

**compAs**  
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



**FACTORES QUE INCIDEN EN LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UNA  
PLANTA DOMÉSTICA PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE  
AGUA POTABLE**

VICTOR ANDRES MOLINA BARBOTO  
JUAN URDANIGO ZAMBRANO



# **FACTORES QUE INCIDEN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DOMÉSTICA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE**

# **FACTORES QUE INCIDEN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DOMÉSTICA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE**

**VICTOR ANDRES MOLINA BARBOTO  
JUAN URDANIGO ZAMBRANO**

Título original: FACTORES QUE INCIDEN EN LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UNA  
PLANTA DOMÉSTICA PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE  
AGUA POTABLE

© VICTOR ANDRES MOLINA BARBOTO  
JUAN URDANIGO ZAMBRANO

2020,

Publicado por acuerdo con los autores.

© 2020, Editorial Grupo Compás  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador

ISBN: 978-9942-33-305-6

Cita.

Molina. V, Urdanigo. J. (2020) FACTORES QUE INCIDEN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DOMÉSTICA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE, Editorial Compás, Guayaquil Ecuador, 63 pag

## Contenido

Índice de tablas.....	5
Índice de ilustraciones .....	6
PRÓLOGO.....	7
CAPÍTULO I : Definición del problema .....	11
CAPÍTULO II: Conceptos principales.....	13
Calidad de agua .....	13
Indicadores de calidad.....	13
Características físico-químicas del agua .....	14
El agua .....	14
Aguas superficiales.....	15
Aguas subterráneas .....	15
Ciclo hidrológico .....	15
Plantas de tratamientos para potabilizar agua cruda .....	16
Agua potable .....	16
Fuentes de abastecimiento de agua.....	16
Sector emergente .....	17
Comparación de características entre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.....	17
Parámetros en el control de calidad del agua tratada y cruda.....	17
Parámetros físicos-químicos de la calidad de agua (TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, , 2012) .....	18
Plantas de tratamiento.....	22
Proceso de tratamiento del agua .....	22
Métodos para desinfectar el agua potable.....	23
Pruebas para la tratabilidad del agua cruda .....	23

Tipos de plantas potabilizadoras de agua .....	26
Criterios de diseño de plantas de tratamiento.....	26
CAPÍTULO III: Desarrollo del experimento.....	28
Diseños de las unidades funcionales de purificadores de agua.....	30
Unidades de prefiltrado.....	30
Unidades de filtrado.....	32
Factores que incluir en el diseño y operación de una planta doméstica para tratamiento de agua. ....	34
Estudio Ambiental.....	34
Descripción de los efectos ambientales .....	34
Evaluación de impactos ambientales.....	36
Factores para el diseño de la planta doméstica de tratamiento de agua .....	37
CAPÍTULO IV: Resultados del experimento .....	40
Calidad del agua de consumo humano de EMSABA-EP y del agua de la planta doméstica de tratamiento .....	40
Caracterización física-química y microbiológica del Agua Cruda...40	
Análisis de componentes principales agua de abastecimiento de EMSABA-EP .....	41
Correlaciones entre parámetros de calidad del agua y componentes de abastecimiento de EMSABA-EP .....	42
Caracterización física-química y microbiológica del Agua del primer diseño.....	43
Análisis de componentes principales agua del primer diseño .....	45
Contribución porcentual de los parámetros de calidad del agua del primer diseño .....	45

Caracterización física-química y microbiológica del Agua del segundo diseño .....	46
Análisis de componentes principales agua del segundo diseño .....	48
Contribución porcentual de los parámetros de calidad del agua del segundo diseño .....	49
Comparación estadística de resultados entre el agua cruda de EMSABA S.A y las aguas tratadas con los diseños 1 y 2 de planta purificadora casera.....	50
Matriz de evaluación de impactos ambientales.....	55
Optimización del manejo de la planta doméstica para tratamiento de agua de consumo humano .....	56
Eficiencia del tratamiento del agua.....	56
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

