



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE
DE LA PLANTA POTABILIZADORA DEL CANTÓN CHORDELEG”**

**Trabajo previo a la obtención del
Título de Bioquímicas Farmacéuticas**

AUTORAS:

JENNY MARIELA QUINTUÑA TENE
MAYRA CONCEPCION SAMANIEGO GOMEZCOELLO

TUTORA:

DRA. SILVANA PATRICIA DONOSO MOSCOSO

ASESOR:

DR. SEGUNDO CHICA VERA

CUENCA – ECUADOR

2016.



RESUMEN

El agua es un recurso indispensable para la vida; por tal motivo, su sistema de tratamiento debe ser evaluado y controlado periódicamente, para garantizar su calidad para el consumo humano.

El objetivo principal del presente estudio fue evaluar mediante un estudio físico-químico y microbiológico el Sistema de Calidad y Tratamiento del Agua que se efectúa en la Planta Potabilizadora del cantón Chordeleg.

Se realizó un estudio no experimental, de campo, descriptivo y de corte no longitudinal.

Para el análisis físico-químico se evaluaron 176 muestras en las 8 semanas, realizando 1 muestreo al día. En cada muestreo se realizó el análisis de 11 muestras que corresponden: 2 muestra de agua cruda, 2 muestras de agua pre-filtrada, 6 muestras de agua filtrada y 1 muestra de agua tratada realizándose un total de 22 muestras a la semana, en los cuales se determinó los parámetros físico-químicos: temperatura, sólidos totales disueltos, turbiedad y color, pH, dureza, alcalinidad, hierro, sulfato, nitritos, nitratos y cloro libre residual; parámetros microbiológicos: Coliformes totales y fecales.

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, mediante el análisis estadístico demostraron que los parámetros fisicoquímicos cumplen con lo establecido en la norma INEN 1108-2014, mientras que en los parámetros microbiológicos se estableció que los *Coliformes fecales* se encuentran dentro del rango establecido por la norma INEN 1108-2014 y los *Coliformes totales* fuera de lo establecido por la OMS (ausencia).

Palabras claves: Chordeleg, Agua, Potabilización, Sedimentación, Coliformes fecales y totales, INEN 1108-2014.



ABSTRACT

Water is an indispensable resource for life; for this reason, your treatment system must be evaluated and controlled periodically, to ensure their quality for human consumption.

The main objective of the present study was to assess through a physico-chemical and microbiological quality and system water treatment which is done on the water treatment plant of Chordeleg canton.

We conducted a non-experimental study, field, descriptive and not slitting.

For physical-chemical analysis 176 samples were evaluated in 8 weeks, doing 1 sampling day. In each sampling was carried out 11 samples which correspond: 2 sample of raw water, 2 pre-filtrada water samples, 6 samples of water filtered and 1 sample of treated water to performing a total of 22 samples a week, which determined the physico-chemical parameters: temperature, total dissolved solids, turbidity and colour, pH, hardness, alkalinity, iron, sulphate, nitrites, nitrates and residual free chlorine; microbiological parameters: total and faecal coliforms.

The results obtained in tests, using statistical analysis showed that physicochemical parameters conform to the standard INEN 1108-2014, while microbiological parameters established for total coliforms found outside the established range, whereas fecal coliforms are within the range established by the INEN 1108-2014 standard and total coliforms outside established by WHO (absence) .

Key words: water, drinking water, sedimentation, fecal and total coliforms, Chordeleg, INEN 1108-2014.



INDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
Cláusula de derechos de autor.....	9
Cláusula de derechos de autor.....	10
Cláusula de propiedad intelectual.....	11
Cláusula de propiedad intelectual.....	12
DEDICATORIA	13
DEDICATORIA	14
AGRADECIMIENTO	15
OBJETIVOS	16
1. Objetivo General	16
2. Objetivos Específicos.....	16
HIPÓTESIS:.....	16
INTRODUCCIÓN	17
1. Marco teórico.....	18
1.1. Generalidades del Agua.	18
1.2. Concepto	18
1.2.1. Agua.....	18
1.2.2. Agua Potable.....	18
1.3. Composición y estructura del agua.....	19
1.4. Propiedades físico-químicas.....	20
1.4.1. Densidad.....	21
1.4.2. Disolvente.....	21
1.4.3. Polaridad	22
1.4.4. Cohesión.....	22
1.4.5. Adhesión.....	22
1.4.6. Capilaridad.....	22
1.4.7. Tensión superficial.....	22



1.4.8.	Calor específico	23
1.4.9.	Temperatura de fusión y evaporación	23
1.4.10.	Conductividad.....	23
1.5.	Propiedades biológicas.....	23
1.6.	Calidad del agua	24
1.7.	Parámetros de control.....	24
1.8.	Parámetros físicos del agua.....	25
1.8.1.	Turbidez.....	25
1.8.2.	Temperatura.....	25
1.8.3.	Sólidos disueltos totales.....	25
1.8.4.	Color.....	25
1.8.5.	Olor y sabor.....	26
1.9.	Parámetros químicos del agua.....	26
1.9.1.	Potencial de hidrogeno.....	26
1.9.2.	Dureza.....	27
1.9.3.	Alcalinidad.....	27
1.9.4.	Hierro.....	28
1.9.5.	Nitritos (NO ₂) y nitratos (NO ₃).....	28
1.9.6.	Sulfatos.....	29
1.10.	Parámetros microbiológicos:	29
1.10.1.	Coliformes totales.....	30
1.10.2.	Coliformes fecales.....	30
1.11.	PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	30
1.12.	PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA	32
1.12.2.1.	Entrada o Captación del Agua cruda	33
1.12.2.2.	Conducción:.....	33



1.12.2.3.	Coagulación-Floculación:.....	33
1.12.2.4.	Sedimentación.....	34
1.12.2.5.	Filtración.....	35
1.12.2.6.	Desinfección - Cloración.....	35
1.12.2.7.	Almacenamiento	36
CAPITULO 2	37
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
2.1.	Tipo de estudio, diseño de investigación, análisis estadístico	37
2.2.	Población de estudio.....	37
2.3.	Muestreo.....	38
2.4.	Toma de muestras.....	41
2.5.	Materiales	42
2.6.	Análisis físico – químico del agua:.....	43
2.6.1	Análisis físico.....	43
2.6.1.1	Determinación de turbidez	43
2.6.1.2	Determinación de sólidos disueltos totales.....	43
2.6.1.3	Determinación de color:.....	44
2.6.1.4	Determinación de la temperatura:	44
2.6.2	Análisis químico.....	44
2.6.2.1	Determinación de pH	44
2.6.2.2	Determinación de dureza total: Método titulométrico con EDTA.....	44
2.6.2.3	Determinación de dureza cálcica: Método titulométrico con EDTA.....	45
2.6.2.4	Determinación de alcalinidad: Método de titulación.	45
2.6.2.5	Determinación de hierro.....	46
2.6.2.6	Determinación de Nitratos.....	46
2.6.2.7	Determinación de Nitritos.....	47
2.6.2.8	Determinación de Sulfatos.....	48
2.6.2.9	Determinación de Cloro libre residual	49



2.7 Análisis microbiológico.....	49
CAPÍTULO 3.	51
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:.....	51
3.1. RESULTADOS DEL pH: (Anexo D)	51
3.2. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE LA TEMPERATURA: (Anexo D).....	54
3.3. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DEL COLOR: (Anexo D).....	56
3.1. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE TURBIEDAD: (Anexo D)	58
3.2. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS: (Anexo D) .	60
3.3. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE LA DUREZA TOTAL: (Anexo D).....	62
3.4. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE DUREZA CÁLCICA: (Anexo D).....	64
3.5. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE DUREZA MAGNÉSICA: (Anexo D)	66
3.6. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE LA ALCALINIDAD: (Anexo D).....	68
3.7. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DEL HIERRO: (Anexo D)	70
3.8. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE SULFATOS: (Anexo D).....	72
3.9. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE NITRITOS: (Anexo D)	74
3.10. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE NITRATOS: (Anexo D)	76
3.11. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE CLORO LIBRE: (Anexo D)	78
3.12. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE COLIFORMES TOTALES: (Anexo D)	80
3.13. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE COLIFORMES FECALES: (Anexo D).....	82
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES:	85
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ABREVIATURAS:.....	89
GLOSARIO:	90
ANEXOS:	91
ANEXO A: PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS FÍSICOS	91
DETERMINACIÓN DE TURBIDEZ	91
DETERMINACIÓN DE COLOR	92
DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA.....	92



ANEXO B: PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS QUÍMICO.....	92
DETERMINACIÓN DE pH.....	93
DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL: MÉTODO TITULOMÉTRICO CON EDTA.	93
DETERMINACIÓN DE DUREZA CÁLCICA: MÉTODO TITULOMÉTRICO CON EDTA.....	94
DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD: MÉTODO DE TITULACIÓN.....	94
DETERMINACIÓN DE HIERRO	95
DETERMINACIÓN DE NITRATOS	96
DETERMINACIÓN DE NITRITOS	97
DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL	99
ANEXO C: PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	99
ANEXO D. CUADRO DE DATOS	101
ANEXO E. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1108-2014	123
ANEXO F. CERTIFICADO DE LA PARTE PRÁCTICA.....	131
ANEXO H. FOTOGRAFÍAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CHORDELEG.	133
ANEXO I. FOTOGRAFÍAS DE EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS, UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.....	136



Jenny Mariela Quintuña Tene, autora de la tesis "EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DE LA PLANTA POTABILIZADORA DEL CANTÓN CHORDELEG" reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímica Farmacéutica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, 20 de abril del 2016

Jenny Mariela Quintuña Tene

C.I: 0105612923



Mayra Concepción Samaniego Gomezcoello, autora de la tesis "EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DE LA PLANTA POTABILIZADORA DEL CANTÓN CHORDELEG" reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímica Farmacéutica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, 20 de abril del 2016

Mayra Concepción Samaniego Gomezcoello

C.I: 0106419377



Jenny Mariela Quintuña Tene, autora de la tesis "EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DE LA PLANTA POTABILIZADORA DEL CANTÓN CHORDELEG", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 20 de abril del 2016

Jenny Mariela Quintuña Tene

C.I: 0105612923



Mayra Concepción Samaniego Gomezcoello, autor/a de la tesis "EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DE LA PLANTA POTABILIZADORA DEL CANTÓN CHORDELEG", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 20 de abril del 2016

Mayra Concepción Samaniego Gomezcoello

C.I: 0106419377



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DEDICATORIA

A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba.

A mi esposo, quien ha sido el impulso durante toda mi carrera y el pilar principal para la culminación de la misma que con su apoyo constante y amor incondicional ha sido amigo y compañero inseparable.

A mi hijo por ser mi fuente de motivación e inspiración, para quien ningún sacrificio es suficiente, que con su luz ha iluminado mi vida.

A mis hermanos, sobrinos por estar conmigo y apoyarme siempre, y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

Mayra S.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DEDICATORIA

A Dios, mi mayor inspiración para lograr mi meta, por ser mi guía a lo largo de toda mi vida.

A mi ángel, mi madre María, que hasta que Dios le permitió acompañarme me guió y me educó por el camino de la humildad, espiritualidad, sabiduría y perseverancia.

A mi padre, Rodrigo, por su comprensión y apoyo a lo largo de toda mi carrera.

A mis hermanos, Hernán y Mayra, por apoyarme en todo momento y ser ejemplo a seguir.

A mis amig@s que siempre estuvieron incentivándome y levantándome en cada caída.

Jenny Q.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo queremos agradecer primeramente a Dios por bendecirnos para llegar a cumplir este sueño tan anhelado.

A la Universidad de Cuenca por darnos la oportunidad de estudiar y ser una profesional de esta prestigiosa institución.

A nuestra directora de tesis, Dra. Silvana Donoso Moscoso por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia y su motivación ha logrado que podamos terminar nuestros estudios con éxito.

A la Ilustre Municipalidad de Chordeleg, por darnos la oportunidad de realizar nuestra tesis en su Planta Potabilizadora; esperando haber aportado con un estudio representativo.

De igual manera agradecer al Dr. Segundo Chica V., jefe de la Planta de la Junta Administradora de Agua Potable de la Parroquia Baños, quien nos facilitó y nos colaboró de forma incondicional en el desarrollo de la parte técnica y científica de este proyecto.

Jenny Q.

Mayra S.



OBJETIVOS

1. Objetivo General

- ✓ Evaluar mediante un estudio físico-químico y microbiológico el Sistema de Calidad y Tratamiento del Agua que se efectúa en la Planta Potabilizadora del cantón Chordeleg.

2. Objetivos Específicos

- ✓ Realizar el análisis físico-químico mediante parámetros de temperatura, pH, color, turbiedad, sólidos totales disueltos, alcalinidad total, dureza total, dureza cálcica, hierro, sulfatos, nitritos y nitratos, cloro libre residual, basados en la norma INEN 1108 2014 y 1108 2006.
- ✓ Determinar la calidad microbiológica del agua cruda y del agua tratada de la planta potabilizadora mediante la valoración de organismos Coliformes totales y fecales empleando la técnica de filtración por membrana, establecidos en la norma INEN 1108 2014.

HIPÓTESIS:

La calidad del agua de la planta potabilizadora cumple con los requisitos establecidos en la NTE INEN 1108, en cuanto a parámetros físico-químicos y microbiológicos.



INTRODUCCIÓN

El agua es el fundamento de la vida, un recurso crucial para la humanidad y el resto de los seres vivos. Con el crecimiento de las poblaciones y el avance tecnológico e industrial, el agua se contamina cada vez más y no se puede consumir tal como se la encuentra en el ambiente.

Debido a que el mayor impacto sobre la salud pública se da a través de los sistemas de abastecimiento de agua, en el control de la calidad y proceso de potabilización de agua se debe tener en cuenta que, la misma es un importante vehículo de transmisión de enfermedades por contaminación microbiológica producida por patógenos intestinales: bacterias, virus, etc. (Torres & Col, 2009).

La eficacia de una planta de potabilización está asociada con el cumplimiento de los estándares de calidad del agua, para lo cual es necesario que todas las etapas de potabilización cumplan con los parámetros necesarios para eliminar características indeseables, impurezas y agentes patógenos a fin de proporcionar agua segura, agradable y aceptable a los consumidores.

Con la finalidad de garantizar la calidad de agua suministrada a la población del cantón Chordeleg, se evaluó la calidad de agua en las diferentes etapas de potabilización mediante análisis fisicoquímico y microbiológico, y de este modo aportar con posibles soluciones en el caso de presentarse fallas que intervengan en la eficiencia de las operaciones y la calidad de agua.



Capítulo 1.

1. Marco teórico

1.1. Generalidades del Agua.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública. El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen según la Norma NTE INEN 1108: 2014. (López Martínez, Gavidia Catalán, & Rueda Sevilla, 2004)

1.2. Concepto

1.2.1 Agua

Es un líquido incoloro, inodoro e insípido, es el disolvente universal, se solidifica por el frío y se evapora por el calor. Resulta de la combinación de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. (López Martínez, Gavidia Catalán, & Rueda Sevilla, 2004)

El agua es el componente más importante del organismo humano y del mundo en el que vivimos al tener una gran influencia en los procesos químicos que ocurren en la naturaleza cuya influencia no solo se debe a sus propiedades físico-químicas como molécula bipolar, sino también a los constituyentes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en ella.

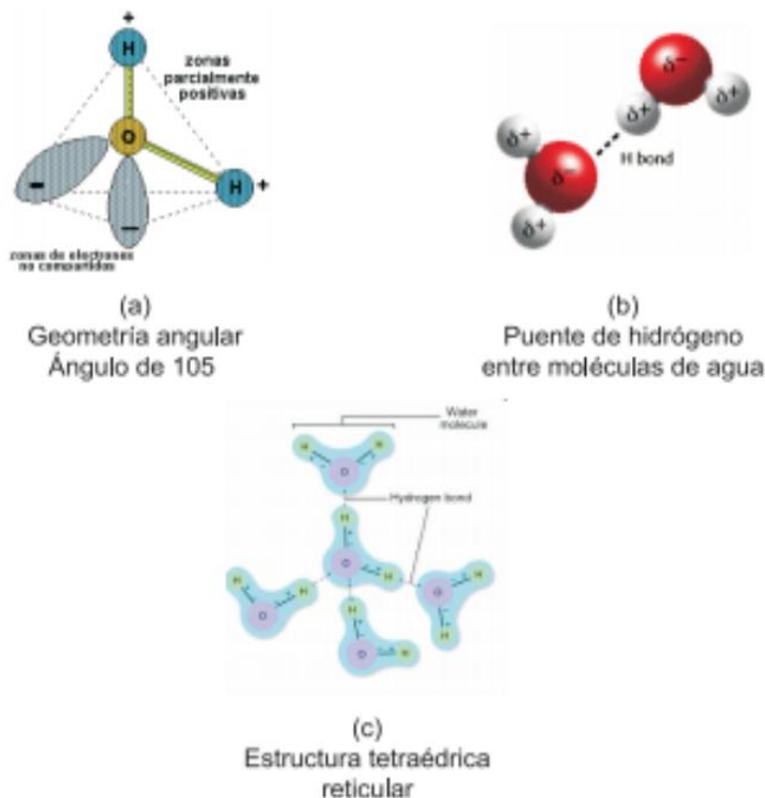
Desde el punto de vista de la salud humana, el agua ayuda a eliminar las sustancias resultantes de los procesos bioquímicos que se desarrollan en el organismo humano a través de los órganos excretores, en especial la orina y el sudor. No obstante, por esta misma propiedad, puede transportar una serie de tóxicos al organismo que pueden afectar a diferentes órganos, de manera reversible o irreversible. (Vargas, 2004)

1.2.2 Agua Potable

Es el agua de consumo directo para beber, cocinar y de uso en alimentación, así como para satisfacer las necesidades de higiene de las personas, que cumple las condiciones indicadas por las Directrices para la calidad de aguas potables de la Organización Mundial de la Salud y la normativa correspondiente establecida por el organismo oficial competente. (Varó Galvañ & Segura Beneyto, 2009)

1.3. Composición y estructura del agua

El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por 2 enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, pues el oxígeno, uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de los hidrógenos la menor (carga positiva). La molécula tiene una geometría angular (los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de unos 105°) (Gráfica. 1) lo que hace de ella una molécula polar que puede unirse a otras muchas sustancias polares. (Carbajal Azcona & González Fernández , Propiedades y funciones biológicas del agua, 2012)



Gráfica 1. Composición y estructura del agua.

Fuente: (Carbajal Azcona & González Fernández, 2012)



La atracción electrostática entre la carga parcial positiva cercana a los átomos de hidrógeno de una molécula de agua y la carga parcial negativa cercana al oxígeno de otra, permite la unión de moléculas de agua vecinas mediante un enlace químico muy especial y de excepcional importancia para la vida y que explica el amplio abanico de sus propiedades físicas y químicas: el puente de hidrógeno. (Gráfica 1). El enlace sólo requiere que el átomo electronegativo (el oxígeno en el caso del agua) que atrae al hidrógeno sea pequeño, posea un par de electrones no enlazantes y una geometría que permita que el hidrógeno haga de puente entre los dos átomos electronegativos. Cada molécula de agua puede potencialmente formar 4 puentes de hidrógeno con otras tantas moléculas de agua dando lugar a una estructura tetraédrica reticular relativamente ordenada, responsable de sus peculiares propiedades físico-químicas (Gráfica 1). Esta atracción es fuerte porque las moléculas de agua, siendo pequeñas, pueden acercarse mucho más que moléculas mayores y quedan firmemente atraídas por su gran polaridad. (Carbajal Azcona & González Fernández, 2012)

1.4. Propiedades físico-químicas

El agua es uno de los elementos más importantes desde el punto de vista físico-químico, hasta tal punto que sus temperaturas de transformación de un estado a otro han sido tomadas como puntos fijos, a pesar de que su punto de congelación y ebullición sean anormales, debido a las asociaciones moleculares. . (Barreneche, 2009)

A temperatura ambiente, el agua pura es inodora, insípida e incolora, aunque adquiere una leve tonalidad azul en grandes volúmenes, debido a la refracción de la luz al atravesarla, ya que absorbe con mayor facilidad las longitudes de onda larga (rojo, amarillo, naranja) que las longitudes de onda corta (azul, violeta), desviando lentamente estas otras, provocando que en grandes cantidades de agua esas ondas cortas se hagan apreciables. . (Barreneche, 2009)

Su importancia reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que suceden en la naturaleza, no solo en organismos vivos sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en la industria tienen lugar entre sustancias disueltas en agua. . (Barreneche, 2009)

Entre las moléculas de agua se establecen enlaces por puentes de hidrógeno debido a la formación de dipolos electrostáticos que se originan al situarse un átomo de hidrógeno entre dos átomos más electronegativos, en este caso de oxígeno. El oxígeno, al ser más electronegativo que el hidrógeno, atrae más los



electrones compartidos en los enlaces covalentes con el hidrógeno, cargándose negativamente, mientras los átomos de hidrógeno se cargan positivamente, estableciéndose así dipolos eléctricos. Los enlaces por puentes de hidrógeno son enlaces por fuerzas de Van der Waals de gran magnitud, aunque son unas 20 veces más débiles que los enlaces covalentes. . (Barreneche, 2009)

Los enlaces por puentes de hidrógeno entre las moléculas del agua pura son responsables de la dilatación del agua al solidificarse, es decir, su disminución de densidad cuando se congela. (Barreneche, 2009)

En estado sólido, las moléculas de agua se ordenan formando tetraedros, situándose en el centro de cada tetraedro un átomo de oxígeno y en los vértices dos átomos de hidrógeno de la misma molécula y otros dos átomos de hidrógeno de otras moléculas que se enlazan electrostáticamente por puentes de hidrógeno con el átomo de oxígeno. (Barreneche, 2009)

1.4.1. Densidad

La densidad del agua líquida es altamente estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión. A presión normal de 1 atmósfera, el agua líquida tiene una mínima densidad a 100 °C, cuyo valor aproximado es 0,958 Kg/l. Mientras baja la temperatura va aumentando la densidad de manera constante hasta llegar a los 3,8 °C donde alcanza una densidad de 1 Kg/l. (Barreneche, 2009)

1.4.2. Disolvente

El agua es un disolvente polar. Como tal, disuelve bien sustancias iónicas y polares; no disuelve apreciablemente sustancias fuertemente apolares, como el azufre en la mayoría de sus formas, y es inmiscible con disolventes apolares, como el hexano.

La propiedad de ser considerada casi el disolvente universal por excelencia se debe a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias que pueden presentar grupos polares, o con carga iónica, como alcoholes, azúcares con grupos R-OH, aminoácidos y proteínas con grupos que presentan cargas + y - , dando lugar a disoluciones moleculares. También las moléculas de agua pueden disolver sustancias salinas que se disocian formando disoluciones iónicas. (Barreneche, 2009)



1.4.3. Polaridad

La molécula de agua es muy polar. Los núcleos de oxígeno son muchos más electronegativos que los de hidrógeno, lo que dota a los dos enlaces de una fuerte polaridad eléctrica, con un exceso de carga negativa del lado del oxígeno, y de carga positiva del lado de los hidrógenos. (Barreneche, 2009)

1.4.4. Cohesión

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

Los puentes de hidrógeno mantienen las moléculas de agua unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible. (Barreneche, 2009)

1.4.5. Adhesión

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

Esta fuerza está en relación con los puentes de hidrógeno que se establecen entre las moléculas de agua y otras moléculas polares y es responsable, junto con la cohesión, del llamado fenómeno de la capilaridad. (Barreneche, 2009)

1.4.6. Capilaridad

El agua cuenta con la propiedad de la capilaridad, que es la propiedad de ascenso, o descenso, de un líquido dentro de un tubo capilar. Esto se debe a sus propiedades de adhesión y cohesión. (Barreneche, 2009)

1.4.7. Tensión superficial

Por su misma propiedad de cohesión, el agua tiene una gran atracción entre las moléculas de su superficie, creando tensión superficial.

La superficie del líquido se comporta como una película capaz de alargarse y al mismo tiempo ofrecer cierta resistencia al intentar romperla; esta propiedad contribuye a que algunos objetos muy ligeros floten en la superficie del agua.

Las gotas de agua son estables también debido a su alta tensión superficial. (Barreneche, 2009)



1.4.8. Calor específico

Esta propiedad está en relación con los puentes de hidrógeno que se crean entre las moléculas de agua. El agua puede absorber grandes cantidades de calor que utiliza para romper los puentes de hidrógeno, por lo que la temperatura se eleva muy lentamente.

El calor específico del agua es de $1 \text{ cal/}^\circ\text{C} \text{ — g}$.

Esta propiedad es fundamental para los seres vivos, ya que gracias a esto, el agua reduce los cambios bruscos de temperatura, siendo un regulador térmico muy bueno. (Barreneche, 2009)

1.12.2. Temperatura de fusión y evaporación

Presenta su punto de ebullición de $100 \text{ }^\circ\text{C}$ a presión de una atmósfera.

