
- Jiménez, C. &. (2006). Contaminación frecuente de aguas en el Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador: Corporacion Nacional.
- Latacunga, M. d. (2016). *Plan de Ordenamiento Territorial del canton Latacunga*. Latacunga.
- Marrón, C. (2010). *Manual de administración, operación y mantenimiento de agua potable*. Buenos Aires.
- Normalización, I. E. (2014). Norma INEN 1108 -2014. Quito.
- P, D. N. (06 de 05 de 2018). *Frequently asked questions block*. Obtenido de <http://mhikari.com/es/es2015/es1-2015/boahES1-4-2015.pdf>
- Pascuali, R. (2003). *Química Ambiental*. Buenos Aires: AKADA.
- Perez, R. (1988). *El agua*. Bogotá : Escala.

## “PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Prieto, C. (2004). *El agua sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños y conservación*. Bogota, Colombia: Ecoe.

R Raiswell, P. B. (1983). *Química Ambiental*. Barcelona: Omega S. A.

R, P. (2003). *Química Ambiental*. Buenos Aires: AKADIA.

Roble, R. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. Barcelona.

Robles, R. B. (2010). *Tratamiento de agua y depuración*. Mexico: Díaz de Santo.

Rodier. (1999). *Análisis de las aguas*. Barcelona: Omega.

SEMPLADES. (2016). QUITO.

Sourirajan, S. L. (2010). Tratamiento de aguas residuales. *UCLA*,  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5004/dwt.2010.1762%20->.

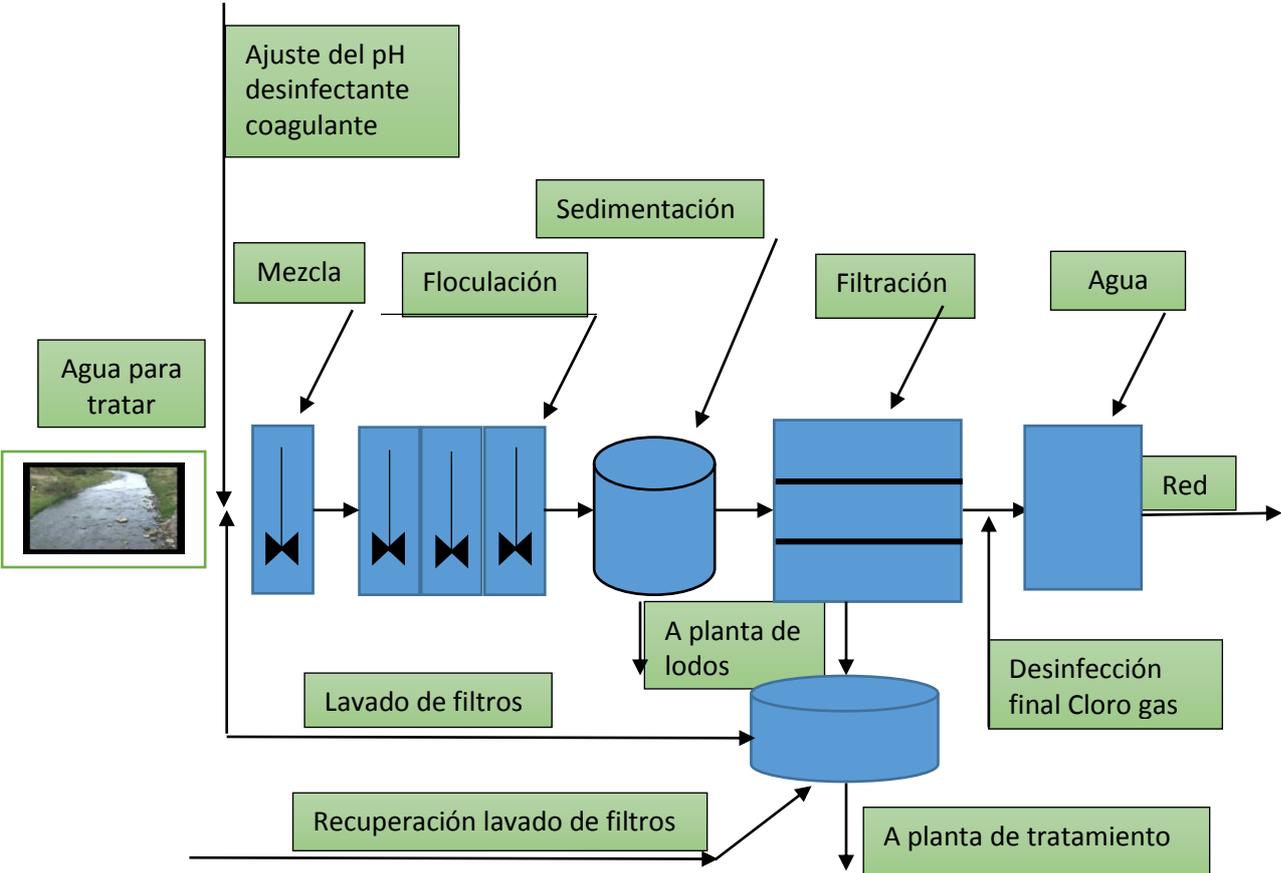
Spellman, F., & Drinan, J., . (2004). *Manual del Agua Potable*. Zaragoza: ACRIBIA