## Índice de tablas

Tabla 1: Comparación de características de aguas superficiales y subterráneas.....	17
Tabla 2: Parámetros para análisis de agua cruda y agua tratada por diseños. ....	30
Tabla 3: Matriz de identificación y Evaluación de Impactos Ambientales..	35
Tabla 4: Estadísticos descriptivos caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de abastecimiento de EMSABA-EP.....	40
Tabla 5: Varianza total explicada de los dos primeros componentes .....	41
Tabla 6: Matriz de componentes parámetros de calidad del agua de abastecimiento de EMSABA-EP .....	42
Tabla 7: Estadísticos descriptivos caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de Primer diseño.....	44
Tabla 8: Varianza total explicada de los dos primeros componentes principales agua tratada del primer diseño .....	45
Tabla 9: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad del agua primer diseño .....	45
Tabla 10: Estadísticos descriptivos caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de segundo diseño .....	46
Tabla 11: Análisis de componentes principales del agua del segundo diseño .....	48
Tabla 12: Contribución porcentual de los parámetros de calidad del agua del segundo diseño .....	49
Tabla 13: Resultados entre el agua cruda de EMSABA S.A y las aguas tratadas con los diseños 1 y 2 de planta purificadora casera. ....	50
Tabla 14: Matriz de evaluación de impactos ambientales.....	55
Tabla 15: Significancia de parámetros de calidad de agua de consumo humano entre diseños de planta de tratamiento .....	56

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Diseño de las dos plantas purificadoras de agua caseras cada una con sus respectivas estructuras.....	29
Ilustración 2: Diseño 1 .....	32
Ilustración 3: Diseño 2 .....	33

## Prólogo

La necesidad de disponer de agua para satisfacer los requerimientos básicos del hombre ha obligado a desarrollar una serie de aspectos tecnológicos de la más variada índole. Actualmente, existe a nivel mundial un particular interés en los proyectos vinculados con la provisión de agua potable, el desarrollo de energías limpias, la protección del medio del ambiente y el saneamiento hídrico.

El Programa Iberoamericano Ciencia y tecnología para el Desarrollo (CYTED), conocedor de la importancia de la problemática del agua mantiene entre sus subprogramas con el CYTED - XVII. El CYTED - XVII: Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos, que reúne especialistas e investigadores de los 21 países Iberoamérica, generando una herramienta eficaz para colaborar con el desarrollo sustentable de la región.

La actual problemática del agua integra el saber de una variedad de sistemas, que no son usualmente considerados en forma simultánea. Por esta razón, es de gran importancia la integración de las diferentes ciencias para lograr el conocimiento transdisciplinario y de los iniciadores de conocimiento con todos los organismos normativos y de gestión.

El gran desafío que enfrentan todos los países iberoamericanos es el abastecimiento de agua en cantidad y en calidad adecuada para sus habitantes. Por lo tanto, es necesario exaltar el conocimiento de la relación existencial entre la aplicación del agua con los ecosistemas. Los países de Iberoamérica comprenden una buena unidad cultural e histórica, que incluye una enorme extensión y diversidad desde entre los recursos naturales y del medio ambiente. El agua es parte indisoluble de éstos, y es parte fundamental de la vida, pero está también inseparablemente unida, en su manejo y uso, con el pensamiento y cultura de los pueblos.

El conocimiento científico y tecnológico es el fundamento para una gestión integradora de un recurso casi escaso e indispensable como lo es el agua.

Por esta razón es necesario realizar mecanismos que aseguren de forma total o parcial la inocuidad del agua potable como es el caso en esta investigación que se trata sobre la creación de una planta casera purificadora de agua, lo cual cooperará en cuanto a mantener o a generar agua más confiable para la salud humana y de esta manera afectar positivamente al ecosistema que nos rodea.

Ing. Qco. Iván Viteri García MSc  
**DOCENTE UNIVERSITARIO-ESPECIALISTA EN AGUAS**  
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

## INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento básico de la vida y por ello es indispensable, valiosa y cada vez más escasa debido a la contaminación. Es un bien renovable de alto valor para la existencia del ser humano, por lo tanto, hay que aplicar los conocimientos necesarios para producir las tecnologías precisas que mitiguen o solucionen los problemas mediante la investigación y el desarrollo.