El calor latente de evaporación del agua a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ es 540 cal/g .

Tiene un punto de fusión de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a presión de una atmósfera.

El calor latente de fusión del hielo a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ es de 80 cal/g .

Tiene un estado de sobre enfriado líquido a $-25 \text{ }^\circ\text{C}$. (Barreneche, 2009)

1.12.1. Conductividad

La conductividad eléctrica de una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura. (Barreneche, 2009)

1.5. Propiedades biológicas

El agua es excelente disolvente de sustancias y compuestos bipolares. Incluso moléculas biológicas no solubles, como lípidos, forman con el agua, dispersiones coloidales.

Participa como agente químico reactivo en las reacciones de hidratación, hidrólisis y redox.

Permite la difusión, es decir, el movimiento en su interior de partículas sueltas, constituyendo el principal transporte de muchas sustancias nutritivas.



Constituye un excelente termorregulador, permitiendo la vida de organismos "en una amplia variedad de ambientes térmicos.

Interviene en el mantenimiento de la estructura celular.

Proporciona flexibilidad a los tejidos.

Actúa como vehículo de transporte en el interior de un ser vivo y como medio lubricante en sus articulaciones. (Barreneche, 2009)

1.6. Calidad del agua

La calidad del agua hace referencia a las condiciones en las que se encuentra la misma respecto a sus características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. Se considera que el agua es de buena calidad cuando puede ser usada sin causar daño; además de estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y que sean desagradables para el consumo, como el color, el olor, el sabor y turbiedad. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos. (Lenntch, 2006)

1.7. Parámetros de control

El agua es un recurso indispensable para la vida; por tal motivo, su sistema de tratamiento debe ser evaluado y controlado periódicamente, para garantizar su calidad para el consumo humano. La disponibilidad del agua apta para la preparación de alimentos, la higiene personal, doméstica, y la agricultura; es fundamental para garantizar la salud y el bienestar de los seres humanos. Es importante que la disponibilidad y uso de sistemas de abastecimiento de agua potable sean adecuados, así como los medios higiénicos, los cuales constituyen partes integrales de la atención primaria de salud, lo que ayuda a evitar o limitar la propagación de muchas enfermedades infecciosas, tanto en los seres humanos como en animales. (Silva, Ramirez, Alfieri, Rivas, & Sanchez, 2004)

El agua se evaluará en cuanto a su calidad analizando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Es necesario que los ensayos que evalúan dichos parámetros de calidad, deban tener aceptación universal a fin de que sean posibles las comparaciones con los estándares de calidad. (Orellana, 2005).



1.8. Parámetros físicos del agua

Los parámetros físicos más importantes son:

1.8.1 Turbidez:

El agua clara tiene un bajo nivel de turbidez y el agua turbia o lodosa tiene un nivel de turbidez elevado. Los niveles altos pueden ser causados por partículas suspendidas y coloidales en el agua, tales como limo, tierra, sedimento, aguas residuales, plancton y otros organismos microscópicos. (Carlos Alberto Severiche Sierra, 2013)

Es una expresión de la propiedad óptica que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, en lugar de que se transmitan sin alteración a través de una muestra. No debe relacionarse la turbiedad con la concentración en peso de los sólidos en suspensión, pues el tamaño, la forma y el índice de refracción de las partículas, son factores que también afectan la dispersión de la luz. El método nefelométrico se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbiedad. El equipo empleado es un turbidímetro (nefelómetro), el cual ofrece la lectura directa de turbiedad en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). (Carlos Alberto Severiche Sierra, 2013)

1.8.2 Temperatura:

Influyen en la evolución de las demás propiedades físicas, químicas o biológicas. Si la temperatura aumenta, aumentan otras propiedades como la solubilidad de las sales, ocasionando cambios de la conductividad y pH. (Target, 2014)

1.8.3. Sólidos disueltos totales:

Los sólidos disueltos totales, son las sustancias que permanecen después de filtrar y evaporar a sequedad una muestra bajo condiciones específicas. (Carlos Alberto Severiche Sierra, 2013)

1.8.4 Color:

Su presencia en el agua se debe a los vertidos de residuos, presencia de compuestos metálicos, sólidos en suspensión o de la descomposición de vegetales y bacterias.

La expresión color se define en dos términos:



- **Color verdadero:** Es el color del agua de la cual se ha eliminado la turbiedad.
- **Color aparente:** Engloba no sólo el color debido a sustancias disueltas sino también a las materias en suspensión y se determina en la muestra original sin filtrarla o centrifugarla. Esta contribución puede resultar importante en algunas aguas residuales industriales, casos en que ambos colores deben ser determinados. El color puede determinarse por espectrofotometría o por comparación visual. Este último resulta más sencillo y consiste en la comparación de la muestra con soluciones coloreadas de concentraciones conocidas. (Carlos Alberto Severiche Sierra, 2013)

1.8.5 Olor y sabor:

El agua pura es inodora, los olores ocurren por compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos aunque estén en pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor. Las pruebas de sabor y olor son útiles como comprobación de la calidad del agua cruda y del agua tratada, para el control del olor en las diversas unidades de una planta potabilizadora, para la determinación de las dosis convenientes para el tratamiento, para verificar la efectividad de las diversas clases de tratamiento y como un medio para definir la fuente de contaminación. Los órganos del gusto y del olfato son notablemente sensibles pero no son precisos. Aún no existe un método satisfactorio para caracterizar el olor, por lo cual las descripciones que se obtienen son cualitativas. (Carlos Alberto Severiche Sierra, 2013)

1.9. Parámetros químicos del agua

Son los más útiles a la hora de definir o determinar la cantidad del agua. Aunque existe una gran variedad de ellos, los más significativos son:

1.9.1 Potencial de Hidrógeno (pH):

Es la medida de la concentración de los iones hidronio, H_3O^+ , en la disociación. Las aguas con pH menores de 7 son aguas ácidas y favorecen la corrosión de sustancias metálicas que se encuentren en contacto con ella, y las que poseen valores de pH mayores de 7 son aguas básicas y pueden dar lugar a incrustaciones. En su valor, hay que tener presente que estas sufren variaciones con la temperatura y que los valores indicados son para 20°C. (Technologies, 2007)



1.9.2 Dureza:

El agua adquiere dureza a su paso a través de las formaciones de roca que contienen los elementos que la producen, en particular sales de magnesio y calcio y en menor proporción por el hierro, el aluminio y otros metales. El poder solvente del agua, debido a las condiciones ácidas que se desarrollan a su paso por la capa del suelo, pero en presencia de anhídrido carbónico, proveniente de la atmósfera, se transforma en bicarbonato de calcio y este actúa sobre la solubilidad de los carbonatos, haciendo que se transformen en bicarbonatos, los cuales forman sales mucho más solubles en el agua, contribuyendo así con la dureza de la misma. El agua se clasifica en diferentes tipos de acuerdo a la dureza (Tabla 1) (Technologies, 2007).

Tabla 1. Clasificación de la Dureza del Agua.

Dureza (mg/l CaCO₃)	Tipos de Agua
0-60	Blanda
61-120	Moderadamente dura
121-180	Dura
➤ 180	Muy dura

Fuente: Organización Mundial de la Salud

1.9.3 Alcalinidad:

Se define como alcalinidad la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones; ésta representa la suma de las bases que pueden ser tituladas en una muestra de agua. Dado que la alcalinidad de las aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos (calcio y magnesio), bicarbonatos e hidróxidos y, en menor grado, por los boratos, fosfatos y silicatos, también pueden contribuir en pequeñas cantidades. Estos iones negativos en solución están comúnmente asociados con iones positivos de calcio, magnesio, potasio, sodio y otros cationes. Su valor puede variar significativamente con el pH del punto final. (Technologies, 2007) (Carlos Alberto Severiche Sierra, 2013).

La alcalinidad desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis.



Históricamente, la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa (Tabla 2). (Technologies, 2007)

Tabla 2. Rangos de la Alcalinidad.

RANGO	ALCALINIDAD mg/l CaCO₃
Baja	< 75
Media	75-150
Alta	> 150

Fuente: Kewen (1989)

1.9.4 Hierro:

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). El hierro se encuentra en muchos otros minerales. La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada, existen técnicas de separación del hierro presente en el agua. Se encuentra en corrientes naturales de agua en concentraciones que varían de 0,5 a 50 mg/l.

El hierro en concentraciones superiores a 0,3 mg/l tiene un color amarillento y a partir de 1 mg/l, genera un sabor amargo. (W, 2010)

1.9.5 Nitritos (NO₂) y nitratos (NO₃):

Los nitratos y nitritos están presentes en el suelo, los alimentos y en las aguas superficiales y subterráneas. Las diferentes formas de nitrógeno presentes en el agua, son interconvertibles bioquímicamente y forman parte del ciclo del Nitrógeno. El nitrógeno orgánico se define funcionalmente como nitrógeno ligado orgánicamente en el estado de oxidación. El nitrógeno oxidado total es la suma de nitritos y nitratos; el nitrito se presenta generalmente como trazas en el agua superficial, los nitritos son un estado intermedio de la oxidación del nitrógeno tanto en la oxidación y reducción que puede ocurrir en los sistemas de distribución de agua. Su presencia se debe a la descomposición de material orgánico y al uso de la mayoría de los fertilizantes inorgánicos y orgánicos, sistemas sépticos y almacenamiento de estiércol plaguicidas y herbicidas que contienen nitratos. (Rafael TUESCA MOLINA, 2015)



El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO_2). El principal problema sanitario en el agua es la generación de metahemoglobinemia o síndrome del niño azul, que se producen en bebés de 4 meses al consumir agua con concentraciones superiores de 50 mg/l. También se ha relacionado el nitrato en la disminución de la glándula tiroidea y el bajo almacenamiento de la vitamina A. En el caso de los nitritos se pueden formar nitrosaminas que son cancerígenas. (Ambiental, 2009) (Rafael Tuesca Molina, 2015)

1.9.6 Sulfatos:

Los sulfatos se utilizan tanto en la industria química (fertilizantes, pesticidas, colorantes, jabón, papel, vidrio, fármacos, etc.); como agentes de sedimentación (sulfato de aluminio) o para controlar las algas (sulfato de cobre) en las redes de agua. (Solutios, 2010)

1.10. Parámetros microbiológicos:

Se refiere a la presencia de microorganismos patógenos de diferentes tipos: bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis, hepatitis, etc. (Mandujano, 2012)

Los microorganismos llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas y animales. Por eso, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. (Mandujano, 2012)

Los parámetros microbiológicos más comunes son: Coliformes totales, *Streptococos* fecales, Coliformes fecales. Para efectuar los parámetros microbiológicos, se requieren un entrenamiento sobre la forma en que deben tomar la muestra, sobre el procedimiento de análisis y la identificación de las colonias. Las colonias tienen características específicas según el medio de cultivo usado en el análisis, lo cual permitirá diferenciarlas de las otras colonias que también puede crecer en los diferentes medios de cultivo. (Mandujano, 2012)

En cuanto a las técnicas analíticas aplicables en el campo, se recomienda la filtración con membrana para aguas claras, principalmente para agua de consumo humano y aguas subterráneas. (Mandujano, 2012)



1.10.1 Coliformes totales.

De los organismos indicadores, las bacterias coliformes totales son las que se usan con mayor frecuencia. Este grupo incluye, por definición, todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gramnegativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermentan lactosa con formación de gases antes de 48 horas a 35 °C. El grupo de coliformes se compone de *Escherichia coli* (*E. coli*), *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii* y bacterias afines. (Zumaeta, 2004)

1.10.2 Coliformes fecales.

Dentro de este grupo se considera a *E. coli* exclusivamente, y por ello es el organismo indicador preferido de contaminación fecal. Son bacterias que producen gas en medio *Escherichia Coli* (EC) a 44.5 °C en 24 ± 2 horas. También se utiliza el caldo m-ColiBlue24® de HACH que detecta e identifica simultáneamente tanto coliformes totales como *E. coli*. El periodo de incubación es de 24 horas para obtener una enumeración completa. No hay pasos de confirmación. (Headquarters, 2000)

Con excepción de algunas cepas de *Coliformes fecales* enteropatógenas que causan diarrea, los coliformes no son patógenos para el hombre. Sin embargo, los coliformes pueden aceptar y transferir genes resistentes a las drogas, por lo cual hacen necesaria su eliminación. (Headquarters, 2000)

1.11. PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Los tratamientos para potabilizar el agua, se pueden clasificar de acuerdo con:

1.11.1 Componentes o impurezas a eliminar:

En función de los componentes se puede realizar diferentes procesos:

Tabla 3. Procesos de tratamiento de Agua Potable

TIPOS DE CONTAMINANTE	OPERACIÓN UNITARIA
Sólidos gruesos	Desbaste
Partículas coloidales	Coagulación + Flocculación + Decantación
Sólidos en suspensión	Filtración
Materia orgánica	Afino con carbón activo
Amoniaco	Cloración al punto de quiebre



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Gérmenes patógenos	Desinfección
Metales no deseados (Fe, Mn)	Precipitación por oxidación
Sólidos disueltos (Cl ⁻ , Na ⁺ , K ⁺)	Osmosis inversa

Fuente: American Water Works Association (2002).

1.11.2 Parámetros de calidad:

Las aguas superficiales de consumo humano se clasifican, según el grado de tratamiento para su potabilización en:

TIPO A1: Tratamiento físico simple y desinfección

TIPO A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección

TIPO A3: Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección

Según la normativa europea del año 1988, los tipos de agua se definen por los siguientes parámetros:

1.11.3 Grados de tratamientos de agua:

Se clasifican en:

Tabla 4. Clasificación de Grados de Tratamiento del agua potable.

GRADO DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
TIPO A1	Filtración rápida + Desinfección
TIPO A2	Precloración + Coagulación / Floculación + Decantación + Filtración + Desinfección
TIPO A3	Cloración al punto de quiebre + Coagulación/Floculación + Decantación + Filtración + Filtración + Afino con carbón activo + Desinfección

Fuente: Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association. 2007.



Cloración al Punto de quiebre:

La adición de cloro en el punto inicial da lugar a dos funciones: desinfección y oxidación. Con estas dos propiedades se contribuye a:

- ✓ Eliminar hierro, manganeso, sulfuros, amoníaco y otras sustancias reductoras.
- ✓ Reducir sabores existentes antes de la cloración
- ✓ Reducir el crecimiento de algas y otros microorganismos presentes en el agua.

En éste tratamiento se añade cloro hasta conseguir cloro residual libre en el agua (Punto de quiebre) normalmente se busca 0.5 ppm de cloro libre.

El cloro se puede adicionar en forma de cloro líquido, solución de hipoclorito de sodio o tabletas de hipoclorito de calcio. (Romero, 2007)

1.12. PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

1.12.1. PLANTAS POTABILIZADORAS

Para conseguir que el agua sea potable debe pasar por una planta de potabilización, donde se le quitan las impurezas y se destruyen los microorganismos que lleve. A este proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización.

Los procesos de potabilización son muy variados, y dependen de la procedencia del agua.

Puede realizarse una simple desinfección para eliminar los patógenos mediante: la adición de cloro, la irradiación de rayos ultravioletas, la aplicación de ozono, etc. Este procedimiento se aplica a aguas que se originan en manantiales naturales o para las aguas subterráneas.

Si la fuente de agua es superficial (río, arroyo o lago) ya sea natural o artificial, el tratamiento suele consistir en un desmontar de compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono.

Para llevar a cabo estos procesos contamos con las llamadas plantas potabilizadoras o estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP), en las cuales el agua no apta para el consumo se transforma en agua apta.



A la hora de diseñar una planta de tratamiento de aguas es fundamental las características del agua a tratar, ya que los equipos necesarios cambiarán según el tipo del agua del que se trate. Es necesario conocer la dureza, la salinidad, la cantidad de sólidos no disueltos, el cloro contenido en el agua y si existe alguna sal más allá de los límites permitidos para el consumo humano.

Existen diferentes tipos de plantas potabilizadoras. Se clasifican principalmente en:

- ✓ Plantas de tecnología convencional.
- ✓ Plantas de filtración directa.
- ✓ Plantas de filtración en múltiples etapas. (Muñoz Camacho & Grau Rios, 2013).

1.12.2. ETAPAS DE POTABILIZACIÓN

1.12.2.1. Entrada o Captación del Agua cruda

La captación de aguas superficiales se realiza por medio de tomas de agua que se hacen en los ríos o diques.

El agua proveniente de ríos está expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos, requiriendo un proceso más complejo para su tratamiento. La turbiedad, el contenido mineral y el grado de contaminación varían según la época del año. (TRUJILLO, 2007)

Las estructuras de captación deben estar ubicadas preferiblemente en los tramos rectos de los ríos con el fin de evitar erosiones y sedimentaciones. En el caso de lagos y lagunas, al igual que en embalses, la estructura de captación debe localizarse de modo que pueda proporcionar agua de la mejor calidad posible. (TRUJILLO, 2007)

1.12.2.2. Conducción:

Se realiza por medio de tuberías de asbesto de cemento, desde la zona de captación del agua hasta el lugar en donde se encuentran los sedimentadores, el agua se conduce por medio de acueductos o canales abiertos. (GRAW, 2002)

1.12.2.3. Coagulación-Floculación:

Las impurezas se encuentran en el agua superficial como materia en suspensión y materia coloidal. Las especies coloidales incluyen arcilla, sílice, hierro, otros metales y sólidos orgánicos. La eliminación de una gran proporción de estas



impurezas la llevamos a cabo por sedimentación, basada en simple gravedad, pero algunas de estas impurezas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de eliminación eficiente por lo tanto, se requeriría invertir mucho tiempo para remover los sólidos suspendidos, por lo que es necesario utilizar procesos de clarificación, que consisten en cualquier proceso o combinación de procesos, cuyo propósito es reducir la concentración de los materiales suspendidos en un líquido.

La coagulación y floculación causan un incremento de tamaño del floculo y su rápida aglomeración, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas. Para realizar este tipo de procesos se adicionan sales químicas en su mayoría cargadas positivamente (sales de aluminio, sales de hierro o polielectrolitos) que desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga. (Romero, 2007)

Entre los floculantes más usados se tienen: Sulfato de Aluminio, Polielectrolitos, Cloruro férrico, Sulfato ferroso y férrico. En la actualidad los polielectrolitos son los más utilizados debido a su menor impacto ambiental y a la calidad del floculo que producen. Para poder determinar la cantidad de producto a agregar al agua se tiene que hacer un ensayo conocido como “Jar Test” o Test de Jarras con el agua a tratar. Este test mide básicamente el efecto de las diferentes combinaciones de dosis de coagulante y pH. (Romero, 2007)

En los floculadores que pueden ser mecánicos o hidráulicos, se produce la mezcla entre el producto químico y el coloide que produce la turbiedad, formando los floc. Los floculadores mecánicos son paletas de grandes dimensiones, y velocidad de mezcla baja. Son hidráulicos con canales en forma de serpentina en la cual se reduce la velocidad de ingreso del agua produciendo la mezcla. (Romero, 2007)

1.12.2.4. Sedimentación

La sedimentación es el proceso por el cual las partículas más pesadas del agua que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad. El agua que contiene materia particulada fluye con lentitud a través de un tanque de sedimentación y de esta manera se retiene el tiempo suficiente para que las partículas más grandes se asienten en el fondo antes que el agua clarificada salga del estanque por un vertedero en el extremo de salida. (Pérez Farras, 2005)

La sedimentación en el agua potable, está basada en la ley de stokes que menciona que las partículas de mayor diámetro y/o mayor peso específico que el



líquido son más fáciles de sedimentar, así también una menor viscosidad del líquido logra una mejor sedimentación. (Pérez Farras, 2005)

La sedimentación puede ser de dos clases: La simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de tratamiento especial, mientras mayor sea el tiempo de reposo, mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbiedad, será menor haciendo el agua más transparente. El reposo prolongado natural también ayuda a mejorar la calidad del agua debido a la acción del aire y los rayos solares; mejor sabor y el olor, oxida el hierro y elimina algunas sustancias. La secundaria es empleada para quitar aquellas partículas que no se depositan ni aún con reposo prolongado y que es la causa principal de turbiedad. (Pérez Farras, 2005)

1.12.2.5. Filtración

La obtención de agua clara y transparente, con la máxima garantía por lo que se refiere a la posible transmisión de enfermedades requiere el empleo de un filtro. La filtración ayuda, además, a la eliminación del hierro y manganeso, del color, de los gustos y de los olores. (Casero Rodriguez, 2007)

En general, se considera la filtración como el paso de un fluido a través de un medio poroso que retiene la materia que se encuentra en suspensión. En las principales instalaciones de filtración, los filtros suelen ser abiertos, mientras los filtros cerrados suelen utilizarse para instalaciones pequeñas (menor de 40m³/h). (Casero Rodriguez, 2007)

Hay dos clases de filtros de arena: los de acción lenta y los de acción rápida, y estos se dividen en filtros de superficie libre y filtros de presión. En los filtros lentos el agua pasa por gravedad a través de la arena a baja velocidad, la separación de los materiales sólidos se efectúa al pasar el agua por los poros de la capa filtrante y adherirse las partículas a los granos de arena. En los filtros rápidos con superficie libre el agua descende por gravedad a través de la arena a una velocidad mayor. Es imprescindible el tratamiento con coagulantes para sacar la mayor cantidad de partículas en suspensión. (Romero, 2007).

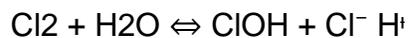
1.12.2.6. Desinfección - Cloración

La desinfección del agua consiste en la exterminación de las bacterias patógenas que pueda contener. En el proceso, se destruirán también los colibacilos y se reducirá considerablemente la cantidad de otras bacterias. Sin embargo, no se obtendrá ordinariamente la esterilización completa, aunque ni siquiera es

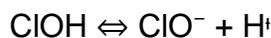


necesaria. El cloro, en sus diversas formas, se emplea casi universalmente como agente desinfectante del agua. Es barato, seguro, y su manejo no presenta gran dificultad. (Casero Rodriguez, 2007)

El cloro y el agua reaccionan según la siguiente ecuación:



Que está prácticamente desplazada a la derecha. El ácido hipocloroso, ClOH, se ioniza o se disocia en iones hidrógeno e hipoclorito en otra ecuación reversible.



El ácido hipocloroso y los iones hipoclorito son los que realizan la esterilización. El grado de ionización depende directamente del valor del pH del agua y la eficacia real de la desinfección depende de la proporción de ácido hipocloroso a iones hipoclorito, siendo tanto mayor cuanto mayor es esta proporción y, por lo tanto, esta eficacia se reduce a altos valores de pH. A valores de pH por debajo de 3,0 puede existir algo de cloro molecular. El cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso, iones hipoclorito, y cloro molecular se define con la denominación de cloro libre disponible. (Casero Rodriguez, 2007)

El cloro se emplea en el tratamiento del agua para la desinfección y para la prevención y destrucción de olores, para la eliminación del hierro, y del color. Si bien su empleo principal es para desinfección, el mecanismo de su acción bactericida es incierto. Se supone que el cloro destruye las enzimas extracelulares de las células bacterianas y, posiblemente, reacciona con las enzimas intracelulares. La actividad bactericida del cloro se ve reducida por los valores altos del pH y las bajas temperaturas del agua. (Casero Rodriguez, 2007)

1.12.2.7. Almacenamiento

El agua tratada se acumula en cisternas y tanques elevados desde donde es distribuida por red a los domicilios. Una planta de tratamiento nunca satisface en directo la demanda, trabaja constantemente y almacena en caso de que las demandas futuras sean enormes, esto es que el diseño de la planta de Tratamiento de Agua nunca debe ser igual a la demanda actual, sino por el contrario se debe preparar para crecimientos futuros programados, ya sea de capacidad instalada mayor y/o modular. (Vargas, 2004)



CAPITULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo de estudio, diseño de investigación, análisis estadístico

2.1.1.1 Tipo de investigación

De campo, descriptivo, de corte longitudinal.

2.1.1.2 Planteamiento del diseño.

No experimental.

2.1.1.3 Análisis estadístico.

Para el análisis de los datos, se realizó estadística descriptiva (promedios, desviación estándar, máximos y mínimos), debido a que la naturaleza de las variables es continua, además tablas de contingencia entre valores aceptables y no aceptables de parámetros microbiológicos en las muestras obtenidas y factores de correlación entre las diferentes variables tanto física y microbiológica, comparando la norma.

2.2. Población de estudio

El estudio y la toma de muestras se llevaron a cabo en Planta Potabilizadora del cantón Chordeleg. El análisis físico-químico y microbiológico se efectuó en el Laboratorio de la Junta Administradora de Agua Potable de la Parroquia de Baños (JAAP).