Trujillo, D., Duque, L. F., Arcila, J. S., Rincón\*, A., & Pacheco, S. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante . *ION*, [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-100X2014000100003&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-100X2014000100003&script=sci_arttext&tlng=pt).

Vladimir Snoeyink, D. J. (2000). *Química del agua*. México: Limusa S.A.

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

ANEXO A. Esquema de planta de tratamiento Loma de Alcoceres



“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**FOTOGRAFÍAS**

**Fotografía 1:** Tanque dosificador de Sulfato de Aluminio



**Fotografía 2:** Tanque de quietamiento



“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”



**Fotografía 3:** Dosificación de coagulante



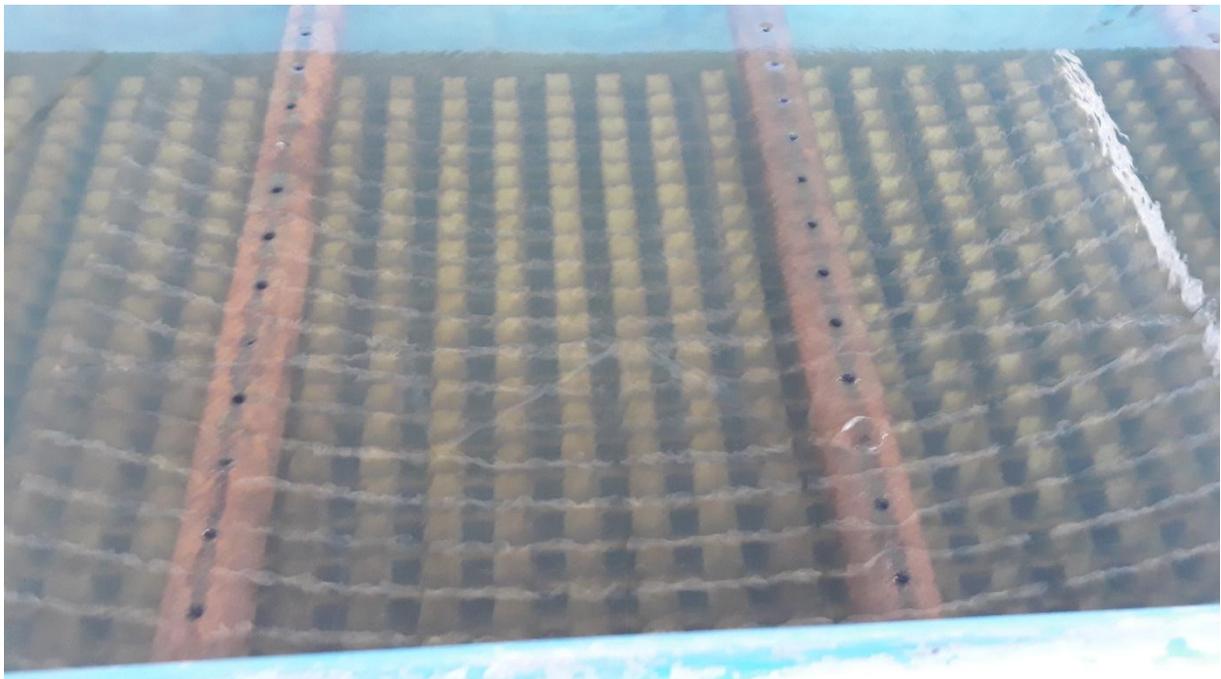
“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**Fotografía 4:** Módulos de floculación



“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**Fotografía 5:** Módulos de floculación



**“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

**Fotografía 6:** Cuarto de válvulas



**Fotografía 7:** Módulo de filtración



“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**Fotografía 9:** Tanques de cloro gas