La ciudad de Babahoyo tiene dificultades en la disponibilidad de agua potable limpia debido a que la Empresa Municipal de Saneamiento Ambiental de Babahoyo (EMSABA S.A) no distribuye agua con características inocuas a la ciudad, y por consiguiente adquirir agua embotellada es la opción más segura para las familias, generando así el inconveniente de los altos costos que a la larga representa su compra. Por ello, se plantea la propuesta de elaboración de una planta purificadora de agua casera en el sector emergente denominado "Puerta Negra", la cual fue evaluada bajo distintas observaciones para verificar y comprobar su viabilidad.

Con este fin se procedió a diseñar un equipo que cumpliera con los criterios técnicos específicos para purificar el agua en el mismo hogar y para ello se hicieron matrices ambientales, y encuestas, conjuntamente con el diseño de dos plantas purificadora, para así determinar cuál presenta un mejor resultado. De esta manera se tendrá agua sin problemas para su consumo, beneficiando a la población con un producto de mayor confianza, permitiendo de esta manera evitar que los pobladores de la ciudadela "Puerta Negra" se expongan ante riesgos de salubridad y otras clases de daños como en la ropa, cambio de tuberías, taponamientos, etc., debido a la presencia de minerales, materia orgánica, exceso de hierro y demás metales pesados.

Para de esta forma colaborar mediante el desarrollo técnico con la ciudad, en donde cada hogar pueda adquirir una planta doméstica purificadora de agua, pues es el elemento básico de la vida, ya que su problemática se contextualiza en un sector emergente de la ciudad de Babahoyo, para lo cual se presentan objetivos los cuales son fundamentos para buscar alternativas que mitiguen ese daño a la sociedad.

## CAPÍTULO I : Definición del problema

“Y en el último día, el gran día de la fiesta, Jesús puesto en pie, exclamó en alta voz, diciendo: Si alguno tiene sed, que venga a mí y beba”

Juan 7:37

Este estudio se realizó en la ciudadela “Puerta Negra” perteneciente a la parroquia Clemente Baquerizo del cantón Babahoyo. Esta ciudadela se encuentra ubicada en el Km 7 ½ vía a Montalvo, cuenta con más de 4 mil habitantes y está compuesta por 69 manzanas. Este es un sector popular de rápido crecimiento poblacional; sin embargo, el sector no goza de una eficiente planificación de su territorio ocasionando que existan necesidades insatisfechas en la dotación de servicios básicos, como es el agua de consumo humano la cual es distribuida por cañerías por EMSABA S.A.<sup>1</sup>. Estas cañerías al no tener un constante mantenimiento han causado la presencia de características no aptas para el consumo del agua, ocasionando malestares en la salud de la población de esta manera que los pobladores de la ciudadela “Puerta Negra” se exponen a peligros relacionados a la salud y a la salubridad, como problemas epidérmicos y estomacales; además, de daños como en la ropa, cambio y recambio constante de tuberías, taponamientos, etc., debido a la presencia de minerales, materia orgánica, exceso de hierro y demás metales pesados.

Los habitantes de los sectores urbanos del cantón Babahoyo, no poseen de un sistema eficaz y eficiente de tratamiento de agua potable, pues la fuente de captación de agua para todas las actividades domésticas es distribuida por EMSABA S.A. a través de cañería desde la fuente de captación de pozo profundo. El mantenimiento de las cañerías en su

---

<sup>1</sup> Empresa Municipal de Saneamiento Ambiental de Babahoyo

mayoría aún no está disponible, a excepción en el centro de la ciudad; mientras que, en sectores emergentes no lo ejecutan, por lo que se ha observado que se presentan cuadros clínicos de infecciones cutáneas originados por la mala calidad del agua entubada y por el alto nivel de manganeso y hierro, características de estas aguas, lo que genera malestar a la comunidad tanto en lo estético y sobre todo en la salud.