Las muestras fueron tomadas de las siguientes ubicaciones:

1. Agua entubada (agua de entrada) proveniente de distintas vertientes.
2. Agua de salida (filtrada) obtenida a partir de cada filtro.

Las captaciones que abastecen a la planta de tratamiento del cantón Chordeleg son las siguientes:



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Chorro de Tasqui: Ubicado a 45 minutos del centro parroquial de San Martín de Puzhio, con un caudal de diseño de 18l/s.



Gráfica 2. Captación Chorro de Tasqui.

Fuente: (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas).

Río Motilones: Ubicado a 30 minutos del centro parroquial de San Martín de Puzhio, con un caudal de diseño de 10l/s.

Esta unidad dispone de tres filtros en cada planta las mismas que son de tipo descendente, cada uno de ellos tiene una capacidad de 6 litros por segundo.

El lecho filtrante está constituido por una capa de arena, una capa de grava que sirve de soporte y una capa de antracita. La altura de la grava es de 30cm y el espesor de la capa de arena es de 80cm y la altura de la antracita es de 50 cm.

2.3. Muestreo

Para el análisis físico corresponden 176 muestras en las 8 semanas, realizando 1 muestreo al día. En cada muestreo se realizará el análisis de 11 muestras que corresponden: 2 muestra de agua cruda, 2 muestras de agua pre-filtrada, 6 muestras de agua filtrada y 1 muestra de agua tratada realizándose un total de 22 muestras a la semana, en los cuales se determinará los parámetros fisicoquímicos: temperatura, sólidos totales disueltos, turbiedad y color, pH, dureza, alcalinidad, hierro, sulfato, nitritos, nitratos y cloro libre residual; parámetros microbiológicos: Coliformes totales y fecales.

FLUJOGRAMA DE LA PLANTA DE AGUA

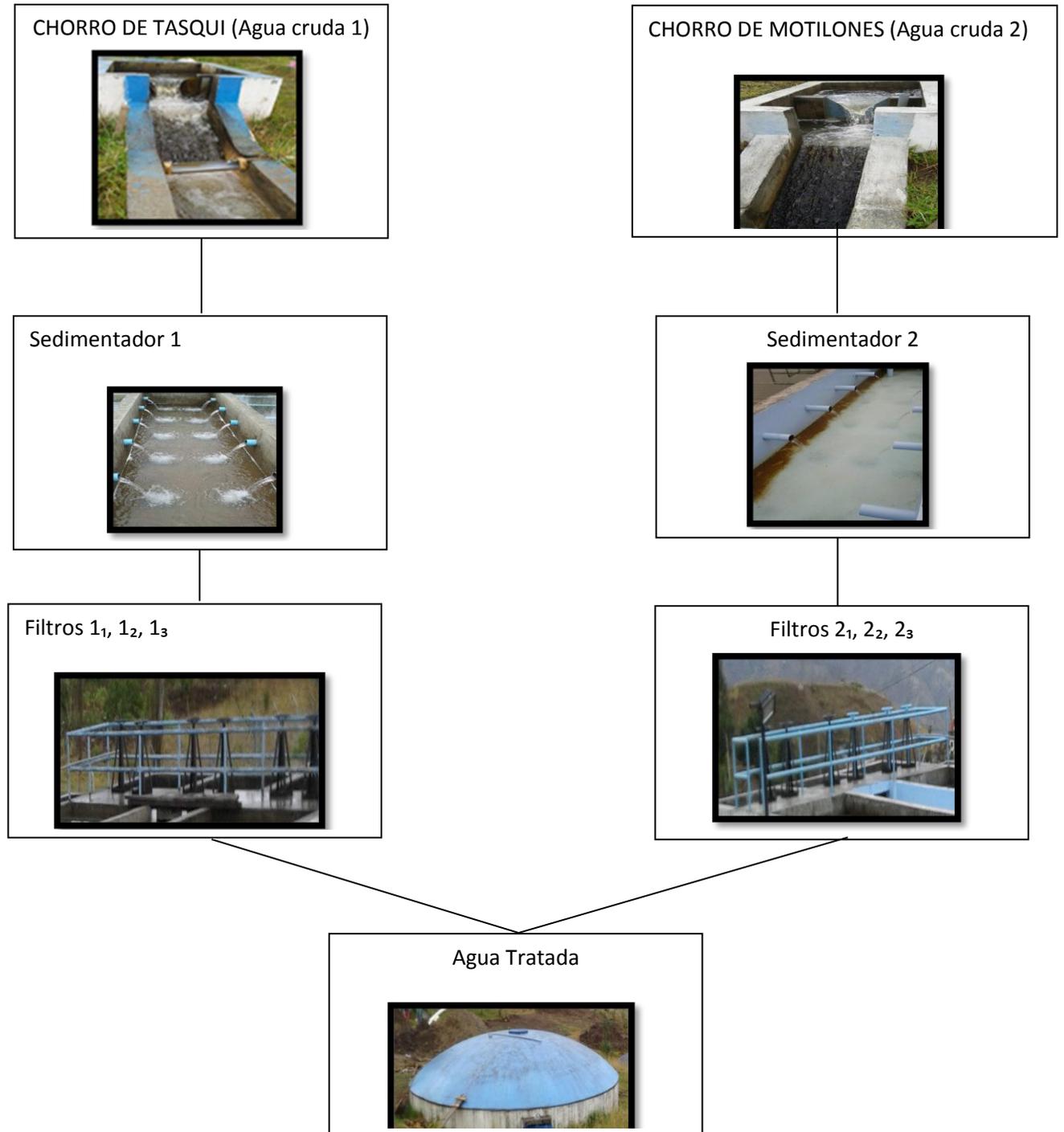




Tabla 5. Cronograma del muestreo para el análisis

MES DE DICIEMBRE DEL 2015								
MUESTRAS	PRIMERA SEMANA		SEGUNDA SEMANA		TERCERA SEMANA		CUARTA SEMANA	
	MARTES	JUEVES	MARTES	JUEVES	MARTES	JUEVES	MARTES	JUEVES
	NUMERO DE MUESTRAS							
AGUA CRUDA	1	1	1	1	1	1	1	1
AGUA PREFILTRADA	4	4	4	4	4	4	4	4
AGUA FILTRADA	6	6	6	6	6	6	6	6
TOTAL DE MUESTRAS	22		22		22		22	
MES DE ENERO DEL 2016								
MUESTRAS	PRIMERA SEMANA		SEGUNDA SEMANA		TERCERA SEMANA		CUARTA SEMANA	
	MARTES	JUEVES	MARTES	JUEVES	MARTES	JUEVES	MARTES	JUEVES
	NUMERO DE MUESTRAS							
AGUA CRUDA	1	1	1	1	1	1	1	1
AGUA PREFILTRADA	4	4	4	4	4	4	4	4
AGUA FILTRADA	6	6	6	6	6	6	6	6
TOTAL DE MUESTRAS	22		22		22		22	



2.4. Toma de muestras

2.4.1 Criterios de recolección

Para el muestreo en los sistemas de distribución, como primera medida se recomienda evitar al máximo tomar muestras en los hidrantes; estas deben tomarse en los sitios destinados para esta actividad, en donde la línea de suministro para el grifo es la más corta posible. Para los fines microbiológicos, los grifos de muestreo deben esterilizarse por llama o métodos alternativos de eficacia equivalente, por ejemplo, el contacto con una solución de alcohol desinfectante al 70% y permitir que el agua corra previamente entre dos a tres minutos antes de la toma de la muestra, dependiendo del objetivo específico del muestreo. (Agua, "Criterios Generales para el Control de la Calidad de Resultados Analíticos", 2001)

2.4.2 Condiciones del recolector

Para la recolección de las muestras se utilizó guantes de látex, se procuró la mayor limpieza en toda la indumentaria utilizada en el muestreo.

2.4.3 Tipo de recipiente

Para la toma de la muestra se utilizó frascos de polietileno estériles de 500 mL para el análisis fisicoquímico y para el análisis microbiológico se utilizó fundas Whirlpack con tiosulfato. En cuanto a la identificación, los recipientes que contengan las muestras se marcaron en forma clara y durable para permitir su identificación en el laboratorio sin ninguna ambigüedad.

2.4.4 Transporte y conservación

En nuestro caso para preservar las muestras durante el transporte al laboratorio se utilizó un cooler con un tiempo aproximado de 90 minutos hasta los análisis a una temperatura de 10°C.



2.5. Materiales

2.5.1 Materiales de campo.

- Esferos
- Libreta
- Etiquetas adhesivas
- Cooler
- Refrigerantes
- Frascos de polietileno estériles de 500 mL
- Fundas Whirlpack con tiosulfato
- Guantes

2.5.2 Materiales de laboratorio.

- Pinzas para filtros MF.
- Embudos Microfil de 100 mL.
- Filtros de membrana S-PAK.
- Lámpara de alcohol
- Matraz Erlenmeyer
- Pipetas
- Probetas
- Soporte universal
- Varilla de vidrio
- Vasos de precipitación
- Celdas de vidrio.

2.5.3 Equipos. (Anexo I)

- Colorímetro Aqua Tester, marca ORBECO HELLIGE, modelo 611
- Conductímetro, marca HACH, modelo Sension 5
- Esterilizador Digital Memmert, modelo 100-800
- Potenciómetro, marca HACH, modelo Sension 1
- Turbidímetro, marca HACH, modelo 2100 P
- Sistema aséptico STERIFIL® de Millipore
- Autoclave.
- Estufa.



2.5.4 Reactivos.

- Nitra Ver 5
- Nitra Ver 3
- Fenolftaleína.
- Bromocresol.
- Ácido sulfúrico 0.02N.
- Solución de Buffer.
- CalVer 2.
- EDTA 0.02N
- Hardners
- FerroVer
- SulfaVer 4
- Medios de cultivo Sartorio
- DPD para cloro residual.

2.6. Análisis físico – químico del agua:

Para el estudio nos basamos en la norma NTE INEN 1108, quinta edición, 2014 y en la NTE INEN 1108 2006.

2.6.1 Análisis físico.

2.6.1.1 Determinación de turbidez

Fundamento: Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbidez. (HACH, 2015)

Procedimiento: (Anexo A)

2.6.1.2 Determinación de sólidos disueltos totales.

Fundamento:

La medición está compensada automáticamente gracias al sensor ubicado en el interior del instrumento. La calibración es en un punto a través de un potenciómetro ubicado a un costado del instrumento. (HACH, 2015)

Procedimiento: (Anexo A)



2.6.1.3 Determinación de color:

Fundamento:

El color puede ser expresado como aparente o color verdadero. El color aparente incluye el color de los materiales disueltos, además de materia en suspensión. Por filtración o centrifugación de los materiales suspendidos, el color real puede ser determinado. El procedimiento describe el análisis del color aparente. (HACH, 2015)

Procedimiento: (Anexo A)

2.6.1.4 Determinación de la temperatura:

Procedimiento: (Anexo A)

2.6.2 Análisis químico.

2.6.2.1 Determinación de pH

Fundamento:

Este método determina el pH, midiendo el potencial generado (en milivoltios) por un electrodo de vidrio que es sensible a la actividad del ión H^+ , este potencial es comparado contra un electrodo de referencia, que genera un potencial constante e independiente del pH. El electrodo de referencia que se utiliza es el de calomel saturado con cloruro de potasio, el cual sirve como puente salino que permite el paso de los milivoltios generados hacia al circuito de medición. (HACH, 2015)

Procedimiento: (Anexo B)

2.6.2.2 Determinación de dureza total: Método titulométrico con EDTA.

Fundamento:

El ácido etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio (EDTA) forman un complejo de quelato soluble al añadirse a las soluciones de algunos cationes metálicos. Si a una solución acuosa que contenga iones calcio y magnesio a un pH de 10, se añade una pequeña cantidad de colorante, como Negro de Eriocromo T, la solución toma un color rojo vino. Si se añade EDTA como reactivo de titulación, los iones calcio y magnesio formarán un complejo y, cuando todos estos iones estén incluidos en dicho complejo, la solución cambiara del rojo vino al azul, señalando el punto final de la titulación. (HACH, 2015)



Procedimiento: (Anexo B)

Cálculos:

Multiplicar los mililitros de EDTA 0.02N consumidos por el factor 10 para obtener la DUREZA TOTAL en partes por millón de carbonato de calcio.

$$\text{Dureza Total (mg/l CaCO}_3\text{)} = \text{Lectura} * 10 \text{ (Factor) (HACH, 2015)}$$

2.6.2.3 Determinación de dureza cálcica: Método titulométrico con EDTA.

Fundamento: El calcio puede determinarse directamente usando EDTA, cuando el pH es suficientemente alto para que el magnesio precipite como hidróxido, y se usa un indicador que reaccione únicamente con el calcio. Varios indicadores cambian de color cuando todo el calcio ha formado un complejo en el EDTA a un pH de 12 a 13. (HACH, 2015)

Procedimiento: (Anexo B)

Cálculos:

Multiplicar los mililitros de EDTA 0.02N consumidos por el factor 10 para obtener la Dureza Cálcica en mg/l o en partes por millón de carbonato de calcio.

$$\text{Dureza Cálcica (mg/l CaCO}_3\text{)} = \text{Lectura} * 10 \text{ (Factor) (HACH, 2015)}$$

2.6.2.4 Determinación de alcalinidad: Método de titulación.

Fundamento: Los iones hidroxilo presentes en una muestra como resultado de la disociación o hidrólisis de los solutos que reaccionan con las adiciones de ácido estándar. Por tanto, la alcalinidad depende del pH del punto final utilizado.

La muestra se valora con una solución de ácido normalizada hasta pH 8,3 y 4,5. Estos puntos finales, que se determinan visual o potenciométricamente, son los puntos de equivalencia seleccionados para la determinación de los tres componentes principales: bicarbonato, carbonato e hidróxido. El punto final pH 8,3 esta próximo al punto de equivalencia para las concentraciones de carbonato y dióxido de carbono y representa la valoración de, aproximadamente, todo el hidróxido y de la mitad del carbonato presente. El punto final pH 4,5 esta próximo



al punto de equivalencia para el ion hidrógeno y el bicarbonato y permite la determinación de la alcalinidad total de la muestra. (HACH, 2015)

Procedimiento: (Anexo B)

Cálculos:

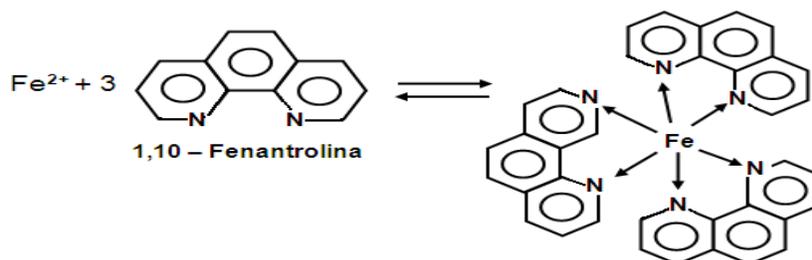
Multiplicar los mililitros de Ácido Sulfúrico 0.02N consumidos por el factor 10 para obtener la ALCALINIDAD TOTAL en partes por millón de carbonato de calcio.

$$\text{Alcalinidad (mg/l CaCO}_3\text{)} = \text{Lectura} * 10 \text{ (Factor)} \text{ (HACH, 2015)}$$

2.6.2.5 Determinación de hierro

Fundamento: El reactivo de hierro FerroVer reacciona con todas las formas solubles del hierro y la mayoría de las formas no solubles del hierro en la muestra, para producir hierro ferroso soluble. Éste reacciona con el indicador de fenantrolina 1,10 en el reactivo para formar un color naranja en proporción a la concentración de hierro. (HACH, 2015)

Reacción Química:



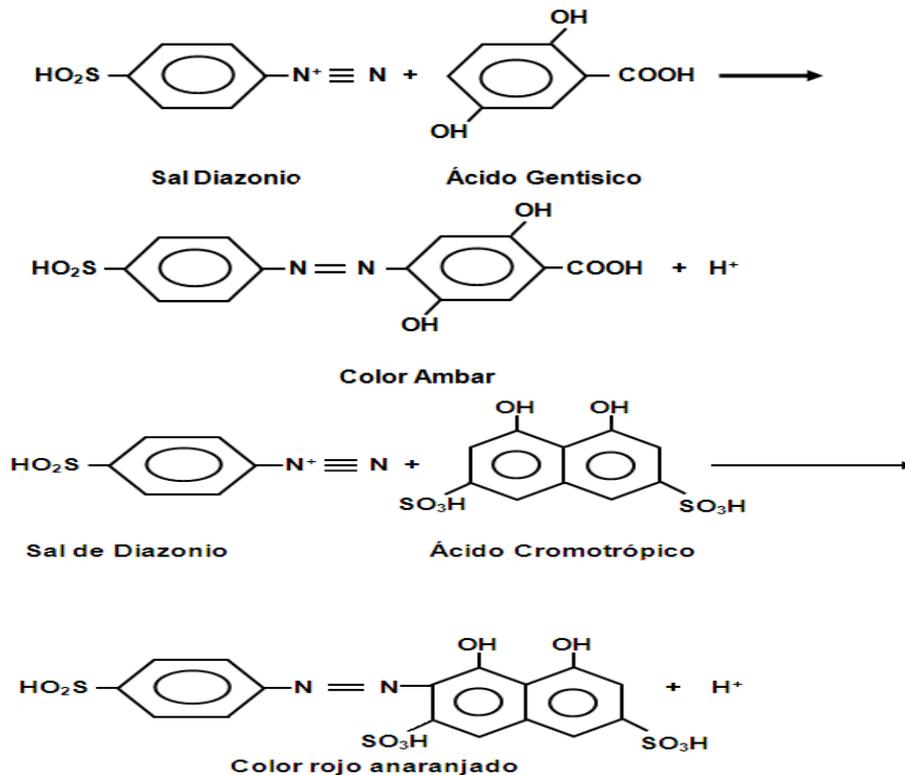
Procedimiento: (Anexo B)

2.6.2.6 Determinación de Nitratos

Fundamento:

El cadmio metálico reduce a nitritos los nitratos de la muestra. El ion de nitrito reacciona en un medio ácido con el ácido sulfanílico para formar una sal intermedia de diazonio. Esta sal se une al ácido genticico para formar un producto de color ámbar. (HACH, 2015)

Reacción Química:



Procedimiento: (Anexo B)

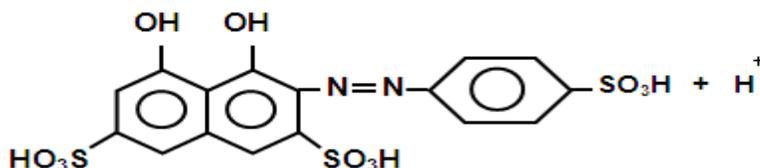
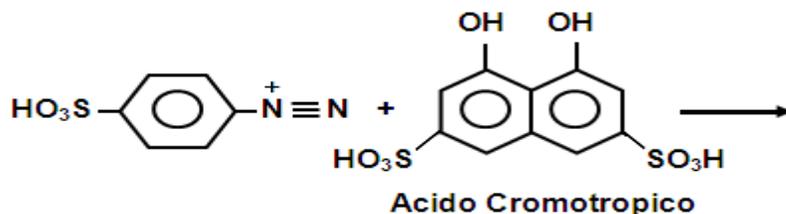
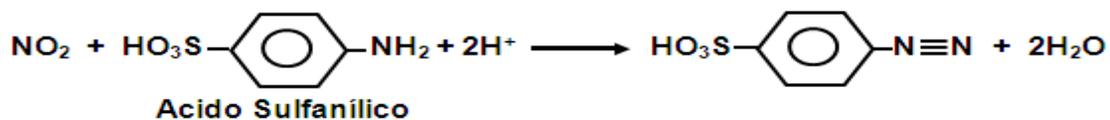
2.6.2.7 Determinación de Nitritos

Fundamento:

El nitrito en la muestra reacciona con el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Esta se acopla al ácido cromotrópico para producir un complejo de color rosa directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente. (HACH, 2015)



Reacción Química:



Procedimiento: (Anexo B)

2.6.2.8 Determinación de Sulfatos

Fundamento:

Los iones de sulfato en la muestra reaccionan con el bario contenido en el reactivo de sulfato SulfaVer 4 para formar sulfato de bario insoluble. La cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato.

El reactivo de SulfaVer 4 además contiene un agente estabilizador para mantener el precipitado en suspensión.

REACCIÓN QUÍMICA



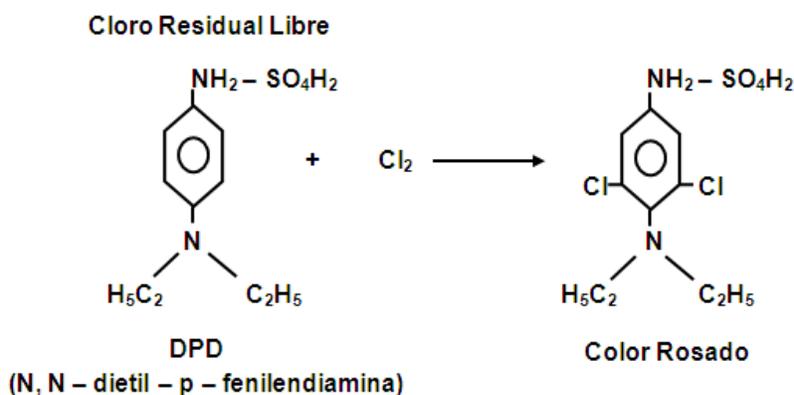
Procedimiento: (Anexo B)

2.6.2.9 Determinación de Cloro libre residual

Fundamento:

El cloro en la muestra de agua se encuentra como ácido hipocloroso o como ión hipoclorito (cloro libre) y reacciona inmediatamente con el indicador de DPD (N, N-dietil-p-fenilendiamina) para formar un color magenta (rosa) que es proporcional a la concentración del cloro. (HACH, 2015)

Reacción química:



Procedimiento: (Anexo B)

2.7 Análisis microbiológico

2.7.1 Técnica de filtración por membrana.

Fundamento:

Se basa en la filtración de un volumen determinado de muestra (100 mililitros o volúmenes menores según la densidad bacteriana esperada) a través de un filtro de membrana de 0,45 micrómetros de diámetro de poro, el cual es colocado sobre una almohadilla absorbente (en una caja Petri) saturada con un medio de cultivo selectivo para lo que se desea determinar en la muestra (coliformes totales y fecales) y luego incubado a la temperatura adecuada durante 24 horas. (HACH, 2015) (Salud Pública, 2010)

Esta técnica es altamente reproducible y proporciona resultados numéricos, siendo una manera rápida y simple de estimar las poblaciones bacterianas en el



agua y especialmente útil al evaluar grandes volúmenes o al realizar diariamente muchas pruebas de coliformes.

Los filtros de membrana son filtros de superficie, que muestran una estructura microporosa precisa. Durante la filtración las partículas mayores que los poros de la membrana son retenidas de forma fiable en la superficie de la misma, las partículas más pequeñas pueden pasar el filtro.

Se debe utilizar un filtro de membrana con un diámetro de poro que permita una completa retención de las bacterias coliformes; se emplean únicamente aquellos en los que se ha comprobado una retención de bacterias coliformes mediante una adecuada prueba de control de calidad y garantía por el fabricante. Hay que tener en cuenta que estos filtros estén libres de químicos susceptibles de inhibir el crecimiento y desarrollo bacteriano y que posean una velocidad de filtración satisfactoria. (Paez Sanabria, 2008)

2.7.2 Caldo de cultivo m-ColiBlue24®.

El medio ColiBlue24®, permite la detección simultánea en 24 horas de *E. coli* y bacterias coliformes; método aceptado y recomendado por la E.P.A. (Environmental Protection Agency) (Borner, 1978)

Se toma 100 mL de la muestra de agua y se hace filtrar por la membrana, para luego ser transferida la membrana a una caja Petri con el medio dispensado sobre el cartón absorbente. El medio de cultivo m-ColiBlue24® permite la detección simultánea de *E. coli* y coliformes totales. Este caldo contiene un indicador de alta sensibilidad a *E. coli* (1 UFC/100 mL), evitando la necesidad de posteriores pasos de confirmación. Se pueden identificar al menos un 95 % de todas las colonias de *E. coli* en 24 horas. Además, contiene inhibidores de crecimiento para bacterias no coliformes. El caldo m-ColiBlue24® no contiene desoxicolato o ácidos biliares en su composición, usados para inhibir el crecimiento de microorganismos estresados u oportunistas. Incubación de 24 ± 4 horas a $35^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

El aspecto de las colonias viene determinada por una combinación de indicadores, *E. coli* forma colonias de color azul y para el recuento de coliformes totales hay que sumar las colonias azules más las colonias rojas. (HACH, 2015)

Procedimiento: (Anexo C)



CAPÍTULO 3.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Para la realización de este estudio se aplicaron diferentes técnicas y métodos aprobados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, de acuerdo a esto discutiremos aquellos parámetros cuyos resultados han llamado la atención, teniendo como referencia la INEN NTE 1108; 2014, Requisitos para Agua potable.