**Fotografía 10:** Tanque de cloración



“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Fotografía 11: Tanque de distribución



“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Fotografía 12: Comparación de agua cruda y agua tratada



Agua Cruda

Agua Tratada

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

ANEXO B. Norma INEN 1108-2014. TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: <sup>210</sup> Po, <sup>224</sup> Ra, <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>239</sup> Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: <sup>60</sup> Co, <sup>89</sup> Sr, <sup>90</sup> Sr, <sup>129</sup> I, <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>210</sup> Pb, <sup>226</sup> Ra		

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**AEXO C:** Caracterización y tratamientos de agua cruda y tratada

		Tratamiento1			Tratamiento2			Tratamiento 3			Tratamiento 4		
Parámetros		D: 6 ml V: 3,5 ml			D: 8 ml V: 4,5ml			Tratamiento3 D:10 ml V:5,5ml			Tratamiento 4 D:12 ml V:6,5ml		
		D1V1	D2V1	D3V1	D1V2	D2V2	D3V2	D1V3	D2V3	D3V3	D1V3	D2V3	D3V3
Mes 1	Tiempo de sedimentación ( h )	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	RPM	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
	pH sin acondicionador	4,08	4,09	4,17	4,08	4,09	4,17	4,08	4,09	4,17	4,08	4,09	4,17
	pH con acondicionador	5,49	4,41	4,5	6,05	4,65	4,4	8,16	6,22	4,64	9,01	7,21	6,45
	Sólidos totales disueltos	58	54	47	35	27	29	28	25	27	25	27	27
	color	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Turbiedad NTU	5,6	4,3	2,2	4,5	3,2	0,9	3,4	1,84	0,7	2	0,84	0,6
	Alcalinidad mg/l	39,2	41,1	39,2	58,8	60,76	60,7	62,72	60,76	62,72	65,72	60,78	63,5
			Tratamiento1			Tratamiento2			Tratamiento 3			Tratamiento 4	
Parámetros		Tratamiento1 D: 6 ml V: 3,5 ml			Tratamiento2 D: 8 ml V: 4,5ml			Tratamiento3 D:10 ml V:5,5ml			Tratamiento4 D:12 ml V:6,5ml		
		D1V1	D2V1	D3V1	D1V2	D2V2	D3V2	D1V3	D2V3	D3V3	D1V3	D2V3	D3V3
Mes 2	Tiempo de sedimentación ( h )	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	RPM	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
	pH sin acondicionador	4,27	4,16	4,02	4,27	4,16	4,02	4,27	4,16	4,02	4,27	4,16	4,02
	pH con	5,54	4,64	4,74	6,24	4,72	5,01	8,25	6,34	4,75	8,94	7,45	6,6

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

	acondicionador													
	Sólidos totales disueltos	64	56	44	38	26	29	27	24	27	25	25	26	
	color	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Turbiedad NTU	5,9	3,9	3	4	3,5	1,1	2,8	0,98	0,8	2,34	0,75	0,62	
	Alcalinidad mg/l	43,12	47,04	45,08	62,72	58,8	60,76	66,64	68,6	66,64	67,1	66,8	68	
		<b>Tratamiento1</b>			<b>Tratamiento2</b>			<b>Tratamiento 3</b>			<b>Tratamiento 4</b>			
	Parámetros	D: 6 ml V: 3,5 ml			D: 8 ml V: 4,5ml			Tratamiento3 D:10 ml V:5,5ml			Tratamiento4 D:12 ml V:6,5ml			
		D1V1	D2V1	D3V1	D1V2	D2V2	D3V2	D1V3	D2V3	D3V3	D1V3	D2V3	D3V3	
Mes 3	Tiempo de sedimentación ( h )	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	RPM	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	
	pH sin acondicionador	4,01	4,1	4,1	4,08	4,09	4,17	4,08	4,09	4,17	4,08	4,09	4,17	
	pH con acondicionador	5,36	4,65	4,54	6,1	4,75	4,5	8,24	6,45	4,78	9,01	7,36	6,87	
	Sólidos totales disueltos	49	54	36	47	35	34	29	25	25	24	26	24	
	Color	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Turbiedad NTU	4,9	2,85	0,65	3,79	2,54	0,98	2,75	1,94	0,6	2,15	0,64	0,54	
	Alcalinidad mg/l	41,1	45	45	64,68	62,72	60,76	68,6	68,6	66,64	69,9	70,1	72,4	
D : dosis de coagulante Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 8 % V: volumen de acondicionador de pH (NaOH al 25%)														

“PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE  
ALCOCERES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”