## CAPÍTULO II: Conceptos principales

“Jehová es mi pastor, nada me faltará, en lugares de delicados pastos me hará descansar, junto a aguas de reposo me pastoreará.”  
Salmos 23:1-2

### **Calidad de agua**

Su composición es de H<sub>2</sub>O, por lo tanto, la calidad del agua de consumo se puede controlar mediante una combinación de medidas: protección de las fuentes de agua, de control de las operaciones de tratamiento, y de gestión de la distribución y la manipulación del agua. Las Guías deben ser adecuadas para los ámbitos nacional, regional y local, lo que requiere su adaptación a las circunstancias ambientales, sociales, económicas y culturales existentes, así como el establecimiento de prioridades (OMS, 2015).

#### ***Indicadores de calidad***

El concepto de calidad de agua es complejo y difícil de definir. Hay dos aspectos que son intrínsecos al agua: ¿qué contiene? ¿en qué cantidad? El tercer aspecto es extrínseco: cada uso del agua requiere una calidad determinada. Un indicador es la manifestación o traducción de una cualidad o propiedad del objeto de la evaluación. Nuestro objeto de evaluación es la calidad del agua. Utilizaremos parámetros físicos, químicos y biológicos como indicadores de la calidad. Entre los indicadores físicos describiremos: turbidez; sólidos en suspensión; color; olor y sabor; temperatura y conductividad (Cirelli, 2012).

## **Características fisicoquímicas del agua**

Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de estos por disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio. A esto es preciso unir la existencia de un gran número de seres vivos en el medio acuático que interrelacionan con el mismo mediante diferentes procesos biológicos en los que se consumen y desprenden distintas sustancias. Esto hace que las aguas dulces pueden presentar un elevado número de sustancias en su composición química natural, dependiendo de diversos factores tales como las características de los terrenos atravesados, las concentraciones de gases disueltos, etc. Entre los compuestos más comunes que se pueden encontrar en las aguas dulces están: como constituyentes mayoritarios los carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos. como constituyentes minoritarios los fosfatos y silicatos, metales como elementos traza y gases disueltos como oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono (Terena, 2018).

## **El agua**

El agua es el compuesto más común en la superficie de la tierra, hace parte de lo que se conoce como hidrosfera ocupando las dos terceras partes del globo terráqueo. Su volumen se estima en 1370 millones de Km. cúbicos distribuidos en su mayor parte en el agua de mar, la cantidad restante en los ríos, lagos, aguas subterráneas, en la atmosfera y el volumen de agua fresca que representa el hielo de los polos. La fuente original del agua es la lluvia, aunque su composición es variable, tiene elementos en común representados básicamente por bicarbonatos, carbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos de calcio y magnesio, también pueden estar presentes otros metales como hierro, manganeso y silicio, además contiene gases disueltos (CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>) y cuerpos en suspensión de origen orgánico e inorgánico (Nieto, 2009).

### ***Aguas superficiales***

Las aguas subterráneas se componen del agua dulce encontrada debajo de la superficie terrestre, normalmente en mantos acuíferos, los cuales abastecen a pozos y manantiales. Son de notable importancia sanitaria, porque constituyen la mayor reserva de agua potable en las regiones habitadas por los seres humanos. Pueden aparecer en la superficie en forma de manantiales, o ser extraída mediante pozos (Miguel, 2013).

### ***Aguas subterráneas***

Formación geológica (porosa, fracturada o karstificada) que puede almacenar y transmitir cantidades significativas de agua bajo gradiente hidráulico ordinario.

Formación geológica capaz de almacenar grandes volúmenes de agua pero que la transmite con dificultad (ARCAL, 2016).

### ***Ciclo hidrológico***

El agua es un recurso renovable pero finito. Se calcula que al año se evaporan aproximadamente 505.000 km<sup>3</sup> de agua de los océanos. Sin embargo, la mayor parte se precipita nuevamente sobre los mismos océanos, no pudiendo ser utilizada como recurso de agua dulce. La precipitación anual sobre tierra firme se estima en 120.000 km<sup>3</sup>. Ese movimiento masivo del agua, esencialmente causado por la energía del sol se conoce como ciclo hidrológico. Este ciclo es un proceso complejo que incluye la precipitación, el escurrimiento, la evapotranspiración y la infiltración (Cirelli, 2012).