En relación a los requisitos Microbiológicos permitidos para Agua Potable, establece la ausencia de colonias *Coliformes fecales* y, de acuerdo a la INEN 1108:2006 refiere como ausencia de colonias para *Coliformes Totales*, sin embargo, la Organización Mundial de la Salud recomienda que el agua para beber debe estar libre de colonias de coliformes por cada 100 mililitros (OMS, 2015).

3.1. RESULTADOS DEL pH: (Anexo D)

Tabla 6. Cuadro de cálculos estadísticos de pH:

pH	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	6,674145102	6,674988547	6,668611826	6,6769754	6,633727	6,64272883
Varianza	0,030091667	0,02683625	0,019693333	0,01612292	0,02683958	0,02315958
Desv. Estandar	0,167961119	0,158615839	0,135876782	0,12294403	0,15862569	0,14735029
Coef. Variacion	0,025165938	0,023762713	0,020375572	0,01841313	0,023912	0,02218219
Mediana	6,655	6,67	6,695	6,715	6,66	6,64
Moda	6,65	6,86	6,56	6,8	6,66	6,64
Xmax	7,03	6,94	6,9	6,82	6,92	6,87
Rango	0,6	0,54	0,45	0,48	0,58	0,55
Xmin	6,43	6,4	6,45	6,34	6,36	6,32



pH	FILTRO 1₃	FILTRO 2₁	FILTRO 2₂	FILTRO 2₃	AGUA TRATADA
Media	6,62893244	6,58530498	6,60982599	6,61639786	6,65652482
Varianza	0,02383292	0,03826958	0,01981167	0,01540667	0,01359333
Desv. Estandar	0,14947695	0,18941419	0,1362844	0,12018215	0,11288822
Coef. Variacion	0,02254917	0,02876316	0,02061845	0,01816429	0,01695903
Mediana	6,63	6,64	6,64	6,645	6,645
Moda	6,62	6,65	6,73	6,65	6,65
Xmax	6,88	6,82	6,82	6,8	6,8
Rango	0,57	0,82	0,54	0,45	0,45
Xmin	6,31	6	6,28	6,35	6,35

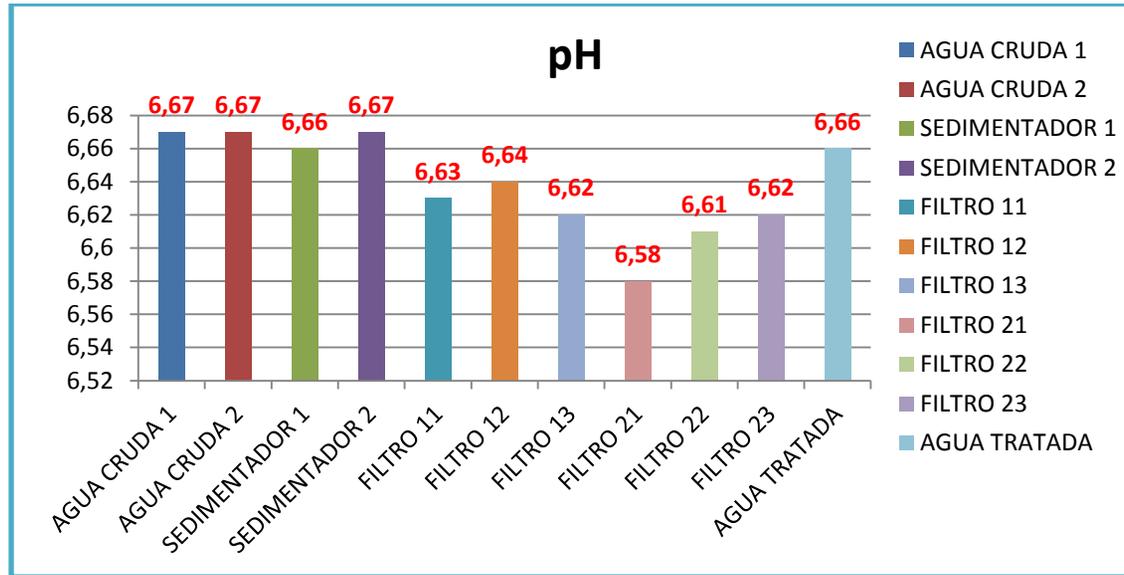


Gráfico 3. Valores promedio de pH

El pH en el agua cruda tiene un valor más alto debido a que es una agua no tratada, éste va disminuyendo en las distintas etapas de tratamiento de sedimentación y filtración, esto es debido principalmente al tratamiento que se da en la etapa de coagulación ya que se realiza la adición de sales con lo cual va a disminuir la concentración de iones hidrogeno. El valor promedio del agua tratada es de 6,66 encontrándose dentro de los valores de referencia de acuerdo a la norma NTE INEN 1108:2006 (6,5 – 8,5).

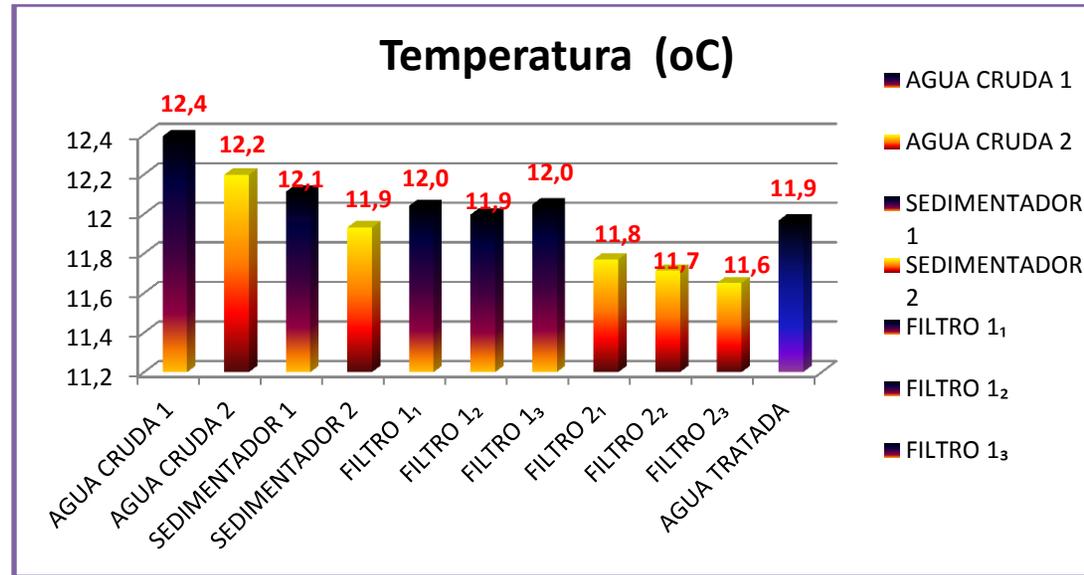


3.2. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE LA TEMPERATURA: (Anexo D)

Tabla 7. Cuadro de cálculos estadísticos de la temperatura

Temperatura (°C)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	12,4	12,2	12,1	11,9	12,0	11,9
Varianza	0,02729167	0,216625	0,02383333	0,14383333	0,086625	0,07466667
Desv. Estandar	0,15995605	0,45065057	0,14947826	0,36721077	0,28497533	0,26457513
Coef. Variacion	0,01290726	0,03694509	0,01234176	0,03077589	0,0236683	0,02205329
Mediana	12,4	12,35	12,1	12	12,05	12,05
Moda	12,3	12,5	12,2	12,1	12,3	12,2
Xmax	12,7	12,9	12,5	12,6	12,6	12,5
Rango	0,6	1,6	0,6	1,6	1	0,9
Xmin	12,1	11,3	11,9	11	11,6	11,6

Temperatura (°C)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	12,0	11,8	11,7	11,6	11,9
Varianza	0,07333333	0,12466667	0,14829167	0,162625	0,04895833
Desv. Estandar	0,26220221	0,34186986	0,37285847	0,39046247	0,21423921
Coef. Variacion	0,02176468	0,02904579	0,0318332	0,03351679	0,01790275
Mediana	12,1	11,8	11,6	11,6	11,95
Moda	12,2	11,8	11,5	11,6	12,1
Xmax	12,5	12,4	12,5	12,4	12,4
Rango	0,9	1,3	1,5	1,5	0,8
Xmin	11,6	11,1	11	10,9	11,6



Grafica 4. Valores promedio de temperatura.

La temperatura del agua cruda es mayor que del agua de los sediementadores y filtros ya que ésta va a depender de las condiciones climaticas de la zona. En la etapa de potabilización tienden a disminuir ligeramente ya que el agua tiene una profundidad considerable.

A medida que la temperatura del agua sube, el pH disminuye. Lo contrario también es cierto, de que el agua más fría tiene un valor de pH más alto.

Tomando como referencia la temperatura ambiente de 20°C los valores obtenidos están dentro de lo establecido, puesto que una mayor temperatura incrementaría el desarrollo microbiano.

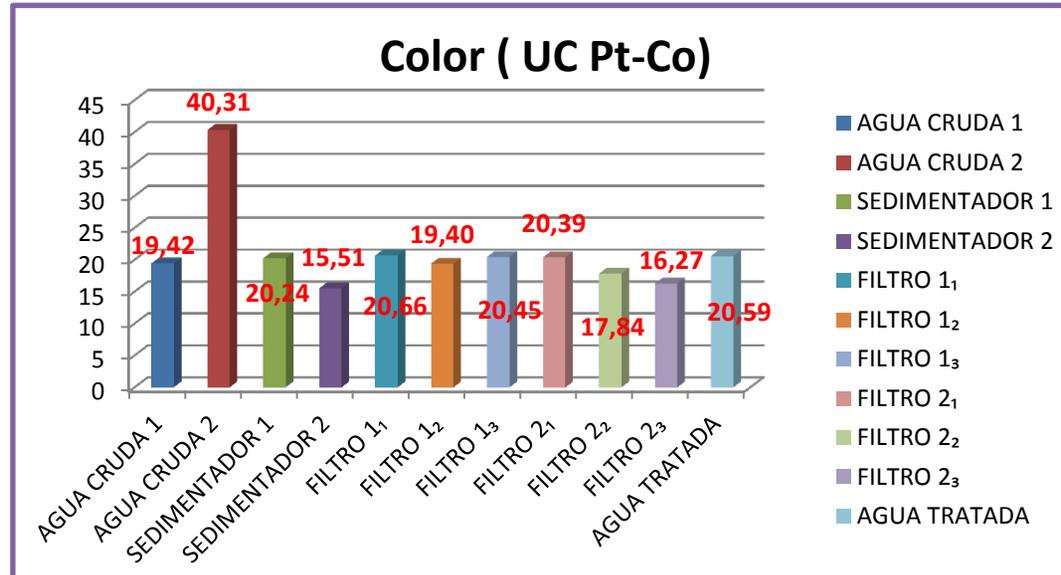


3.3. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DEL COLOR: (Anexo D)

Tabla 8. Cuadro de cálculos estadísticos del color.

Color (UC Pt-Co)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	19,42	40,31	20,24	15,51	20,66	19,40
Varianza	1263,2	188,7291667	90,9625	112,8095238	119,980952	121,395833
Desv. Estandar	34,41293362	13,30163876	9,234573285	10,26103742	10,5821653	10,6681111
Coef. Variacion	1,771591477	0,329948599	0,456291062	0,661429177	0,5122791	0,54988807
Mediana	17	41,5	25,5	18	27	19,5
Moda	9	26	34	12	27	29
Xmax	152	84	35	37	43	46
Rango	146	58	32	32	39	38
Xmin	6	26	3	5	4	8

Color (UC Pt-Co)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	20,45	20,39	17,84	16,27	20,59
Varianza	102,395833	117,133333	40,4	105,983333	92,38095238
Desv. Estandar	9,79775963	10,479146	6,15426681	9,96791728	9,285592185
Coef. Variacion	0,47906755	0,51385949	0,34504086	0,61283794	0,451007643
Mediana	20	20	19,5	17	19
Moda	27	18	22	14	19
Xmax	46	52	31	43	39
Rango	37	46	23	39	30
Xmin	9	6	8	4	9



Grafica 5. Valores promedio del color

El color del agua de entrada a la planta de tratamiento esta elevada debido a que esta no recibe ningún tratamiento y ella se va a encontrar partículas en suspensión que son las que van a producir el color aparente del agua, sin embargo tanto en los procesos de filtración, sedimentación y agua tratada los valores se encuentran fuera del rango establecido por la norma NTE INEN 1108:2014, puede deberse a la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión.

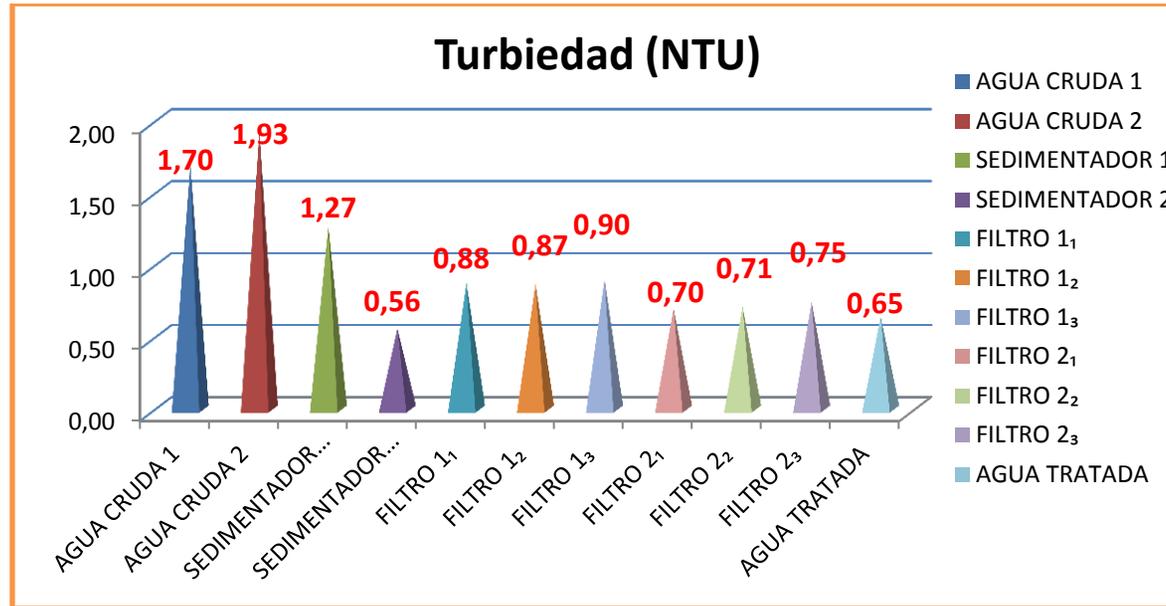


3.1. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE TURBIEDAD: (Anexo D)

Tabla 9. Cuadro de cálculos estadísticos de la turbiedad

Turbiedad (UTC)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	1,70	1,93	1,27	0,56	0,88	0,87
Varianza	3,272262917	0,871012917	1,312002917	0,020099583	0,23878667	0,19571292
Desv. Estandar	1,751498354	0,903645179	1,109054883	0,137271116	0,4731411	0,42834666
Coef. Variacion	1,030447161	0,468907645	0,873101313	0,24442391	0,53937266	0,49305875
Mediana	1,595	1,77	1,27	0,63	0,78	0,805
Moda	1,45	1,77	1,45	0,65	0,78	0,95
Xmax	8,73	5,34	5,34	0,79	2,28	2,07
Rango	7,53	3,94	4,87	0,46	1,8	1,59
Xmin	1,2	1,4	0,47	0,33	0,48	0,48

Turbiedad (UTC)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	0,90	0,70	0,71	0,75	0,65
Varianza	0,23295625	0,047065	0,04887292	0,03444	0,09665625
Desv. Estandar	0,4673291	0,2100558	0,21405224	0,17968723	0,301023644
Coef. Variacion	0,51890265	0,30031851	0,30091205	0,24064796	0,466193955
Mediana	0,865	0,655	0,735	0,705	0,705
Moda	0,67	0,6	0,6	0,62	0,8
Xmax	2,32	1,22	1,2	1,21	1,51
Rango	1,82	0,73	0,75	0,64	1,3
Xmin	0,5	0,49	0,45	0,57	0,21



Grafica 6. Valores promedio de turbiedad

En el gráfico podemos observar que los valores de la turbiedad se encuentran dentro de los valores de referencia de la norma NTE INEN 1108:2014 (5 UNT), siendo altos en el agua cruda y disminuyendo notablemente luego del proceso de tratamiento en el agua potable, esto es importante debido a que los filtros rápidos van a mejorar apreciablemente su eficiencia al tratar aguas sedimentadas con bajas turbiedades, por lo que resulta crucial que los sedimentadores produzcan agua de la mejor calidad posible. Según la OMS establece que para que un correcto proceso de desinfección los valores de turbiedad del agua filtrada debe ser menor a 1 UNT, lo cual si se cumple en todos los filtros, y a que si éste no sucediera la acción de desinfectantes con niveles de turbidez y carga de coliformes elevada en el agua que sale de los filtros no va a ser segura, lo que estimula la proliferación de bacterias, aumenta la demanda de cloro y se pierde la eficiencia en el proceso.



3.2. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS: (Anexo D)

Tabla 10. Cuadro de resultados estadísticos de sólidos totales disueltos.

	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	17,2747857	22,9126733	20,1622776	22,6703231	20,0109333	20,0285982
Varianza	1,29583333	10,3833333	3,8	12,9958333	2,19583333	1,39583333
Desv. Estandar	1,10219951	3,11999599	1,88745861	3,4905005	1,43478004	1,14393783
Coef. Variacion	0,06380395	0,13616901	0,09361336	0,15396783	0,07169981	0,05711522
Mediana	17,5	24	20	22,5	20	20
Moda	18	24	20	20	19	20
Xmax	19	28	24	28	23	22
Rango	5	9	7	11	6	5
Xmin	14	19	17	17	17	17

	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	20,193502	23,1037795	22,9369242	23,3798669	22,8312785
Varianza	2,6	16,7958333	16,2	19,2666667	5,39583333
Desv. Estandar	1,5612495	3,96813479	3,89711432	4,25	2,24913178
Coef. Variacion	0,07731445	0,17175263	0,16990571	0,18178033	0,09851099
Mediana	20	22	21,5	22	22,5
Moda	21	27	19	19	22
Xmax	25	30	31	32	29
Rango	7	12	12	13	10
Xmin	18	18	19	19	19

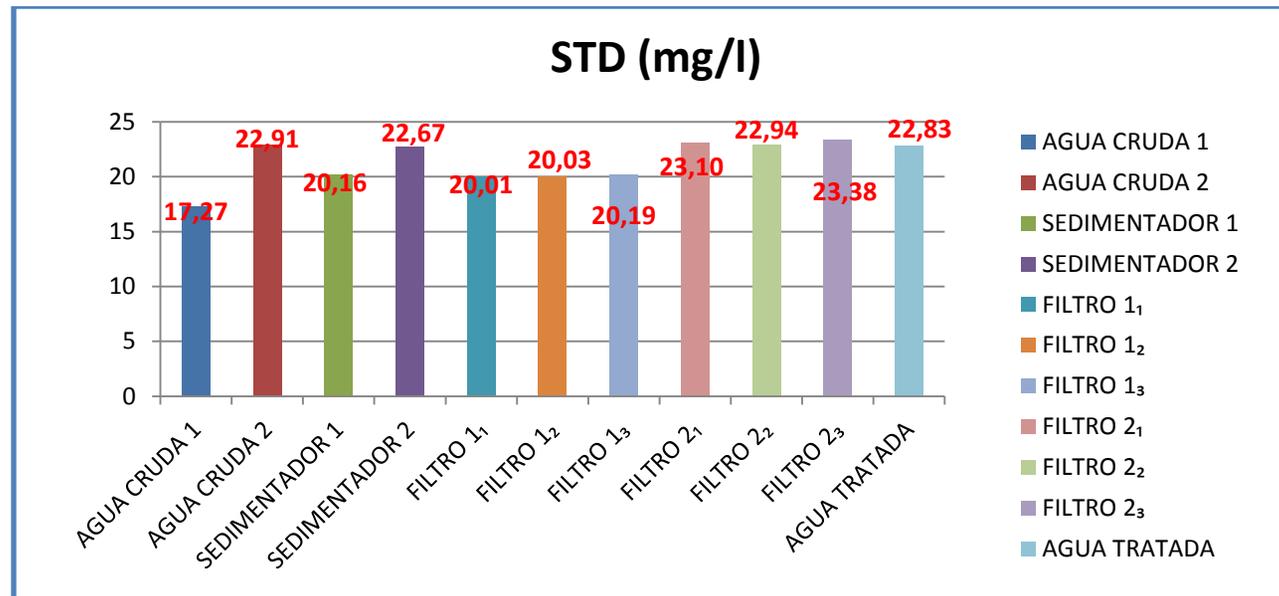


Grafico 7. Valores promedio de STD.

En el gráfico realizado se puede observar que los sólidos totales disueltos se encuentran muy por debajo de los límites permitidos, según la norma NTE INEN 1108 – 2006. Se debe tener en cuenta que al momento que existe un elevado color en el agua cruda, el tratamiento que se aplica en estos casos es una adición mayor de Sulfato de aluminio, lo cual dará como resultado una disminución del color, pero un incremento en el valor de los sólidos totales.

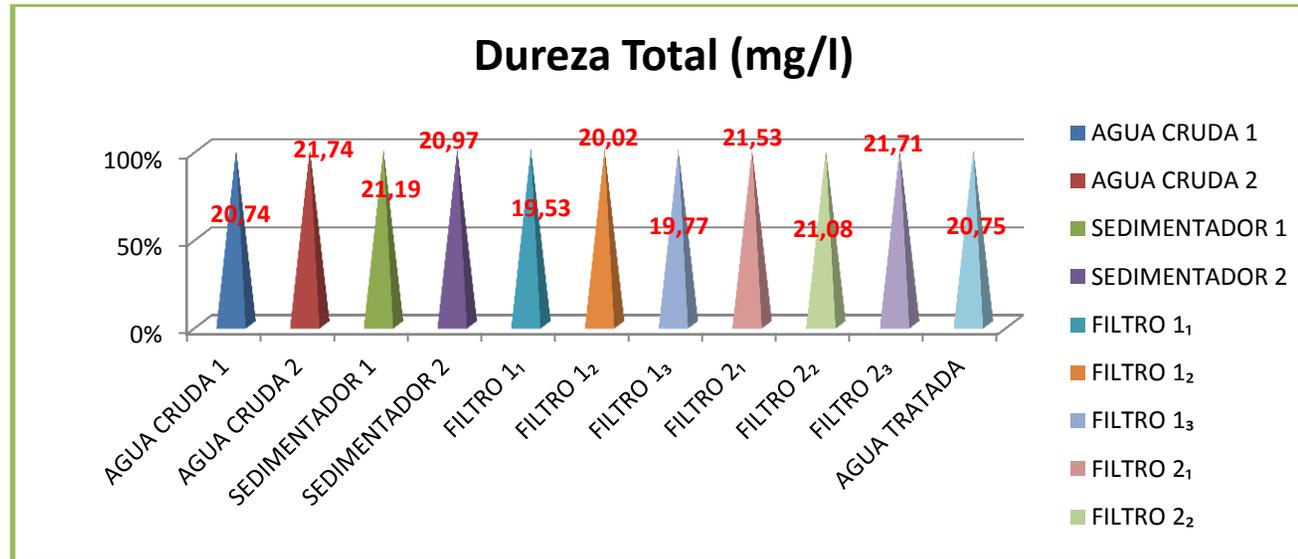


3.3. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE LA DUREZA TOTAL: (Anexo D)

Tabla 11. Cuadro de cálculos estadísticos de la dureza total

Dureza total (mg/l)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	20,75	21,74	21,19	20,97	19,53	20,02
Varianza	5,71666667	3,7625	5,69583333	4,0625	3,85	6,42916667
Desv. Estándar	2,3150324	1,8781224	2,31081019	1,95156187	1,89983552	2,45506492
Coef. Variación	0,11157869	0,08640561	0,10906391	0,09305232	0,0972931	0,1226551
Mediana	20,5	21	21,5	21	20	20
Moda	18	21	23	23	21	20
Xmax	25	27	26	25	22	24
Rango	7	8	8	7	7	11
Xmin	18	19	18	18	15	13

Dureza total (mg/l)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	19,77	21,53	21,08	21,70	20,75
Varianza	6,4625	4,78333333	5,22916667	5,3625	2,82916667
Desv. Estándar	2,46142108	2,11763429	2,2141237	2,24217389	1,62860178
Coef. Variación	0,12451625	0,09836429	0,10503686	0,10329405	0,07850206
Mediana	20	21	21	21,5	21
Moda	21	21	21	22	21
Xmax	24	27	28	28	24
Rango	11	8	11	9	7
Xmin	13	19	17	19	17



Grafica 8. Valores promedio de Dureza total.



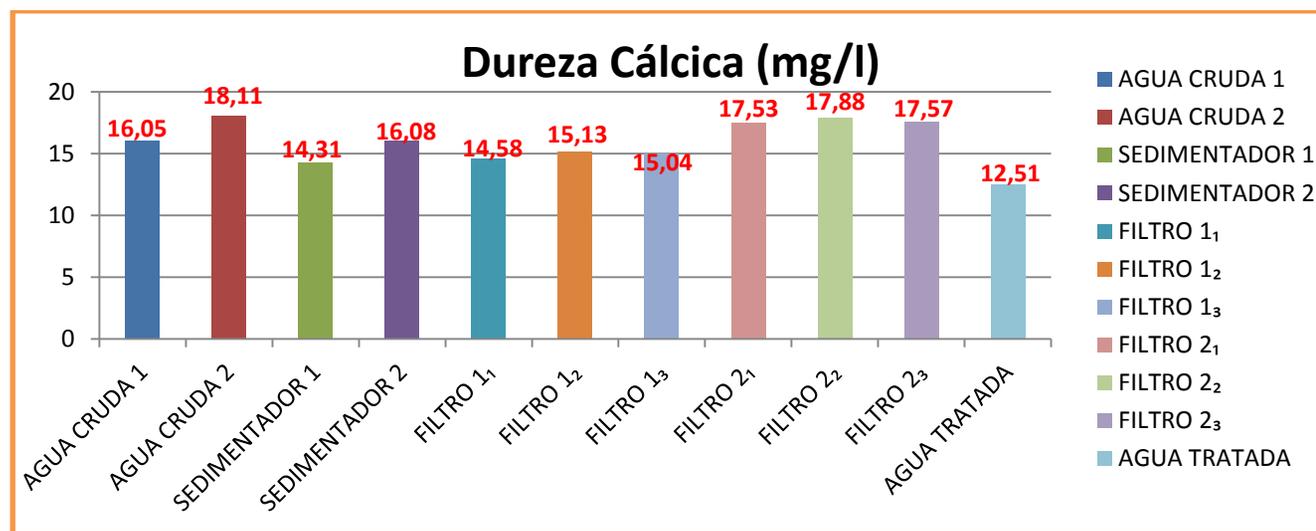
3.4. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE DUREZA CÁLCICA: (Anexo D)

Tabla 12. Cuadro de cálculos estadísticos de dureza cálcica:

Dureza cálcica (mg/l)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	16,05	18,11	14,31	16,08	14,58	15,13
Varianza	2,38333333	2,69583333	9,71666667	3,62916667	11,1291667	7,31666667
Desv. Estandar	1,49478259	1,58976217	3,01817412	1,84454432	3,23010739	2,61904085
Coef. Variacion	0,09311674	0,08777863	0,21086978	0,11473416	0,22154347	0,17308034
Mediana	16,5	19	14	16,5	14	16
Moda	17	19	18	18	19	17
Xmax	18	20	19	19	19	19
Rango	5	6	8	7	9	9
Xmin	13	14	11	12	10	10



Dureza cálcica (mg/l)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	15,04	17,53	17,88	17,57	12,51
Varianza	8,49583333	1,19583333	1,92916667	1,85	1,4625
Desv. Estandar	2,82220548	1,05881715	1,34483967	1,31695672	1,17093712
Coef. Variacion	0,18764352	0,06040168	0,07520497	0,07494255	0,09363212
Mediana	14,5	18	18	18	13
Moda	14	18	19	18	13
Xmax	19	19	19	20	14
Rango	9	4	5	6	4
Xmin	10	15	14	14	10



Grafica 9. Valores promedio de Dureza cálcica.

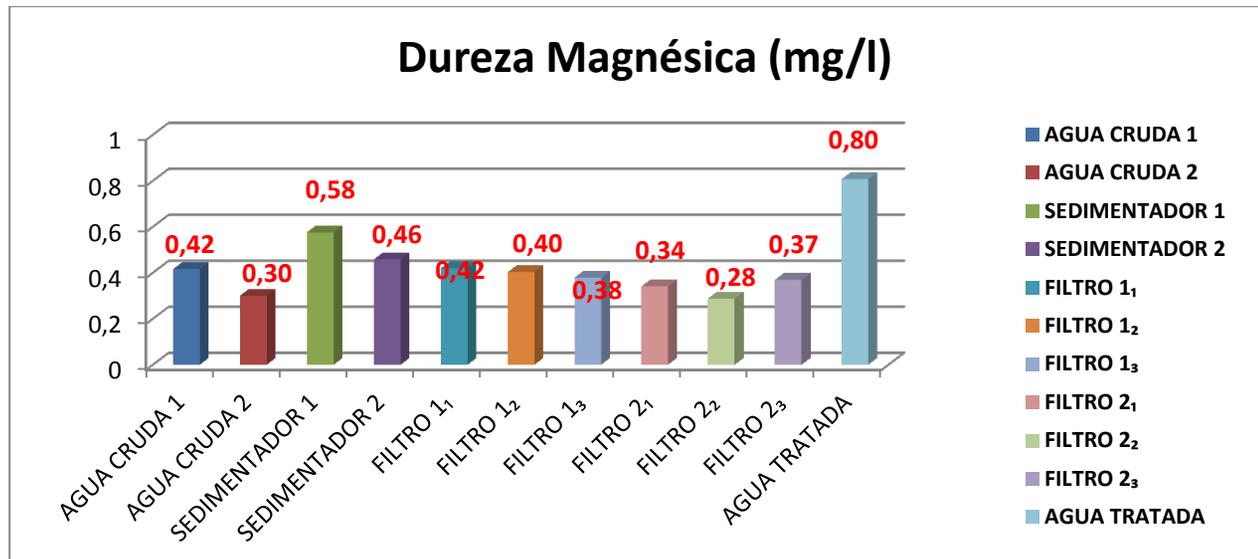


3.5. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE DUREZA MAGNÉSICA: (Anexo D)

Tabla 13. Cuadro de cálculos estadísticos de dureza magnésica.

Dureza magnésica (mg/l)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	0,41553828	0,30003662	0,57587765	0,45787807	0,41881705	0,4026711
Varianza	0,04429167	0,07583333	0,119625	0,03316667	0,04895833	0,085625
Desv. Estándar	0,203773	0,26663411	0,33488571	0,1763342	0,21423921	0,28332567
Coef. Variación	0,49038323	0,88867189	0,58152232	0,3851117	0,51153411	0,70361561
Mediana	0,5	0,3	0,6	0,5	0,4	0,4
Moda	0,5	0,4	0,6	0,6	0,7	0,3
Xmax	0,8	1,3	1,5	1	0,9	1,2
Rango	0,7	1,2	1,4	0,8	0,7	1,1
Xmin	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1

Dureza magnésica (mg/l)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	0,37878957	0,34050645	0,28821826	0,36925103	0,80689256
Varianza	0,0905	0,07129167	0,03533333	0,065625	0,026
Desv. Estándar	0,2912795	0,25852647	0,18200275	0,24803919	0,15612495
Coef. Variación	0,76897446	0,75924104	0,63147543	0,67173593	0,19348914
Mediana	0,3	0,3	0,3	0,35	0,8
Moda	0,3	0,2	0,3	0,3	0,8
Xmax	1,1	1	0,9	1,2	1,1
Rango	1	0,8	0,8	1	0,7
Xmin	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4



Grafica 10. Valores promedio de Dureza magnésica.

Se puede observar en el gráfico que en la dureza se mantiene los valores del agua cruda en el agua tratada.

De acuerdo a la OMS el tipo de dureza de esta agua se clasifica en agua blanda que va de 0 a 60 mg/l de CaCO_3 ya que el agua tratada tiene un valor de 20,75 mg/l de CaCO_3 .

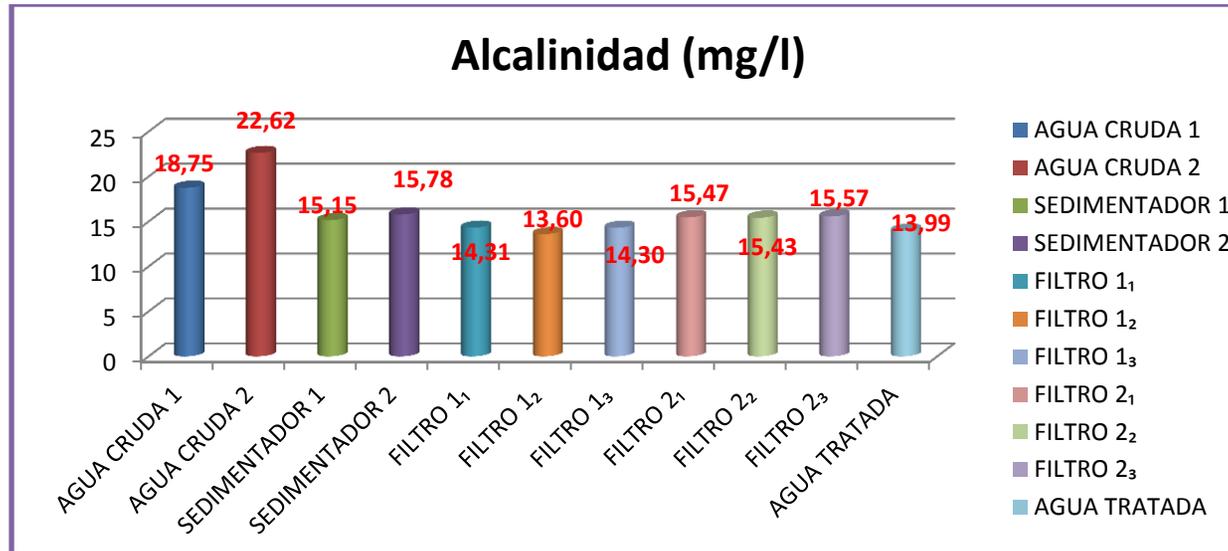


3.6. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE LA ALCALINIDAD: (Anexo D)

Tabla 14. Cuadro de cálculos estadísticos de la alcalinidad

Alcalinidad (mg/l)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	18,76	22,61	15,15	15,78	14,31	13,60
Varianza	4,78333333	8,5625	6,91666667	7,33333333	8,46666667	7,6
Desv. Estandar	2,11763429	2,83325674	2,5464436	2,62202212	2,81735692	2,66926956
Coef. Variacion	0,11291929	0,12527305	0,16808963	0,16616571	0,19689766	0,19620477
Mediana	19,5	23	15	15,5	15	14
Moda	20	23	15	15	15	14
Xmax	23	28	20	22	19	19
Rango	8	13	11	12	14	14
Xmin	15	15	9	10	5	5

Alcalinidad (mg/l)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	14,30	15,47	15,43	15,58	13,99
Varianza	6,91666667	6,49583333	6,25	7,7625	6,91666667
Desv. Estandar	2,5464436	2,46776088	2,42061459	2,69765523	2,5464436
Coef. Variacion	0,17808991	0,15953216	0,15692785	0,17322788	0,18208217
Mediana	15	15	15,5	15	15
Moda	15	15	14	14	14
Xmax	19	21	20	21	16
Rango	13	12	10	11	11
Xmin	6	9	10	10	5



Grafica 11. Valores promedio de Alcalinidad.

Los valores obtenidos en el agua cruda 1 es de 18,75 mg/l y en el agua cruda 2 es 22,62 mg/l. Por otra parte, la alcalinidad del agua sedimentada y filtrada en una planta de filtros rápidos es menor que la del agua cruda, como resultado de las reacciones del sulfato de aluminio (u otro coagulante) agregado. Y por último el agua tratada se obtuvo un valor de 13,99 mg/l, con estos valores obtenidos se puede clasificar como una agua que presenta una alcalinidad baja que es menor a 75 mg/l de CaCO_3 .

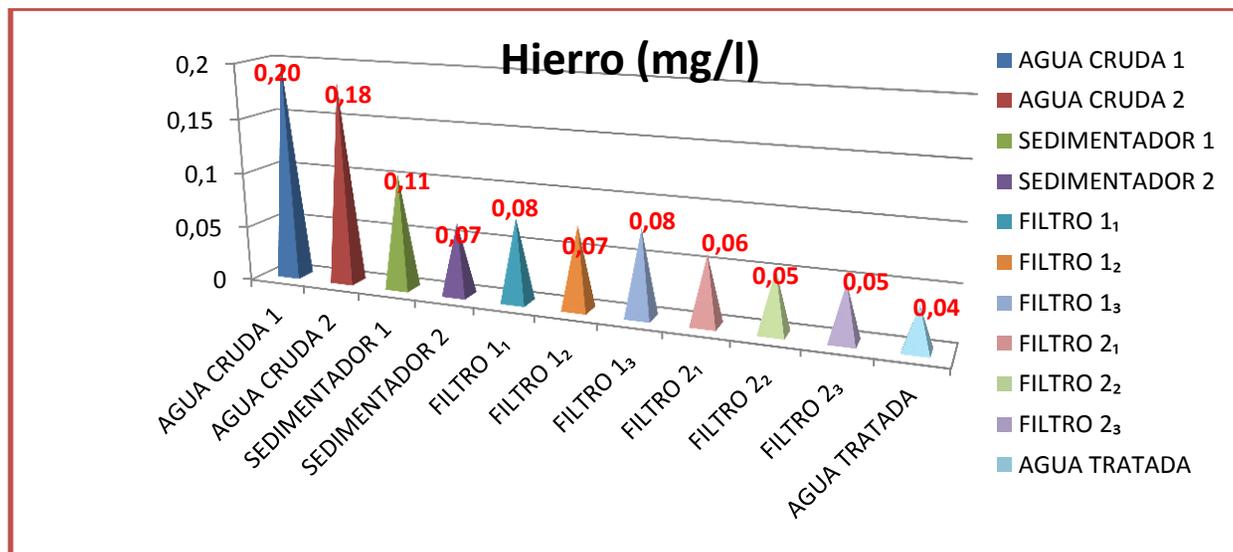


3.7. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DEL HIERRO: (Anexo D)

Tabla 15. Cuadro de cálculos estadísticos del hierro

Hierro (mg/l)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	0,20	0,18	0,11	0,07	0,08	0,07
Varianza	0,024402917	0,00628292	0,00277167	0,00383625	0,00161292	0,00215958
Desv. Estándar	0,151253874	0,07674786	0,05097487	0,0599707	0,03888585	0,04499566
Coef. Variación	0,758697722	0,419658	0,48274184	0,90919266	0,51165512	0,60087165
Mediana	0,17	0,18	0,14	0,095	0,08	0,075
Moda	0,17	0,19	0,18	0,18	0,06	0,09
Xmax	0,8	0,48	0,18	0,18	0,19	0,22
Rango	0,64	0,35	0,16	0,17	0,16	0,19
Xmin	0,16	0,13	0,02	0,01	0,03	0,03

Hierro (mg/l)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	0,08	0,06	0,05	0,05	0,04
Varianza	0,00102292	0,00199958	0,00115958	0,00144	0,00245333
Desv. Estandar	0,03096747	0,04329676	0,03297134	0,03674235	0,04795832
Coef. Variación	0,3982312	0,70600116	0,6055211	0,73546673	1,24733056
Mediana	0,07	0,075	0,065	0,08	0,04
Moda	0,05	0,08	0,1	0,1	0,04
Xmax	0,15	0,19	0,12	0,11	0,22
Rango	0,1	0,18	0,1	0,1	0,21
Xmin	0,05	0,01	0,02	0,01	0,01



Grafica 12. Valores promedio de Hierro

Los valores promedio obtenidos del hierro en el agua cruda, filtros y agua tratada están dentro de los límites permisibles según NTE INEN 1108:2006 (0,3mg/l), obteniéndose en el agua tratada un valor de 0,04 mg/l; lo cual determina que el agua tiene un buen color, olor y sabor.

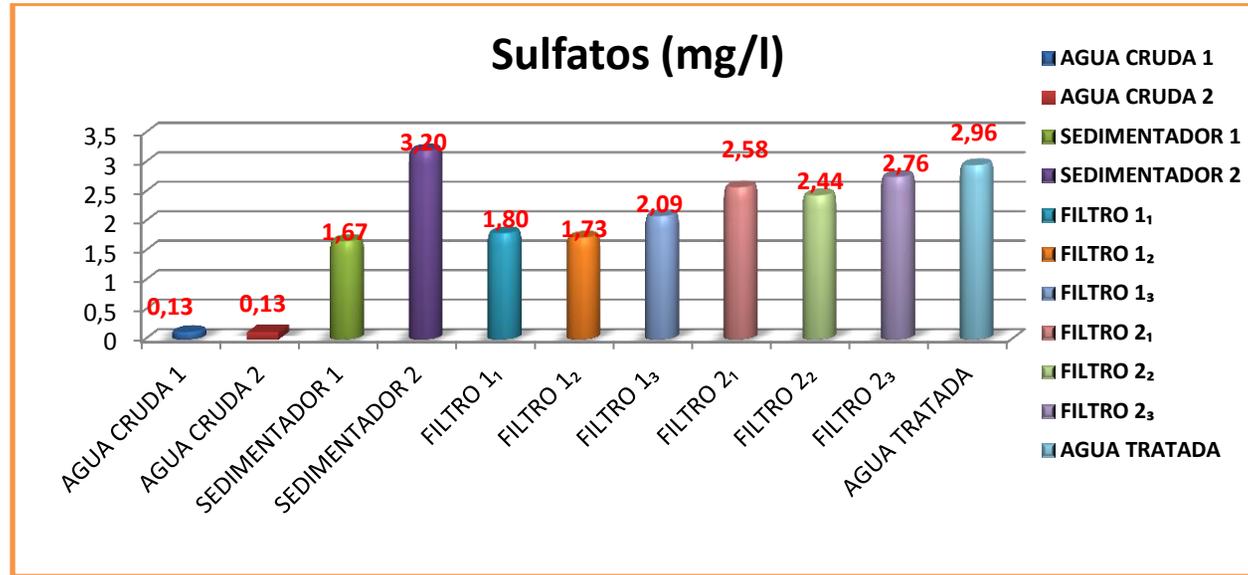


3.8. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE SULFATOS: (Anexo D)

Tabla 16. Cuadro de cálculos estadísticos de sulfatos.

Sulfatos (mg/l)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	0,13	0,13	1,67	3,20	1,80	1,73
Varianza	0,234375	0,109375	1,85714286	2,375	2,609375	2
Desv. Estándar	0,484122918	0,33071891	1,36277029	1,5411035	1,615356	1,41421356
Coef. Variación	3,84	2,64	0,81675862	0,48120431	0,89675885	0,81951542
Mediana	0	0	1,5	3	2	2
Moda	0	0	1	3	2	2
Xmax	2	1	6	7	8	7
Rango	2	1	5	5	7	6
Xmin	0	0	1	2	1	1

Sulfatos (mg/l)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	2,09	2,58	2,44	2,76	2,96
Varianza	1,82222222	2,875	2,93359375	6,25	2,6875
Desv. Estándar	1,34989712	1,6955825	1,7127737	2,5	1,63935963
Coef. Variación	0,64514594	0,65702507	0,70101321	0,90650476	0,55455809
Mediana	2	2	2,5	2,5	3
Moda	2	2	1	2	3
Xmax	7	7	7	9	9
Rango	6	6	6	8	8
Xmin	1	1	1	1	1



Grafica 13. Valores promedio de Sulfatos.

Los valores obtenidos de sulfatos en el agua cruda son menores a los obtenidos en las diferentes etapas de tratamiento del agua así como del agua tratada esto es debido a que en el proceso de la coagulación se agrega sulfato de aluminio para la formación de los flóculos.

El resultado promedio obtenido para el agua tratada es de 2.96mg/l por lo que cumple con el límite permitido por la norma NTE INEN 1108:2006. (Límite máximo permitido 200mg/l).

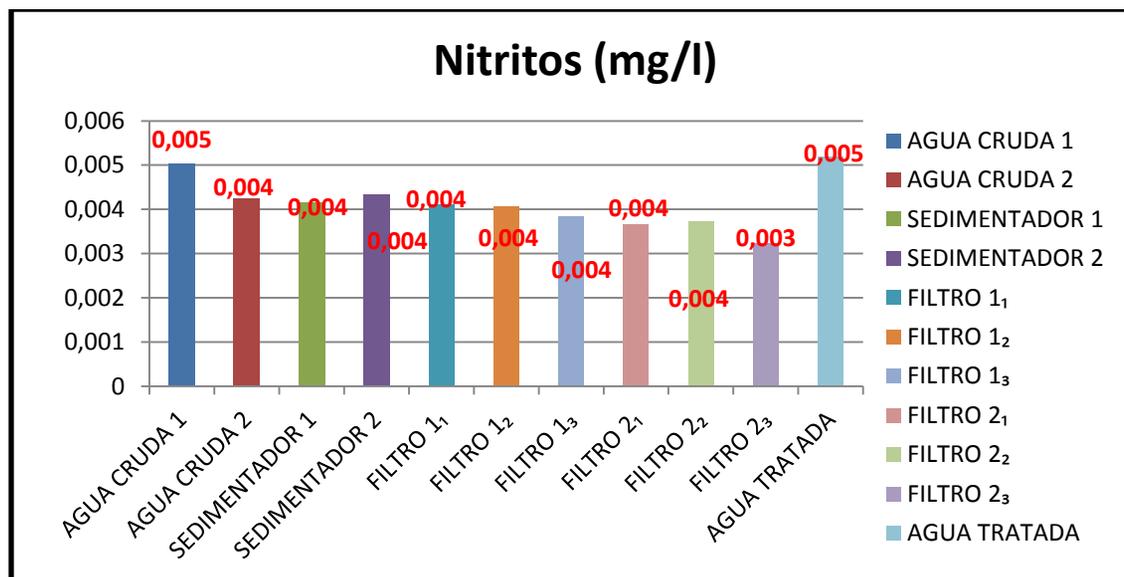


3.9. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE NITRITOS: (Anexo D)

Tabla 17. Cuadro de cálculos estadísticos de nitritos.

Nitritos (mg/l)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	0,00501727	0,0042427	0,0041521	0,00433713	0,00411024	0,00405646
Varianza	0,00000505	1,8625E-06	1,6958E-06	0,0000016	1,5333E-06	3,9958E-06
Desv. Estándar	0,00217586	0,0013214	0,00126089	0,00122474	0,00119896	0,00193548
Coef. Variación	0,43367436	0,31145214	0,30367538	0,2823857	0,29170021	0,4771356
Mediana	0,005	0,0045	0,004	0,004	0,004	0,004
Moda	0,006	0,003	0,004	0,004	0,004	0,003
Xmax	0,012	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009
Rango	0,009	0,004	0,004	0,004	0,005	0,007
Xmin	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002

Nitritos (mg/l)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	0,00382771	0,00365067	0,00371691	0,00322944	0,00518498
Varianza	1,3363E-05	1,2292E-06	6,9583E-07	1,7333E-06	0,00000545
Desv. Estándar	0,0035394	0,00107347	0,00080768	0,00127475	0,00226039
Coef. Variación	0,92467782	0,29404794	0,21729848	0,39472977	0,4359501
Mediana	0,004	0,004	0,004	0,003	0,005
Moda	0,004	0,004	0,004	0,003	0,005
Xmax	0,016	0,006	0,005	0,006	0,011
Rango	0,015	0,004	0,003	0,005	0,009
Xmin	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002



Grafica 14. Valores promedio de Nitritos.

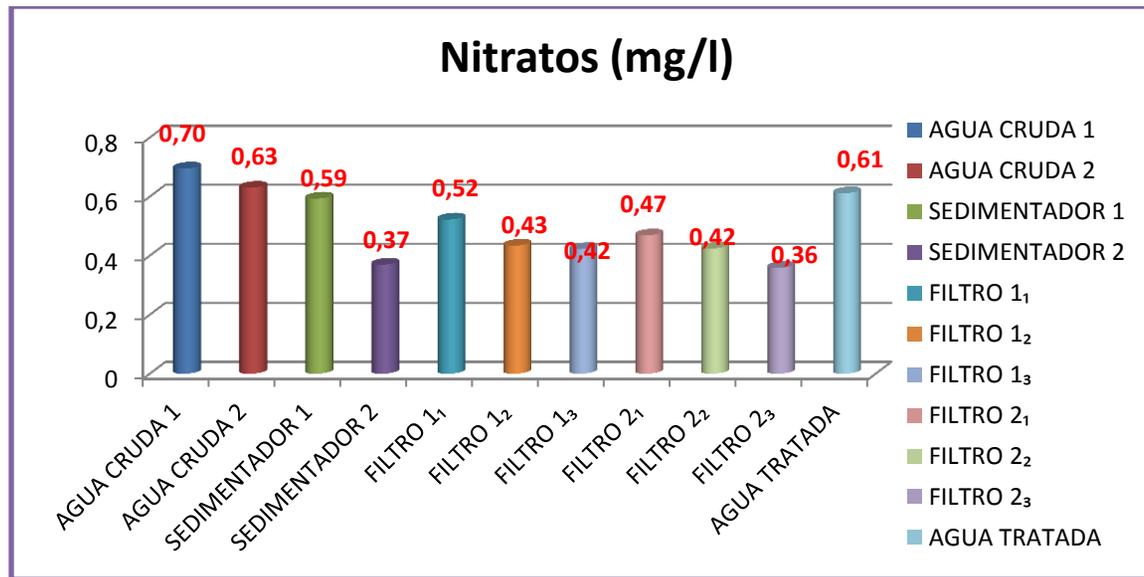


3.10. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE NITRATOS: (Anexo D)

Tabla 18. Cuadro de cálculos estadísticos de nitratos.