El ciclo hidrológico se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Está animado por dos

causas: La energía solar y la gravedad. La naturaleza ha creado una especie de máquina insuperable, regulando y gestionando las necesidades de cada uno de los seres vivos (Gálvez, 2011).

### **Plantas de tratamientos para potabilizar agua cruda**

Una planta potabilizadora es una instalación donde ha combinado una serie de componentes y equipos con el fin de purificar las impurezas del agua a tratar, se puede decir también que una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover completamente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los fisicoquímicos hasta llevarlos a límites aceptables estipulados por las Normas de Calidad del Agua (Merino, 2015).

#### ***Agua potable***

Es el agua apta para consumo doméstico, agradable a los sentidos, libre de microorganismos patógenos y de elementos y sustancias tóxicas en concentraciones que puedan ocasionar daños fisiológicos a los consumidores (Arias, 2012)

#### ***Fuentes de abastecimiento de agua***

El Agua al igual que la energía, no se crea ni se destruye por lo que la cantidad total presente en el planeta es constante. Sin embargo. Al nivel local la cantidad y, particularmente, la calidad no es constante.

Por conveniencia la humanidad ha hecho uso de las fuentes de mejor calidad para abastecer sus necesidades por requerir menor tratamiento para su uso.

Estas, las subterráneas y superficiales, se conocen como fuentes convencionales (Baroody & Palmisano, 2015).

## **Sector emergente**

Son sitios en pleno crecimiento socioeconómico, gracias a recursos naturales, deslocalización industrial y apareamiento de la pequeña o mediana empresa, lo cual colabora al desarrollo en general, permitiendo más fuentes de trabajo, seguridad y menos migración hacia lugares de mejor estilo de vida (Merino, 2015).

### **Comparación de características entre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas**

**Tabla 1: Comparación de características de aguas superficiales y subterráneas.**

<b>AGUAS SUPERFICIALES</b>	<b>AGUAS SUBTERRANEAS</b>
Alto contenido de sólidos	Bajo contenido de sólidos
Muy oxigenadas	Poco oxigenada
Presencia de bacterias	Poco contenido de bacterias
Aguas blandas	Aguas duras: alto contenido de carbonatos y sulfatos.
Presencia de sales disueltas: bicarbonatos y sulfatos	Libres de impurezas orgánicas
Contaminadas con sustancias orgánicas	Aguas de formación son muy salinas y contienen residuos de crudo

**Fuente:** Degremont, 1979

### **Parámetros en el control de calidad del agua tratada y cruda.**

El control de procesos es el conjunto de procedimientos empleados para determinar las características físicas y químicas del agua en una planta de tratamiento. De esta manera, se puede estudiar la magnitud de las

transformaciones que sufre la calidad del agua durante los procesos de tratamiento (Secades, 2015).

### **Parámetros físicos-químicos de la calidad de agua.**

Dadas las propiedades fisicoquímicas del agua, esta se comporta como un magnífico disolvente tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar; de forma que podemos encontrarnos en su seno una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas diferentes que modifican sus propiedades. A su comportamiento como disolvente hay que añadir su capacidad para que se desarrolle vida en su seno, lo que la convierte en un sistema complejo sobre el que habrá que realizar análisis tanto cualitativos como cuantitativos con objeto de conocer el tipo y grado de alteración que ha sufrido, y consecuentemente como se encuentran modificadas sus propiedades para usos posteriores. Puesto que la alteración de la calidad del agua puede venir provocada tanto por efectos naturales como por la actuación humana derivada de la actividad industrial, agropecuaria, doméstica o de cualquier otra índole, no es de extrañar que el análisis de los parámetros de calidad del agua se deba realizar a todo tipo de aguas, independientemente de su origen (Jiménez, 2009).

- a. Sólidos: El agua puede contener tanto partículas en suspensión como compuestos solubilizados, definiéndose la suma de ambos como Sólidos Totales (ST). La determinación de ST se realiza, conforme a la norma, evaporando un volumen conocido de muestra y secando el residuo en estufa a 105 °C, hasta pesada constante, indicándose el resultado en mg/L. Esta medida nos permite conocer el contenido total de sustancias no volátiles presentes en el agua.
- b. Temperatura: La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo

la de los gases. La actividad biológica aproximadamente se duplica cada diez grados (ley del Q10), aunque superado un cierto valor característico de cada especie viva, tiene efectos letales para los organismos.