Nitratos (mg/l)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	0,69537713	0,63023975	0,5936022	0,36972719	0,52250426	0,43421116
Varianza	0,12529167	0,07933333	0,09666667	0,05316667	0,0145	0,05095833
Desv. Estándar	0,34272575	0,2727178	0,30103986	0,22325714	0,11659224	0,21857136
Coef. Variación	0,49286313	0,43272073	0,50714075	0,60384289	0,22314122	0,50337572
Mediana	0,75	0,7	0,6	0,4	0,6	0,5
Moda	0,8	0,7	0,5	0,3	0,6	0,5
Xmax	1,9	1,5	1,4	0,8	0,7	1,1
Rango	1,6	1,1	1,3	0,7	0,4	0,9
Xmin	0,3	0,4	0,1	0,1	0,3	0,2

Nitratos (mg/l)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	0,42265006	0,46880355	0,42468793	0,35897341	0,61158007
Varianza	0,016	0,04295833	0,04116667	0,04916667	0,16
Desv. Estándar	0,12247449	0,20068243	0,19645292	0,21469455	0,38729833
Coef. Variación	0,28977752	0,42807361	0,46258183	0,59807926	0,63327494
Mediana	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6
Moda	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
Xmax	0,6	0,9	0,9	1,1	1,7
Rango	0,5	0,8	0,7	1	1,4
Xmin	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3



Grafica 15. Valores promedio de Nitratos.

Los valores tanto de nitratos como de nitritos se encuentran dentro de los rangos de referencia según la norma NTE INEN 1108:2014 (0,2 mg/l) y NTE INEN 1108:2014 (50mg/l) respectivamente. Valores bajos de nitritos indica una mínima presencia de coliformes fecales.

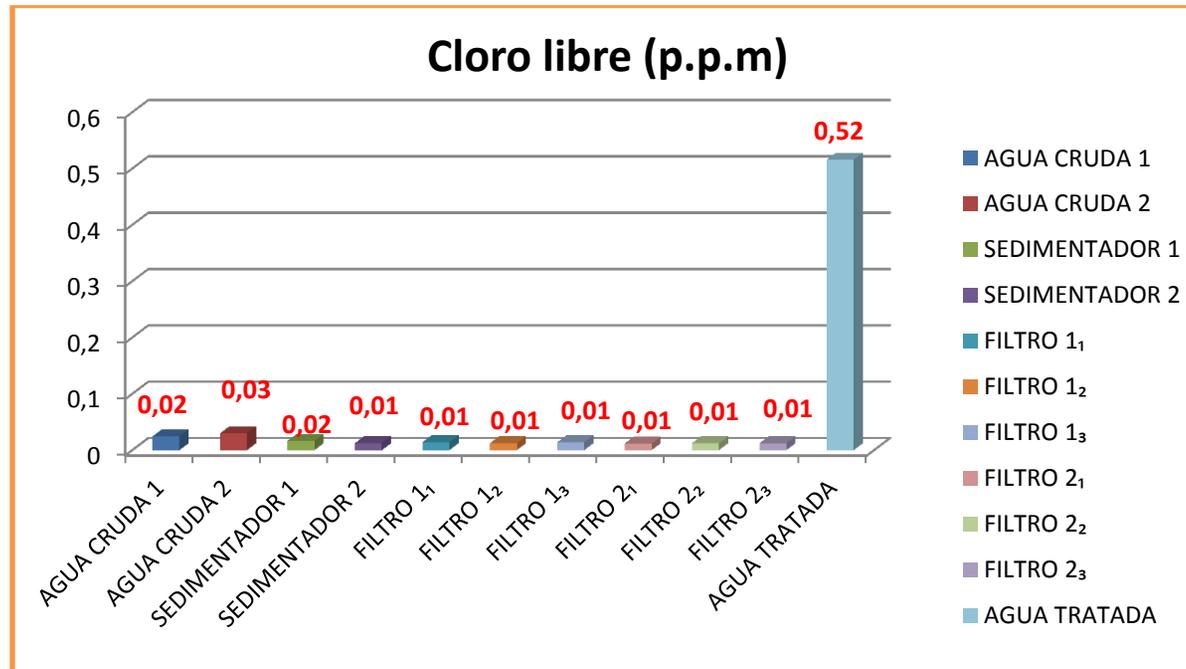


3.11. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE CLORO LIBRE: (Anexo D)

Tabla 19. Cuadro de cálculos estadísticos de cloro libre.

Cloro libre (p.p.m)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	SEDIMENTADOR 1	SEDIMENTADOR 2	FILTRO 1 ₁	FILTRO 1 ₂
Media	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
Varianza	0,00055833	0,00019833	0,00017958	0,000065	6,625E-05	2,2917E-05
Desv. Estándar	0,02287876	0,01363589	0,01297534	0,00780625	0,00788095	0,00463512
Coef. Variación	0,93639403	0,45743101	0,78551562	0,62859431	0,55726733	0,37324112
Mediana	0,02	0,035	0,02	0,01	0,01	0,01
Moda	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
Xmax	0,09	0,05	0,06	0,04	0,04	0,02
Rango	0,08	0,04	0,05	0,03	0,03	0,01
Xmin	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Cloro libre (p.p.m)	FILTRO 1 ₃	FILTRO 2 ₁	FILTRO 2 ₂	FILTRO 2 ₃	AGUA TRATADA
Media	0,01	0,01	0,01	0,01	0,52
Varianza	2,6667E-05	0,00002	2,2917E-05	0,00022667	0,02153333
Desv. Estándar	0,005	0,00433013	0,00463512	0,01457738	0,14208272
Coef. Variación	0,35355339	0,36411883	0,37324112	1,18367395	0,2754359
Mediana	0,015	0,01	0,01	0,01	0,52
Moda	0,01	0,01	0,01	0,01	0,38
Xmax	0,02	0,02	0,02	0,07	0,74
Rango	0,01	0,01	0,01	0,06	0,4
Xmin	0,01	0,01	0,01	0,01	0,34



Grafica 16. Valores promedio de Cloro libre.

El valor promedio del cloro libre residual en el agua tratada es de 0,52 ppm el cual se encuentra dentro del valor de referencia de la norma NTE INEN 1108:2014 que es de 0,3-1,5 ppm para el agua potable. Este parámetro es importante que se encuentre dentro de los valores de referencia ya que así se evitara el crecimiento de microorganismos, por lo tanto el cloro no sólo es un importante desinfectante, sino que también reacciona con el amoniaco, hierro, manganeso y sustancias productoras de olores y sabores; por lo que, en general, mejora notablemente la calidad del agua.

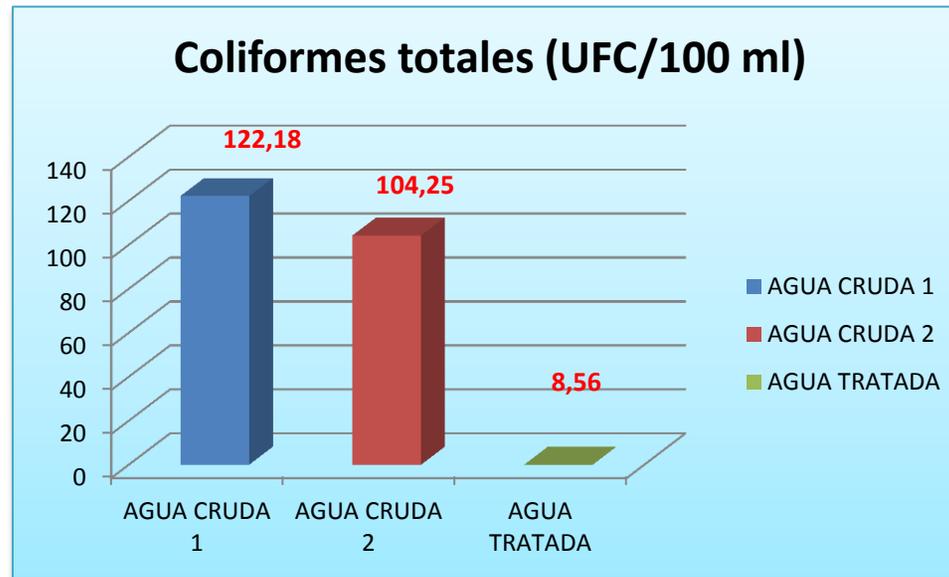


UNIVERSIDAD DE CUENCA

3.12. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE COLIFORMES TOTALES: (Anexo D)

Tabla 20. Cuadro de cálculos estadísticos de Coliformes totales.

Coliformes totales (UFC/100 ml)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	AGUA TRATADA
Media	122,18	104,25	8,56
Varianza	882,729167	1158,62917	8064,5
Desv. Estándar	28,7673182	32,9577736	63,5
Coef. Variación	0,23544727	0,31614236	2,47173415
Mediana	134,5	126,5	68,5
Moda	129	128	
Xmax	162	148	132
Rango	130	98	127
Xmin	32	50	5



Grafica 17. Valores promedio de Coliformes totales.

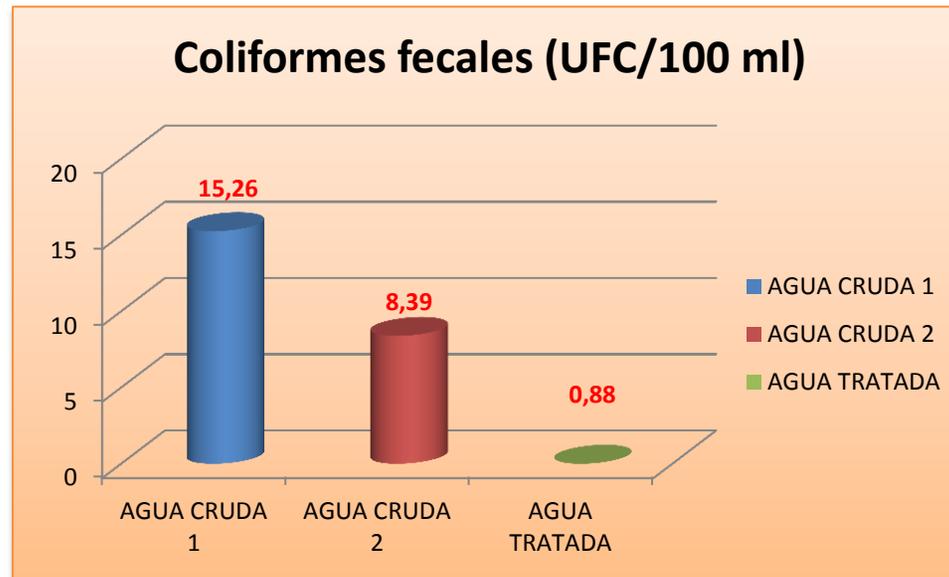


UNIVERSIDAD DE CUENCA

3.13. CUADRO DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS DE COLIFORMES FECALES: (Anexo D)

Tabla 21. Cuadro de cálculos estadísticos de coliformes fecales.

Coliformes totales (UFC/100 ml)	AGUA CRUDA 1	AGUA CRUDA 2	AGUA TRATADA
Media	15,25	8,39	0,88
Varianza	55,98333333	8,91666667	72
Desv. Estándar	7,244610065	2,89125838	6
Coef. Variación	0,474977442	0,34478823	1,66410059
Mediana	17,5	8,5	7
Moda	18	8	
Xmax	34	15	13
Rango	28	11	12
Xmin	6	4	1



Grafica 18. Valores promedio de Coliformes fecales.

Al realizar el análisis se observó que el agua cruda hay contaminación lo que es aceptable ya que aún no recibe tratamiento. En el agua tratada se observó contaminación sólo un día obteniéndose un valor promedio de 8,56 UFC/100 ml de *Coliformes totales* y 0,88 UFC/100 ml de *Coliformes fecales*, en lo cual se determinó que los *Coliformes totales* se encuentran fuera del rango establecido según la norma NTE INEN 1108:2006 (< 1 UFC/100 ml), y los *Coliformes fecales* están dentro del rango establecido según la norma NTE INEN 1108:2014 (< 1 UFC/100ml).

Dicha contaminación se puede deber a la mala toma de la muestra, ya que el momento de tomar la muestra fue directamente de la llave de agua y no del tanque de almacenamiento. La persona que tomó la muestra fue el operador, el mismo que no flameo la llave antes de tomar la muestra.



CONCLUSIONES:

Del estudio del análisis de la calidad del agua, realizado en la Planta Potabilizadora del cantón Chordeleg se establece las siguientes conclusiones:

- El análisis fisicoquímico realizado demuestra que en la mayoría de pruebas cumplen con los parámetros de calidad, establecidos por la norma NTE INEN 1108 – 2014 y 1108 - 2006. Sin embargo el color y sólidos totales disueltos se encuentran fuera de los rangos establecidos.
- En el análisis microbiológico realizado demuestra que en el agua tratada hay presencia de Coliformes totales, no cumpliendo con lo establecido por la OMS (ausencia), dicha contaminación se puede deber a la mala toma de la muestra ya que el momento de tomar la muestra fue directamente de la llave de agua y no del tanque de almacenamiento, sin flamear la llave; sin embargo los Coliformes fecales se encuentran dentro del rango establecido por la norma NTE INEN 1108 – 2014.
- El elevado nivel de Coliformes totales y de color, al igual que el bajo nivel de sólidos totales disueltos, limita considerablemente el uso de dicha agua y un posible rechazo por parte del consumidor.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

RECOMENDACIONES:

- Realizar monitorizaciones periódicas tanto de la planta como en inmuebles para establecer el índice de calidad del agua, y brindar soluciones en caso de posibles falencias.
- Realizar controles de mantenimiento de sedimentadores, floculadores, tanques de almacenamiento y redes de distribución con el objetivo de garantizar las condiciones de potabilización realizadas en la planta, hasta la llegada a los inmuebles.
- Realizar la implementación de un laboratorio básico para el análisis fisicoquímico y microbiológico del agua. (Anexo G)



BIBLIOGRAFÍA

1. Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria.
2. Agua, N. d. (2001). *"Criterios Generales para el Control de la Calidad de Resultados Analíticos"*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/noticias/NMX-AA-115-SCFI-2001.pdf>
3. Agua, N. d. (2001). *Criterios Generales para el Control de la Calidad de resultados Analíticos*. Recuperado el 18 de febrero de 2016, de www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/noticias/MMX-AA-115-SCFI-2001.pdf.
4. Alvarenga Marroquin, G., & Aragon del Valle, E. J. (Julio de 2012). *Determinacion de la calidad microbiologica del agua de piscinas ubicadas en el complejo deportivo de ciudad Merliot*.
5. Ambiental. (2009). Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de <http://www.chib.org/cma/papers/nitrateFSSpanish.pdf>.
6. Aznar Jiménez, A., & Alonso Barba, Á. (2000). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. Recuperado el 12 de Junio de 2015, de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
7. Barreneche, A. (04 de Octubre de 2009). *Aspectos Físicoquímicos de la Calidad del Agua*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2015, de http://www.ingenieriasanitaria.com/web15/manual1/tomo1/ma1_tomo1_cap1.pdf
8. Borner, R. y. (1978). *Microbiological Methods for Monitoring the Environment*. Water and Waster. En Ohio (Ed.).
9. Carbajal Azcona, Á., & González Fernández, M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua*. En V. y. Toxqui, *Agua para la Salud. Pasado, presente y futuro*. Madrid: CSIC.
10. Carbajal Azcona, Á., & González Fernández, M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua*. En V. y. Toxqui, *Agua para la Salud, pasado, presente y futuro*. Madrid: CSIC.
11. Carlos Alberto Severiche Sierra, M. E. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la determinación de Parámetros Físicoquímicos básicos en aguas*. Cartagena de Indias, Colombia: Eumed.
12. HACH, C. (2000). *Manual de Análisis de Aguas*. Loveland.



13. Headquarters. (2000). Manual de análisis de agua . En Lovelan (Ed.).
14. Lenntch. (2006). *Calidad del Agua*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3_Calidad_del_agua.pdf
15. López Martínez, C., Gavidia Catalán, V., & Rueda Sevilla, J. (2004). *Agua*. Bogotá: Solana e Hijos, A.G.S.A.
16. Mandujano, M. A. (2012). Biología, Ecología e Investigación Sobre el Langostino de Río *Macrobrachium carcinus*. Linnaeus,. Palibrio.
17. Martínez A, R., & Albarado Y., L. (Enero de 2013). *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. Recuperado el 06 de Junio de 2015, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482013000100005
18. Mora Alvarado, D. (2009). *Agua* (Primera Edicion ed.). San Jose , Costa Rica : EUNED.
19. Orellana, J. (2005). *Características del Agua Potable*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2015, de http://www.froo.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf
20. Paez Sanabria, L. P. (Noviembre de 2008). Recuperado el 2 de Marzo de 2016, de www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis221.pdf
21. Pérez Farras, L. (Agosto de 2005). *Teoría de la Sedimentación*. Recuperado el 28 de Febrero de 2016, de Instituto de Ingenieria Sanitaria: http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_teorias_sedimentacionm.pdf
22. Rafael Tuesca Molina, D. P. (2015). Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano: Análisis de tendencia de variables para consolidar mapas de riesgo. En U. d. Norte (Ed.). Barranquilla, Colombia.
23. Romero, M. (2007). Tratamientos utilizados en Potabilización de Agua. Guatemala.
24. Salud Pública, I. d. (31 de Agosto de 2010). Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de www.ispch.cl/sites/default/files/documento_tecnica/2010/10/PRT-712.03-009%20V%206%20filtrac%20memb%20colif-E.coli%20agua.pdf



UNIVERSIDAD DE CUENCA

25. Silva, J., Ramirez, L., Alfieri, A., Rivas, G., & Sanchez, M. (Enero de 2004). *Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela.* Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de SCIELO: <http://www.scielo.org.ve/scielo>.
26. Solutios. (2010). Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de <http://www.lenntech.es/sulfatos.htm>.
27. Target, A. (2014). Experto en Gestión Ambiental. México: IC Innovación y Cualificación S.L.
28. Technologies, W. (2007). *Problemas Comunes con el Agua.* Recuperado el 16 de Octubre de 2015, de http://www.excelwater.com/spa/b2c/about_4.php.
29. Vargas, L. d. (2004). *Tratamiento de Agua para consumo humano.* Lima: CEPIS/OPS.
30. Varó Galvañ, P. J., & Segura Beneyto, M. (2009). *Curso de manipulador de agua de consumo humano.* San Vicente: Universidad de Alicante.
31. W, S. (2010). Recuperado el 16 de Octubre de 2015, de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/Fe.htm#1xzz1R6Z4OT>.
32. Zumaeta, M. A. (2004). *Manual para Análisis Básicos de la Calidad del Agua.* Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ABREVIATURAS:

°C: Grados centígrados

Kg/l: Kilogramo por litro

cal: caloría

g: gramo

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

pH: Potencial de Hidrógeno

%: Porcentaje

mg/l: miligramos por litro

NO₂: Nitritos

NO₃: Nitratos

ETAP: Estaciones de tratamiento de agua potable

PVC: Policloruro de vinilo

JAAP: Junta Administradora de Agua Potable de la Parroquia de Baños

mL: mililitros

Pt Co: Platino- Cobalto

UC: Unidades de color

EDTA: ácido etilendiaminotetraacético

UFC: Unidades formadoras de colonias

STD: Solidos totales disueltos.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

GLOSARIO:

Electronegativos: es una medida de la capacidad de un átomo (o de manera menos frecuente de un grupo funcional) para atraer a los electrones, cuando forma un enlace químico en una molécula.

Atracción electrostática: Atracción entre dos cuerpos debida exclusivamente a la existencia de cargas eléctricas de distinto signo.

Cohesión: Unión entre las moléculas de un cuerpo, debida a la fuerza de atracción molecular.

Turbidímetro: es un instrumento nefelométrico que mide la turbidez causada por partículas suspendidas en un líquido. Haciendo pasar un rayo de luz a través de la muestra se mide la luz reflejada por las partículas en un ángulo de 90° con respecto al rayo incidente.

Espectrofotometría: es la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe o transmite un sistema químico en función de la longitud de onda; es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones químicas y bioquímicas.

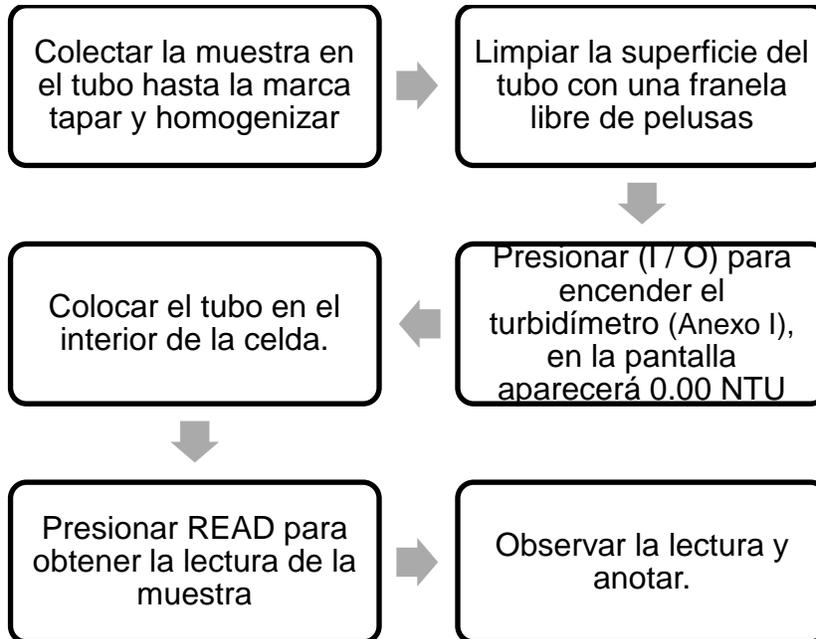
Flóculos: agrupación de partículas



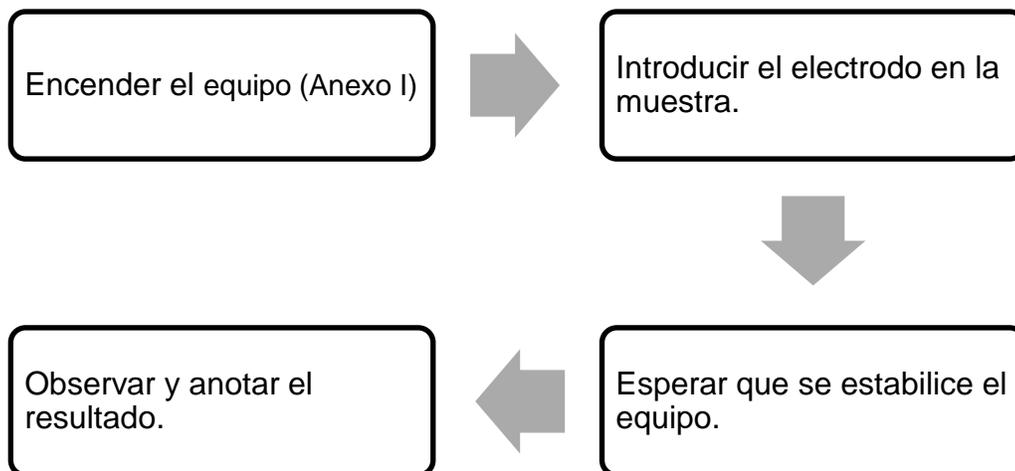
ANEXOS:

ANEXO A: PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS FÍSICOS

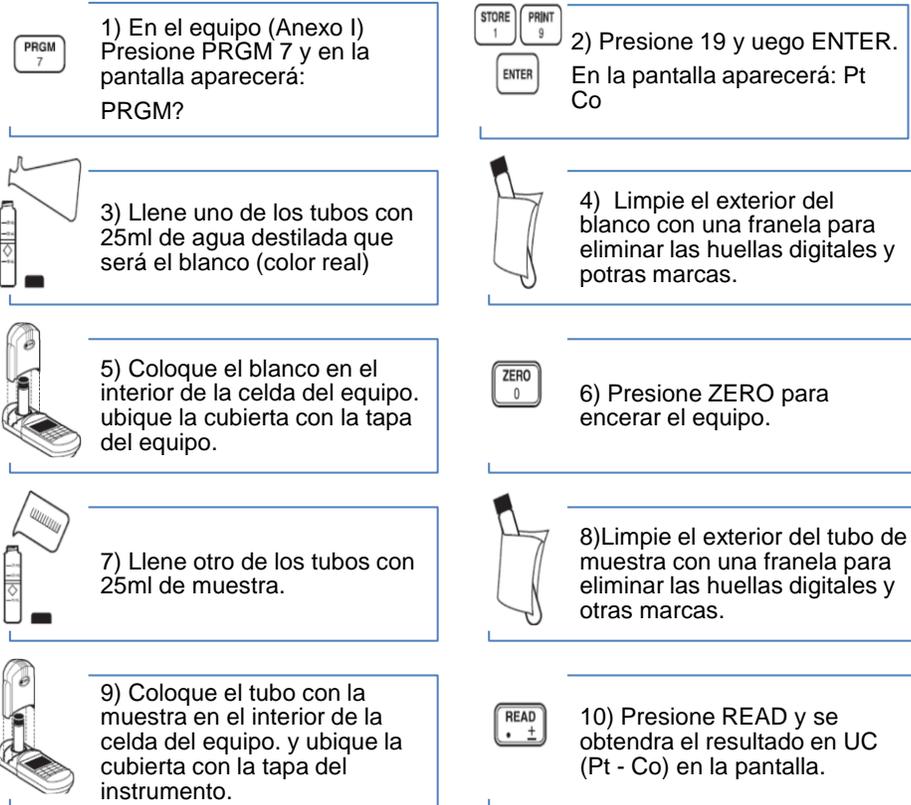
DETERMINACIÓN DE TURBIDEZ



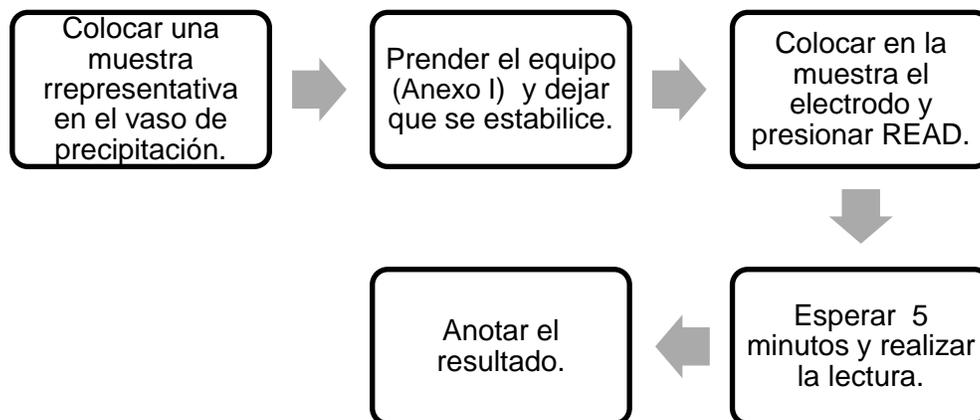
DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES



DETERMINACIÓN DE COLOR

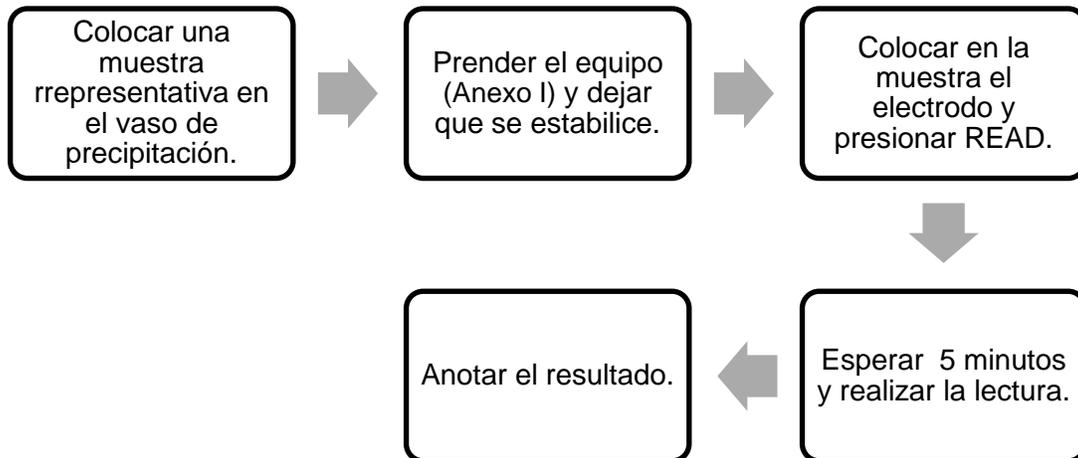


DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA

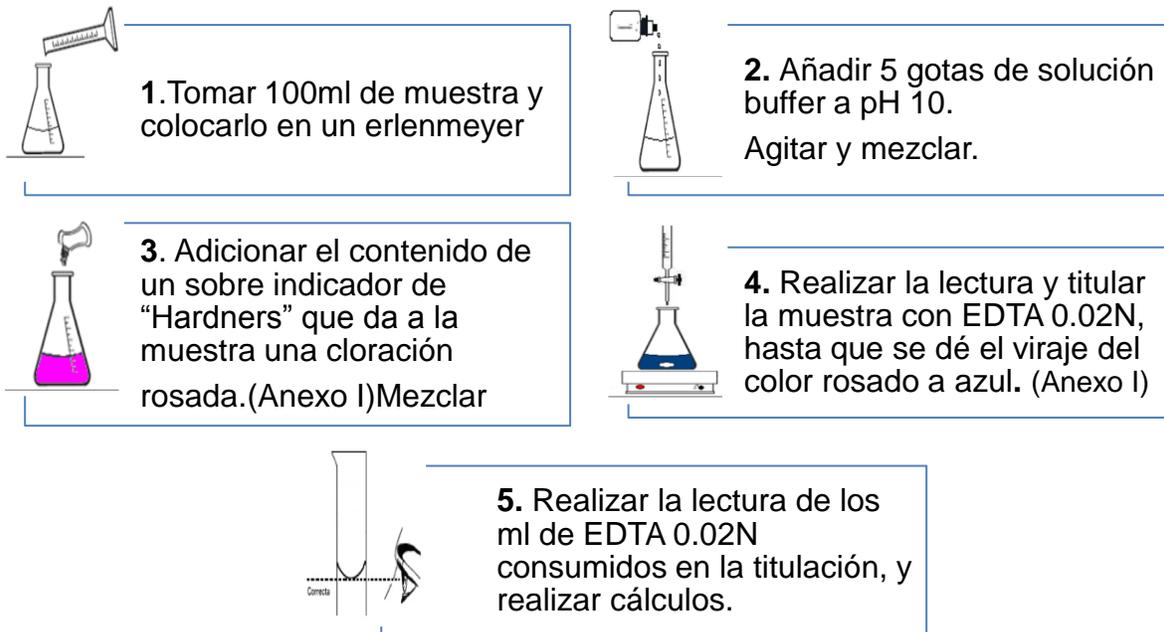




ANEXO B: PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS QUÍMICO. DETERMINACIÓN DE pH



DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL: MÉTODO TITULOMÉTRICO CON EDTA.





DETERMINACIÓN DE DUREZA CÁLCICA: MÉTODO TITULOMÉTRICO CON EDTA.



1. Tomar 100ml de muestra y colocarlo en un erlenmeyer



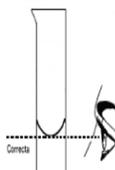
2. Añadir 5 gotas de solución buffer.
Mezclar.



3. Adicionar el contenido de un sobre indicador de "Cal Ver ® 2 Calcium" que da a la muestra una cloración rosada.(Anexo I) Mezclar.



4. Realizar la lectura y titular la muestra con EDTA 0.02N, hasta que se dé el viraje del color rosado a azul.(Anexo I)



5. Realizar la lectura de los ml de EDTA 0.02N consumidos en la titulación, y realizar cálculos.

DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD: MÉTODO DE TITULACIÓN.



1. Tomar 100ml de muestra y colocarlo en un erlenmeyer



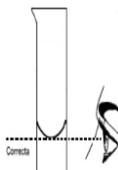
2. Añadir 5 gotas de indicador de Fenolftaleína, agitar. Observar si existe cambio de coloración, de no haberlo procedemos al siguiente paso.



3. Adicionar el contenido de un sobre indicador de Bromocresol Green – Methyl / Red Indicator Powder (HACH) que da a la muestra una cloración verde.(Anexo I)



4. Realizar la lectura del ácido sulfúrico 0.02N, y titular la muestra hasta que se dé el viraje del color verde a celeste.(Anexo I)



5. Realizar la lectura de los ml de Ácido Sulfúrico 0.02N consumidos en la titulación, y realizar cálculos.

DETERMINACIÓN DE HIERRO

-  1) En el equipo (Anexo I) Presione PRGM 7 y en la pantalla aparecerá: PRGM?
-  2) Presione 33 y luego ENTER.
En la pantalla aparecerá: Fe mg/l y el icono CERO
-  3) Llene los tubos con 10ml de muestra.
-  4) Añadir el contenido del reactivo en polvo FerroVer. Tapar y agitar para disolver. Se forma un color naranja si el hierro esta presente.
-  5) Preione TIMER aparecerá en la pantalla un tiempo de reacción de 3 minutos y luego ENTER y comienza a correr el tiempo.
-  6) Despues de que el temporizador haya finalizado, llene otro de los tubos con 10ml de muestra que será el blanco.
-  7) Limpie el exterior del tubo del blanco con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.
-  8) Coloque el tubo con el blanco en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.
-  9) Presione ZERO para encerar el equipo. Se observará en la pantalla 0.00 mg/L Fe.
-  10) Limpie el exterior del tubo de muestra con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.
-  11) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.
-  12) Presione READ y se obtendra el resultado en mg/L de Hierro en la pantalla.

DETERMINACIÓN DE NITRATOS

-  1) En el equipo Presione PRGM 7 (Anexo I) y en la pantalla aparecerá: PRGM?
-  2) Presione 51 y luego ENTER.
En la pantalla aparecerá: NO3 mg/l y el icono CERO
-  3) Llene los tubos con 10ml de muestra.
-  4) Añadir el contenido del reactivo en polvo NitraVer5. Tapar y agitar para disolver.
-  5) Preione TIMER aparecerá en la pantalla un tiempo de reacción de 1 minutoy luego ENTER y comienza a correr el tiempo.
-  6) Después de que el temporizador suena, la pantalla mostrará un segundo tiempo de 5 minutos, se presiona ENTER.
-  7) Despues de que el temporizador haya finalizado, llene otro de los tubos con 10ml de muestra que será el blanco.
-  8) Limpie el exterior del tubo del blanco con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.
-  9) Coloque el tubo con el blanco en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.
-  10) Presione ZERO para encerar el equipo. Se observará en la pantalla 0.0mg/L NO3.
-  11) Limpie el exterior del tubo de muestra con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.
-  12) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.
-  13) Presione READ y se obtendra el resultado en mg/L de Nitratos en la pantalla.

DETERMINACIÓN DE NITRITOS

 <p>1) En el equipo Presione PRGM 7 (Anexo I) y en la pantalla aparecerá: PRGM?</p>	 <p>2) Presione 60 y luego ENTER. En la pantalla aparecerá: NO2 mg/l y el icono CERO</p>
 <p>3) Llene los tubos con 10ml de muestra.</p>	 <p>4) Añadir el contenido del reactivo en polvo NitriVer3. Tapar y agitar para disolver.</p>
 <p>5) Presione TIMER aparecerá en la pantalla un tiempo de reacción de 15 minutos y luego ENTER y comienza a correr el tiempo.</p>	 <p>6) Después de que el temporizador haya finalizado, llene otro de los tubos con 10ml de muestra que será el blanco.</p>
 <p>7) Limpie el exterior del tubo del blanco con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.</p>	 <p>8) Coloque el tubo con el blanco en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.</p>
 <p>9) Presione ZERO para encerrar el equipo. Se observará en la pantalla 0.000mg/L NO2.</p>	 <p>10) Limpie el exterior del tubo de muestra con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.</p>
 <p>11) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.</p>	 <p>12) Presione READ y se obtendrá el resultado en mg/L de Nitritos en la pantalla.</p>

DETERMINACIÓN DE SULFATOS

 <p>1) En el equipo Presione PRGM 7 (Anexo I) y en la pantalla aparecerá: PRGM?</p>	 <p>2) Presione 91 y luego ENTER. En la pantalla aparecerá: SO₄ mg/l y el icono CERO</p>
 <p>3) Llene uno de los tubos con 10ml de muestra.</p>	 <p>4) Añadir el contenido del reactivo en polvo Sulfa Ver 4. Tapar y agitar para disolver.</p>
 <p>5) Presione TIMER aparecerá en la pantalla un tiempo de reacción de 5 minutos y luego ENTER y comienza a correr el tiempo.</p>	 <p>6) Después de que el temporizador haya finalizado, llene otro de los tubos con 10ml de muestra que será el blanco.</p>
 <p>7) Limpie el exterior del tubo del blanco con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.</p>	 <p>8) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo. y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.</p>
 <p>9) Presione ZERO para encerrar el equipo. Se observará en la pantalla 0 mg/L SO₄.</p>	 <p>10) Limpie el exterior del tubo de muestra con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.</p>
 <p>11) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo. y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.</p>	 <p>12) Presione READ y se obtendrá el resultado en mg/L de sulfato en la pantalla.</p>

DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL

-  1) En el equipo Presione PRGM 7 (Anexo I) y en la pantalla aparecerá: PRGM?
-  2) Presione 9 y luego ENTER.
En la pantalla aparecerá: Cl2mg/l y el icono CERO
-  3) Llene los tubos con 10ml de muestra.
-  4) Añadir el contenido del reactivo en polvo DPD para cloro libre. Tapar y agitar para disolver. Se forma un color rosa si esta presente.
-  5) Llene otro de los tubos con 10ml de muestra que será el blanco.
-  6) Limpie el exterior del tubo del blanco con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.
-  7) Coloque el tubo con el blanco en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.
-  8) Presione ZERO para encerrar el equipo.
-  9) Limpie el exterior del tubo de muestra con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.
-  10) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.
-  11) Presione READ y se obtendrá el resultado en mg/L de Cloro en la pantalla.



ANEXO C: PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

- ✓ Abra la placa PetriPadMillipore (placas de Petri estériles cargadas con un cartón absorbente estéril).
- ✓ Abra una ampolla de 2ml del medio adecuado (Coliformes Totales o Coliformes Fecales) y viértalo sobre el cartón absorbente, distribuyéndolo por toda la superficie. Cierre la placa de Petri y márkela adecuadamente para su posterior identificación.
- ✓ Tenga las pinzas sumergidas en alcohol y flamee sus bordes antes de manejar la membrana. Coloque una membrana *S-Pak* o *EZ-Pak* (estéril), centrada y con la cuadrícula hacia arriba, sobre la base del portafiltros.
- ✓ Agite la muestra de agua en su propio recipiente y añádala al portafiltros. Vierta siempre un volumen conocido de muestra, con la mayor precisión posible.
- ✓ Conecte el vacío y filtre la muestra.
- ✓ Desconecte el vacío y retire el embudo.
- ✓ Tome la membrana con las pinzas flameadas, y colóquela con la cuadrícula hacia arriba en la placa de Petri. Evite que se forme bolsas de aire entre la membrana y el cartón ya que esto provocaría que haya zonas en la membrana sin empapar de medio de cultivo, dificultando el crecimiento bacteriano.
- ✓ Cierre la placa Petri.
- ✓ Invierta la placa de Petri (para evitar que el vapor condensado caiga sobre la superficie de la membrana) e incúbela durante un tiempo y temperatura adecuados.
- ✓ Extraiga la placa Petri de la estufa incubadora y cuente las colonias que presenten el aspecto característico de cada tipo de microorganismos. Utilizando la lupa estereoscópica Millipore, con fuente de luz fluorescente incidente sobre el filtro. Tras la incubación, abra la placa Petri y lea directamente, o póngala abierta en la base de la lupa estereoscópica binocular y lea. Expresé siempre los resultados en Unidades Formadoras de Colonias por cada 100ml de muestra original (UFC/100ml de muestra).



ANEXO D. CUADRO DE DATOS

Tabla 22. Datos obtenidos en el análisis

AGUA CRUDA 1								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,76	6,87	6,46	6,65	6,82	6,47	6,51	6,54
Temperatura (°C)	18,1	18,4	18,7	18,0	18,4	17,8	18,2	18,4
Color (UC Pt-Co)	6	8	9	9	10	14	16	16
Turbiedad (NTU)	1,25	1,20	1,45	1,57	1,62	1,71	1,65	1,45
STD (mg/l)	17	17	18	18	17	17	18	18
Dureza total (mg/l)	2,0	2,2	2,4	2,5	1,8	2,3	2,1	2,3
Dureza cálcica (mg/l)	1,4	1,7	1,7	1,8	1,4	1,7	1,6	1,8
Dureza Magnésica (mg/l)	0,6	0,5	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5
Alcalinidad (mg/l)	1,8	2,0	2,1	1,9	2,1	2,3	1,7	1,7
Hierro (mg/l)	0,20	0,16	0,16	0,17	0,17	0,22	0,17	0,18
Sulfatos (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitritos (mg/l)	0,004	0,003	0,005	0,004	0,006	0,004	0,005	0,006
Nitratos (mg/l)	0,4	0,6	0,7	0,9	0,7	0,8	0,6	0,8
Cloro libre (p.p.m.)	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02
Coliformes T (UFC/100 ml)	140	132	129	132	154	143	162	139



Coliformes F (UFC/100 ml)	22	34	23	15	18	17	25	18
AGUA CRUDA 1								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,56	6,78	6,80	6,66	6,43	6,65	6,83	7,03
Temperatura (°C)	18,0	18,2	18,6	19,3	19,3	18,0	19,0	17,9
Color (UC Pt-Co)	18	18	20	48	33	45	42	152
Turbiedad (NTU)	1,37	1,22	1,57	1,80	1,71	1,69	1,80	8,73
STD (mg/l)	17	18	17	16	18	18	19	14
Dureza total (mg/l)	1,8	1,8	2,4	1,9	1,8	2,0	2,0	2,1
Dureza cálcica (mg/l)	1,7	1,8	1,7	1,5	1,6	1,5	1,6	1,3
Dureza Magnésica(mg/l)	0,1	0,1	0,7	0,4	0,2	0,5	0,4	0,8
Alcalinidad (mg/l)	1,6	2,0	1,9	1,6	2,0	2,0	2,0	1,5
Hierro (mg/l)	0,16	0,24	0,17	0,20	0,16	0,17	0,22	0,80
Sulfatos (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	2
Nitritos (mg/l)	0,006	0,003	0,008	0,003	0,005	0,006	0,006	0,012
Nitratos (mg/l)	0,8	0,3	0,9	0,4	0,8	0,8	0,7	1,9
Cloro libre (p.p.m.)	0,05	0,07	0,02	0,01	0,05	0,01	0,04	0,09
Coliformes T (UFC/100 ml)	137	145	129	118	127	105	110	147
Coliformes F (UFC/100 ml)	9	23	10	15	8	6	9	18



UNIVERSIDAD DE CUENCA

AGUA CRUDA 2								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,45	6,52	6,56	6,61	6,40	6,86	6,76	6,69
Temperatura (°C)	20,1	19,2	18,5	19,3	18,9	19,5	18,1	18,4
Color (UC Pt-Co)	45	38	26	31	48	49	43	37
Turbiedad (NTU)	1,68	1,56	1,76	1,88	1,95	1,62	1,97	1,77
STD (mg/l)	24	20	19	25	27	24	20	19
Dureza total (mg/l)	2,2	2,1	2,1	2,4	2,1	2,0	1,9	2,2
Dureza cálcica (mg/l)	1,9	1,8	1,7	1,9	1,8	1,8	1,5	1,9
Dureza Magnésica (mg/l)	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,2	0,4	0,3
Alcalinidad (mg/l)	2,5	2,8	2,4	2,3	2,1	2,3	2,3	2,5
Hierro (mg/l)	0,18	0,19	0,16	0,17	0,17	0,20	0,18	0,19
Sulfatos (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitritos (mg/l)	0,03	0,003	0,005	0,006	0,005	0,003	0,003	0,004
Nitratos (mg/l)	0,7	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03
Coliformes T (UFC/100 ml)	148	137	128	132	128	125	134	123

Autoras: Jenny Quintuña.
Mayra Samaniego.



Coliformes F (UFC/100 ml)	13	8	12	15	11	10	8	10
AGUA CRUDA 2								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,70	6,86	6,81	6,65	6,50	6,65	6,87	6,94
Temperatura (°C)	22,4	20,1	18,0	19,6	20,5	18,9	19,4	18,0
Color (UC Pt-Co)	26	49	29	36	40	48	44	84
Turbiedad (NTU)	1,66	2,71	1,77	1,40	2,26	1,89	1,49	5,34
STD (mg/l)	25	23	20	24	28	28	25	19
Dureza total (mg/l)	2,4	2,0	2,7	2,1	2,3	2,1	2,1	2,2
Dureza cálcica (mg/l)	2,0	1,9	1,4	1,9	1,9	2,0	1,9	1,8
Dureza Magnésica (mg/l)	0,4	0,1	1,3	0,2	0,4	0,1	0,2	0,4
Alcalinidad (mg/l)	2,4	2,6	2,0	2,3	2,1	2,1	2,3	1,5
Hierro (mg/l)	0,19	0,14	0,13	0,17	0,15	0,18	0,19	0,48
Sulfatos (mg/l)	1	0	0	0	0	0	0	1
Nitritos (mg/l)	0,003	0,003	0,006	0,003	0,005	0,004	0,006	0,007
Nitratos (mg/l)	0,4	0,4	0,7	0,5	0,4	1,0	0,4	1,5
Cloro libre (mg/l)	0,04	0,05	0,03	0,01	0,01	0,05	0,03	0,05



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Coliformes T (UFC/100 ml)	128	118	110	138	54	50	60	58
Coliformes F (UFC/100 ml)	8	7	6	10	5	4	9	6

SEDIMENTADOR 1								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,45	6,75	6,56	6,46	6,66	6,70	6,72	6,69
Temperatura (°C)	18,3	20,2	18,7	18,3	20,6	20,1	18,4	18,6
Color (UC Pt-Co)	26	12	16	34	27	18	21	23
Turbiedad (NTU)	1,43	1,25	1,12	0,89	1,24	1,29	0,47	1,55
STD (mg/l)	17	20	21	23	19	20	21	19
Dureza total (mg/l)	2,1	2,3	2,3	2,2	1,8	2,3	2,3	2,0
Dureza cálcica (mg/l)	1,5	1,8	1,7	1,8	1,2	1,8	1,9	1,7
Dureza Magnésica (mg/l)	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3
Alcalinidad (mg/l)	1,4	1,5	1,4	2,0	1,5	1,6	1,5	1,5
Hierro (mg/l)	0,16	0,18	0,14	0,14	0,15	0,18	0,09	0,05
Sulfatos (mg/l)	1	1	2	1	1	1	0	1



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Nitritos (mg/l)	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,004	0,003	0,004
Nitratos (mg/l)	0.5	0.6	0,6	0,6	0,7	1,1	0,9	0,7
Cloro libre (mg/l)	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02
SEDIMENTADOR 1								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,46	6,90	6,83	6,64	6,56	6,72	6,85	6,77
Temperatura (°C)	20,5	20,8	18,2	20,4	20,4	18,8	20,0	18,3
Color (UC Pt-Co)	9	26	3	25	28	35	34	34
Turbiedad (NTU)	1,34	1,68	0,70	1,11	1,45	0,59	1,43	2,73
STD (mg/l)	23	20	24	19	20	21	20	17
Dureza total (mg/l)	1,9	1,9	2,6	2,3	2,0	1,9	1,8	2,4
Dureza cálcica (mg/l)	1,2	1,1	1,1	1,3	1,2	1,8	1,1	1,2
Dureza Magnésica (mg/l)	0,7	0,8	1,5	1	0,8	0,1	0,7	1,2
Alcalinidad (mg/l)	1,5	2,0	1,5	1,5	1,9	1,4	1,5	0,9
Hierro (mg/l)	0,14	0,16	0,06	0,06	0,08	0,02	0,18	0,15
Sulfatos (mg/l)	0	1	3	3	2	2	3	6
Nitritos (mg/l)	0,004	0,004	0,004	0,003	0,007	0,004	0,006	0,007

Autoras: Jenny Quintuña.
Mayra Samaniego.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Nitratos (mg/l)	0,1	0,5	1,4	0,4	0,9	0,5	0,4	0,9
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,06	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02

SEDIMENTADOR 2								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,80	6,67	6,34	6,53	6,66	6,71	6,73	6,82
Temperatura (°C)	18,7	20,0	18,9	19,2	20,3	18,4	18,7	20,4
Color (UC Pt-Co)	15	12	7	30	18	22	28	5
Turbiedad (NTU)	0,43	0,65	0,39	0,33	0,72	0,48	0,62	0,79
STD (mg/l)	17	20	21	23	19	20	21	19
Dureza total (mg/l)	2,1	2,3	2,3	2,2	1,8	2,3	2,3	2,0
Dureza cálcica (mg/l)	1,5	1,8	1,7	1,8	1,2	1,8	1,9	1,7
Dureza Magnésica (mg/l)	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3
Alcalinidad (mg/l)	1,4	1,5	1,4	2,0	1,5	1,6	1,5	1,5
Hierro (mg/l)	0,16	0,18	0,14	0,14	0,15	0,18	0,09	0,05
Sulfatos (mg/l)	2	2	2	3	2	2	3	3
Nitritos (mg/l)	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,006

Autoras: Jenny Quintuña.
Mayra Samaniego.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Nitratos (mg/l)	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,3	0,5
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
SEDIMENTADOR 2								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,75	6,80	6,76	6,62	6,53	6,63	6,78	6,72
Temperatura (°C)	19,6	20,4	18,6	21,0	20,1	19,0	20,3	18,1
Color (UC Pt-Co)	12	26	0	34	21	6	37	7
Turbiedad (NTU)	0,65	0,74	0,64	0,71	0,47	0,41	0,57	0,67
STD (mg/l)	22	26	26	27	28	27	28	23
Dureza total (mg/l)	1,9	1,9	2,5	2,2	2,0	1,9	2,1	1,9
Dureza cálcica (mg/l)	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,4
Dureza Magnésica (mg/l)	0,5	0,4	1	0,6	0,4	0,2	0,3	0,5
Alcalinidad (mg/l)	1,6	2,2	1,7	1,6	1,8	1,8	1,5	1,0
Hierro (mg/l)	0,02	0,01	0,04	0,06	0,01	0,03	0,10	0,13
Sulfatos (mg/l)	3	3	3	5	5	5	6	7
Nitritos (mg/l)	0,003	0,006	0,007	0,003	0,006	0,004	0,005	0,004
Nitratos (mg/l)	0,2	0,4	0,1	0,1	0,3	0,7	0,6	0,8

Autoras: Jenny Quintuña.
Mayra Samaniego.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Cloro libre (mg/l)	0,02	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
--------------------	------	------	------	------	------	------	------	------

FILTRO 1,								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,45	6,85	6,66	6,36	6,58	6,56	6,67	6,48
Temperatura (°C)	18,9	19,2	19,0	19,4	20,1	19,0	19,3	19,6
Color (UC Pt-Co)	27	18	31	10	21	36	15	4
Turbiedad (NTU)	0,98	0,55	0,78	1,12	0,48	0,59	1,35	0,64
STD (mg/l)	19	20	21	21	19	19	21	20
Dureza total (mg/l)	2,1	2,1	2,2	2,1	1,8	1,9	2,2	2,1
Dureza cálcica (mg/l)	1,9	1,9	1,8	1,9	1,4	1,6	1,9	1,8
Dureza Magnésica (mg/l)	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3
Alcalinidad (mg/l)	1,5	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,7
Hierro (mg/l)	0,06	0,10	0,11	0,04	0,06	0,07	0,10	0,06
Sulfatos (mg/l)	1	2	1	1	2	2	1	2
Nitritos (mg/l)	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004	0,005	0,004	0,005
Nitratos (mg/l)	0,6	0,5	0,5	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6

Autoras: Jenny Quintuña.
Mayra Samaniego.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Cloro libre (mg/l)	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
FILTRO 1,								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,39	6,92	6,79	6,69	6,59	6,69	6,83	6,66
Temperatura (°C)	22,5	20,5	18,1	19,9	19,2	19,5	20,2	18,5
Color (UC Pt-Co)	0	43	10	36	23	30	27	27
Turbiedad (NTU)	0,78	1,59	0,65	0,68	1,44	0,57	1,04	2,28
STD (mg/l)	23	19	21	19	19	22	21	17
Dureza total (mg/l)	2,1	2,0	2,0	1,7	1,8	1,8	2,0	1,5
Dureza cálcica (mg/l)	1,4	1,4	1,1	1,3	1,1	1,1	1,3	1,0
Dureza Magnésica (mg/l)	0,7	0,6	0,9	0,4	0,7	0,7	0,7	0,5
Alcalinidad (mg/l)	1,5	1,9	1,4	1,4	1,5	1,4	1,6	0,5
Hierro (mg/l)	0,11	0,19	0,05	0,03	0,09	0,05	0,12	0,11
Sulfatos (mg/l)	3	1	2	2	2	2	2	8
Nitritos (mg/l)	0,004	0,003	0,005	0,004	0,004	0,003	0,005	0,008
Nitratos (mg/l)	0,3	0,6	0,7	0,3	0,6	0,6	0,6	0,5
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Autoras: Jenny Quintuña.
Mayra Samaniego.



FILTRO 1 ₂								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,48	6,80	6,64	6,41	6,59	6,61	6,69	6,59
Temperatura (°C)	19,1	19,4	19,2	19,6	20,0	19,2	19,7	19,9
Color (UC Pt-Co)	29	16	29	12	19	33	17	8
Turbiedad (NTU)	0,95	0,53	0,80	1,15	0,48	0,61	1,29	0,66
STD (mg/l)	19	19	20	21	19	20	21	21
Dureza total (mg/l)	2,1	2,0	2,1	2,2	1,9	1,8	2,2	2,0
Dureza cálcica (mg/l)	1,8	1,8	1,9	1,7	1,5	1,5	1,8	1,7
Dureza Magnésica (mg/l)	0,3	0,2	0,2	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3
Alcalinidad (mg/l)	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5
Hierro (mg/l)	0,10	0,09	0,12	0,05	0,04	0,06	0,08	0,07
Sulfatos (mg/l)	1	2	1	1	1	2	2	1
Nitritos (mg/l)	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,004	0,005	0,004
Nitratos (mg/l)	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,7
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FILTRO 1₂								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,32	6,87	6,83	6,71	6,60	6,71	6,82	6,64
Temperatura (°C)	21,4	20,7	18,2	19,9	19,0	19,2	20,6	19,0
Color (UC Pt-Co)	9	46	20	17	27	8	37	26
Turbiedad (NTU)	0,81	1,61	0,57	0,70	1,35	0,66	0,95	2,07
STD (mg/l)	22	20	20	21	20	21	20	17
Dureza total (mg/l)	2,3	2,4	2,2	2,0	1,8	2,0	2,0	1,3
Dureza cálcica (mg/l)	1,5	1,2	1,7	1,2	1,7	1,4	1,2	1,0
Dureza Magnésica (mg/l)	0,8	1,2	0,5	0,8	0,1	0,6	0,8	0,3
Alcalinidad (mg/l)	1,5	1,9	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	0,5
Hierro (mg/l)	0,09	0,14	0,03	0,05	0,09	0,06	0,06	0,22
Sulfatos (mg/l)	2	0	2	2	2	2	2	7
Nitritos (mg/l)	0,005	0,008	0,006	0,002	0,003	0,002	0,006	0,009
Nitratos (mg/l)	0,2	0,3	1,1	0,2	0,5	0,2	0,6	0,6
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01



FILTRO 1₃								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,46	6,78	6,64	6,42	6,56	6,62	6,67	6,62
Temperatura (°C)	19,2	19,3	19,3	19,4	19,9	19,4	19,7	19,9
Color (UC Pt-Co)	27	16	28	13	18	31	19	9
Turbiedad (NTU)	0,96	0,55	0,81	1,12	0,50	0,60	1,25	0,67
STD (mg/l)	19	19	19	20	19	21	21	21
Dureza total (mg/l)	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9	1,8	2,1	2,1
Dureza cálcica (mg/l)	1,8	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,9	1,8
Dureza Magnésica (mg/l)	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
Alcalinidad (mg/l)	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4
Hierro (mg/l)	0,10	0,10	0,12	0,07	0,05	0,06	0,07	0,07
Sulfatos (mg/l)	1	2	2	1	2	2	2	2
Nitritos (mg/l)	0,003	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004
Nitratos (mg/l)	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02



FILTRO 1₃								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,31	6,88	6,82	6,70	6,58	6,65	6,83	6,55
Temperatura (°C)	21,0	20,4	18,5	20,0	19,2	19,6	20,1	19,0
Color (UC Pt-Co)	12	46	10	19	30	21	35	27
Turbiedad (NTU)	0,79	1,76	1,07	0,62	1,18	0,67	0,92	2,32
STD (mg/l)	21	19	20	25	21	21	20	18
Dureza total (mg/l)	2,1	2,4	2,4	2,0	1,9	1,8	1,9	1,3
Dureza cálcica (mg/l)	1,4	1,4	1,3	1,4	1,1	1,3	1,4	1,0
Dureza Magnésica (mg/l)	0,7	1	1,1	0,6	0,8	0,5	0,5	0,3
Alcalinidad (mg/l)	1,5	1,9	1,4	1,5	1,7	1,5	1,6	0,6
Hierro (mg/l)	0,09	0,15	0,05	0,06	0,05	0,05	0,13	0,11
Sulfatos (mg/l)	2	0	3	2	2	2	3	7
Nitritos (mg/l)	0,001	0,002	0,008	0,001	0,004	0,009	0,003	0,016
Nitratos (mg/l)	0,1	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,6
Cloro libre (mg/l)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01



FILTRO 2,								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,52	6,77	6,64	6,47	6,59	6,62	6,65	6,64
Temperatura (°C)	19,3	19,2	19,3	19,4	19,5	19,4	19,7	19,6
Color (UC Pt-Co)	21	16	25	15	18	29	19	10
Turbiedad (NTU)	0,94	0,58	0,79	1,10	0,54	0,60	1,22	0,69
STD (mg/l)	18	19	19	20	20	21	21	20
Dureza total (mg/l)	2,0	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	2,1	2,1
Dureza cálcica (mg/l)	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,9	1,9
Dureza Magnésica (mg/l)	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Alcalinidad (mg/l)	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6
Hierro (mg/l)	0,12	0,10	0,12	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08
Sulfatos (mg/l)	2	2	1	1	2	2	2	2
Nitritos (mg/l)	0,003	0,003	0,005	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004
Nitratos (mg/l)	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FILTRO 2,								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,37	6,82	6,76	6,65	6,52	6,65	6,74	6,00
Temperatura (°C)	21,9	20,8	18,2	20,6	19,9	19,6	19,6	18,3
Color (UC Pt-Co)	6	52	24	18	18	31	28	34
Turbiedad (NTU)	0,57	0,69	0,77	0,60	0,49	0,50	0,62	0,92
STD (mg/l)	30	27	27	27	28	27	28	23
Dureza total (mg/l)	2,2	2,6	2,7	2,1	2,2	2,2	2,3	1,9
Dureza cálcica (mg/l)	1,5	1,6	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7
Dureza Magnésica (mg/l)	0,7	1	0,9	0,3	0,5	0,5	0,6	0,2
Alcalinidad (mg/l)	1,7	2,1	1,7	1,5	1,7	1,8	1,8	0,9
Hierro (mg/l)	0,06	0,09	0,01	0,03	0,02	0,03	0,06	0,19
Sulfatos (mg/l)	3	3	2	5	4	4	6	7
Nitritos (mg/l)	0,003	0,002	0,006	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005
Nitratos (mg/l)	0,1	0,3	0,9	0,8	0,4	0,5	0,8	0,7
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02



FILTRO 2₂								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,58	6,73	6,65	6,48	6,61	6,63	6,66	6,66
Temperatura (°C)	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,5	19,7	19,7
Color (UC Pt-Co)	22	15	22	17	19	24	20	12
Turbiedad (NTU)	0,96	0,60	0,81	1,12	0,55	0,60	1,20	0,72
STD (mg/l)	19	19	19	20	20	20	21	21
Dureza total (mg/l)	2,1	2,2	2,2	2,1	2,1	1,9	2,1	2,1
Dureza cálcica (mg/l)	1,9	1,8	1,9	1,8	1,9	1,6	1,9	1,8
Dureza Magnésica (mg/l)	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Alcalinidad (mg/l)	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,6
Hierro (mg/l)	0,10	0,10	0,12	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
Sulfatos (mg/l)	1	2	1	1	2	1	2	2
Nitritos (mg/l)	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,003	0,004	0,005
Nitratos (mg/l)	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,6
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FILTRO 2 ₂								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,36	6,82	6,76	6,65	6,55	6,63	6,73	6,28
Temperatura (°C)	21,9	20,6	17,9	20,6	19,6	18,8	19,6	18,1
Color (UC Pt-Co)	8	31	8	23	19	16	28	20
Turbiedad (NTU)	0,76	0,89	0,61	0,52	0,48	0,45	0,75	0,83
STD (mg/l)	31	25	27	22	28	28	28	24
Dureza total (mg/l)	2,0	2,8	2,0	2,0	2,3	2,1	2,2	1,7
Dureza cálcica (mg/l)	1,8	1,9	1,9	1,7	1,7	1,8	1,9	1,4
Dureza Magnésica (mg/l)	0,2	0,9	0,1	0,3	0,6	0,3	0,3	0,3
Alcalinidad (mg/l)	1,7	2,0	1,9	1,7	1,8	1,7	1,7	1,0
Hierro (mg/l)	0,05	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,05	0,03
Sulfatos (mg/l)	4	3	3	4	5	4	5	7
Nitritos (mg/l)	0,002	0,003	0,005	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004
Nitratos (mg/l)	0,2	0,4	0,3	0,2	0,5	0,9	0,4	0,9
Cloro libre (mg/l)	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01

Autoras: Jenny Quintuña.
Mayra Samaniego.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FILTRO 2₃								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,57	6,72	6,65	6,51	6,62	6,61	6,65	6,66
Temperatura (°C)	19,1	19,1	19,2	19,2	19,3	19,3	19,5	19,5
Color (UC Pt-Co)	20	14	21	16	18	23	21	12
Turbiedad (NTU)	0,94	0,62	0,80	1,10	0,57	0,62	1,21	0,73
STD (mg/l)	19	19	19	20	20	20	21	21
Dureza total (mg/l)	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,0	2,0	2,1
Dureza cálcica (mg/l)	1,8	1,8	1,9	1,9	1,8	1,7	1,8	1,8
Dureza Magnésica (mg/l)	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3
Alcalinidad (mg/l)	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5
Hierro (mg/l)	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,09
Sulfatos (mg/l)	1	2	2	1	2	1	2	2
Nitritos (mg/l)	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,003	0,004	0,003
Nitratos (mg/l)	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Autoras: Jenny Quintuña.
Mayra Samaniego.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FILTRO 2₃								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,35	6,80	6,77	6,66	6,56	6,64	6,73	6,38
Temperatura (°C)	21,8	20,3	18,0	20,7	19,9	18,7	19,9	18,0
Color (UC Pt-Co)	10	4	43	28	14	14	37	7
Turbiedad (NTU)	0,74	0,64	0,68	0,73	0,68	0,65	0,61	0,92
STD (mg/l)	32	27	27	28	28	27	29	23
Dureza total (mg/l)	2,0	2,6	2,8	2,0	2,1	2,2	2,3	1,9
Dureza cálcica (mg/l)	1,7	1,8	1,6	1,8	1,7	1,7	2,0	1,4
Dureza Magnésica (mg/l)	0,3	0,8	1,2	0,2	0,4	0,5	0,3	0,5
Alcalinidad (mg/l)	1,9	2,1	1,8	1,9	1,7	1,8	1,7	1,0
Hierro (mg/l)	0,03	0	0,02	0,05	0,01	0,08	0,04	0,02
Sulfatos (mg/l)	3	3	9	4	5	4	6	9
Nitritos (mg/l)	0,006	0,002	0,005	0,002	0,001	0,003	0,003	0,005
Nitratos (mg/l)	0,3	0,1	0,4	0,5	0,1	0,5	0,4	1,1
Cloro libre (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,07



AGUA TRATADA								
FECHA	18/12/2016	22/12/2016	25/12/2016	29/12/2016	01/01/2016	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016
pH	6,68	6,70	6,72	6,57	6,66	6,68	6,69	6,70
Temperatura (°C)	18,5	19,6	19,9	19,8	19,7	20,1	19,9	19,6
Color (UC Pt-Co)	25	19	29	19	15	19	9	12
Turbiedad (NTU)	0,80	0,68	0,78	0,80	0,40	0,47	0,71	0,73
STD (mg/l)	22	23	22	25	22	24	22	24
Dureza total (mg/l)	2,1	2,2	2,2	2,1	2,2	2,0	2,2	2,1
Dureza cálcica (mg/l)	1,3	1,4	1,2	1,3	1,4	1,2	1,4	1,2
Dureza Magnésica (mg/l)	0,8	0,8	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
Alcalinidad (mg/l)	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5
Hierro (mg/l)	0,04	0,03	0,03	0,005	0,03	0,04	0,04	0,05
Sulfatos (mg/l)	3	4	3	2	3	2	3	3
Nitritos (mg/l)	0,005	0,005	0,007	0,006	0,005	0,005	0,006	0,005
Nitratos(mg/l)	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,8	0,6	0,3
Cloro libre (p.p.m)	0,38	0,43	0,59	0,70	0,67	0,52	0,34	0,50
Coliformes T (UFC/100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes F (UFC/100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	0



UNIVERSIDAD DE CUENCA

AGUA TRATADA								
FECHA	15/01/2016	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	29/01/2016	02/02/2016	05/02/2016	09/02/2016
pH	6,78	6,80	6,78	6,62	6,58	6,57	6,68	6,31
Temperatura (°C)	22,0	20,2	18,3	21,0	19,8	19,7	20,1	17,8
Color (UC Pt-Co)	28	35	29	35	39	18	0	9
Turbiedad (NTU)	0,70	1,51	0,21	0,41	0,67	0,77	0,49	1,20
STD (mg/l)	29	19	22	24	23	21	25	20
Dureza total (mg/l)	2,1	2,1	2,4	2,1	2,1	1,8	1,7	1,9
Dureza cálcica (mg/l)	1,2	1,1	1,3	1,3	1,3	1,4	1,1	1,0
Dureza Magnésica (mg/l)	0,9	1,0	1,1	0,8	0,8	0,4	0,6	0,9
Alcalinidad (mg/l)	1,6	1,6	1,4	1,5	1,6	1,4	1,6	0,5
Hierro (mg/l)	0,04	0,10	0	0,02	0,05	0,22	0,03	0,02
Sulfatos (mg/l)	3	1	3	3	3	3	4	9
Nitritos (mg/l)	0,011	0,005	0,007	0,003	0,002	0,010	0,005	0,003
Nitratos (mg/l)	0,3	0,8	0,7	0,6	0,7	1,0	1,7	1,4
Cloro libre (p.p.m)	0,38	0,36	0,73	0,73	0,38	0,59	0,74	0,52
Coliformes T(UFC/100 ml)	0	0	0	0	0	132	5	0
Coliformes F (UFC/100 ml)	0	0	0	0	0	13	1	0

Autoras: Jenny Quintuña.
Mayra Samaniego.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO E. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1108-2014



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 1108

Quinta revisión
2014-01

AGUA POTABLE. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adaptación de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, 4ta. Ed, 2011.

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.

ICS: 13.060.20

10

Páginas



Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA POTABLE REQUISITOS	NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01
---	------------------------------------	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation). *Métodos Estandarizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales* (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) en su última edición.

Ministerio de salud Pública *REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS PROCESADOS* Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002.

4. DEFINICIONES

4.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

4.1.1 **Agua potable.** Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

4.1.2 **Agua cruda.** Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

4.1.3 **Límite máximo permitido.** Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

4.1.4 **ufc/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

4.1.5 **NMP.** Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

4.1.6 **mg/l.** (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

4.1.7 **Microorganismo patógeno.** Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

4.1.8 **Plaguicidas.** Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.



4.1.9 Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

4.1.10 Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

4.1.11 Cloro residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

4.1.12 Sistema de abastecimiento de agua potable. El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

4.1.13 Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

5. REQUISITOS

5.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5.2 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
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 ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
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 ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	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

¹⁾ 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: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu
 ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb,

²²⁸Ra

TABLA 2. Sustancias orgánicas

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

TABLA 3. Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Atrazina y sus metabolitos cloro-s-triazina	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,2

TABLA 4. Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l investigar: N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,000 1

TABLA 5. Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Limite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales		0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar: Bromodichlorometano		0,06
Cloroformo		0,3
Tricloroacetato	mg/l	0,2

TABLA 6. Cianotoxinas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

5.3 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

TABLA 7. Requisitos Microbiológicos

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

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).



7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.



APÉNDICE Y
(Informativo)

Y.1 Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida para el análisis de coliformes fecales en el sistema de distribución de agua potable

Tabla Y.1

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100000 – 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	600 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Guías para la calidad del agua potable 4ta. Ed. 2011; Capítulo 4 numeral 4.3.1 tabla 4.4



APÉNDICE Z

BIBLIOGRAFÍA

World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality*, Fourth Edition. World Health Organization, 2011



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO F. CERTIFICADO DE LA PARTE PRÁCTICA.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA DE BAÑOS.

Cuenca 08 de abril de 2016

De mis consideraciones

Yo Dr. Segundo Chica Jefe de Laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Parroquia

de Baños, a petición verbal de la parte interesada

Certifico Que:

Las Srtas Jenny Mariela Quintuña Tene con CI 010561292-3 y Mayra Concepción Samaniego Gomezcoello con CI 0106419377, egresadas de la Carrera de Bioquímica y Farmacia de la Facultad de Ciencias Químicas, realizaron la parte práctica de la tesis denominada **"EVALUACIÓN FISIQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DE LA PLANTA POTABILIZADORA DEL CANTÓN CHORDELEG"**, en el laboratorio de la planta cumpliendo satisfactoriamente los objetivos.

Es todo cuanto puedo indicar en honor de la verdad, autoriza a la peticionarias hacer uso de este documento en lo que creyeran conveniente.

Dr. Segundo Chica

Jefe de Laboratorio de la planta de tratamiento de Agua Potable de la Parroquia de Baños.

Autoras: Jenny Quintuña.
Mayra Samaniego.





UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO G. IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO.

Equipos:

- ✓ pH- metro.
- ✓ Turbidímetro.
- ✓ Colorímetro.
- ✓ Pocket colorímetro II.
- ✓ Equipo para prueba de jarras.
- ✓ Material para pruebas bacteriológicas (Filtración de membrana con tres puertos)

Perfil del profesional a cargo:

- ✓ Bioquímico Farmacéutico conjuntamente con los operadores.

Actividades a realizar:

- ✓ Manejo integral de la planta.
- ✓ Control de calidad de la planta.
- ✓ Curva de calibración de químicos utilizados en la dosificación.
- ✓ Inventarios.
- ✓ Pedidos de material de laboratorio.

ANEXO H. FOTOGRAFÍAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CHORDELEG.

Captación Tasqui



Captación Motilones



Floculadores

Floculadores



Sedimentador



Sedimentador





Filtros



Filtros



Almacenamiento





UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO I. FOTOGRAFÍAS DE EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS, UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.



Figura 1. Turbidímetro, marca HACH, modelo 2100 P.

Fuente: Cortesía del Laboratorio de Baños



Figura 2. TDS1 Medidor de TDS

Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 3. Colorímetro Handbook, marca HACH, modelo 890
Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 4. pH-metro, marca OAKION, modelo 510 Series.
Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 5. Método titulométrico con EDTA: Dureza total
Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 6. Método titulométrico con EDTA: Dureza cálcica.
Fuente: Propiedad de las Autoras

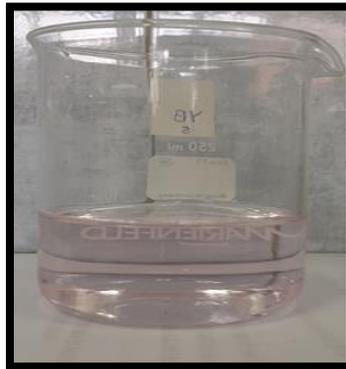


Figura 7. Método de titulación. Alcalinidad
Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 8. Determinación de Hierro
Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 9. Determinación de Nitratos.
Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 10. Determinación de Nitritos.
Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 11. Determinación de Sulfatos.
Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 12. Determinación de Cloro libre residual.
Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 13. Equipo para filtración de membrana
Fuente: Propiedad de las Autoras



Figura 14. Caldo m-ColiBlue24®, cajas Petri en poliestireno y membranas de esteres de celulosa de 0,45 micras de poro de Millipore.
Fuente: Propiedad de las Autora