- c. Color: No existe una relación directa entre color y grado de contaminación, pues al tratarse de un parámetro fuertemente influido por interferencias con otras sustancias coloreadas, es difícil su evaluación absoluta.
- d. Olor: Generalmente los olores son producidos por sustancias volátiles (COV's) o gaseosas ( $H_2S$ ,  $NH_3$ , etc.), y suelen ser debidos a materia orgánica en descomposición o productos químicos producidos o empleados en la industria y tratamiento de aguas residuales. El olor se determina por sucesivas diluciones de la muestra original con agua inodora ( $T^{\circ} \approx 40^{\circ}C$ ) hasta que es indetectable (umbral de percepción), siendo un ensayo muy subjetivo y de escasa reproducibilidad. Las muestras deben conservarse en vidrio un máximo de 6 h a  $2-5^{\circ}C$ .
- e. Sabor: Suele estar íntimamente asociado al olor (respuesta fisiológica parecida). Algunas sustancias, como es el caso de sales de cobre, zinc o hierro, pueden modificar el sabor, sin alterar el color del efluente. Su determinación se efectúa, al igual que el olor, por dilución hasta determinar el umbral de percepción y sólo se realizará con muestras que sean sanitariamente aptas para consumo humano.
- f. Oxígeno disuelto (OD): Es un parámetro indicativo de la calidad de un agua. Se determina "in situ" mediante electrodo de membrana o por yodometría fijando el oxígeno con sulfato de magnesio, expresándolo como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua.
- g. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Es la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos aerobios puedan oxidar metabólicamente la materia orgánica presente en la muestra de agua.

- h. Demanda química de oxígeno (DQO): Como ya se ha indicado anteriormente la determinación de la DBO5 tiene dos grandes inconvenientes, su lentitud (cinco días) y que existen muchas sustancias, no fácilmente biodegradables, que no se evaluarían con dicha determinación.
- i. Carbono orgánico total (COT): Indica la cantidad total de carbono orgánico presente en una muestra, expresada en mg/L. En la actualidad existen equipos comerciales que proporcionan simultáneamente y como valores independientes el contenido total de carbono orgánico, junto al inorgánico y CO<sub>2</sub> disuelto.
- j. Aceites y grasas: Los aceites y grasas en los vertidos líquidos generan dos tipos de problemas a la hora de la depuración de las aguas residuales, disminución de la mojabilidad de los sólidos en suspensión impidiendo, con ello su sedimentación, y formación de una película que recubre los microorganismos encargados de la biodegradación, impidiendo con ello la captación de oxígeno por los mismos y disminuyendo su poder depurador.
- k. Fenoles: Son hidroxiderivados del benceno y de compuestos aromáticos polinucleares. Suelen provenir de actividades industriales (plantas de coquización, refinerías, papeleras, etc.), degradación de productos fitosanitarios y de la descomposición de materia vegetal. Son extremadamente tóxicos, y su presencia en aguas sometidas a procesos de cloración produce compuestos clorofenólicos tóxicos y de gusto y sabor desagradable.
- l. Acidez (pH): Es una medida de la concentración de iones hidronio (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) en la disolución.
- m. Alcalinidad: Es la capacidad de reaccionar con los iones hidrógeno del agua, estando provocada mayoritariamente por los iones carbonato (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), aunque está también influida por el contenido en otros como boratos, fosfatos, silicatos y oxidrilos.

- n. Conductividad: El agua pura se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica.
- o. Dureza: Es otra forma de indicar el contenido iónico de un agua, refiriéndolo a la concentración total de iones calcio, magnesio, estroncio y bario, aunque se debe fundamentalmente a los dos primeros.
- p. Cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), cloro ( $\text{Cl}_2$ ) e hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ ): La presencia de estas especies es, generalmente, debida a la cloración del agua para su desinfección, así como a procesos de salinización por aguas marinas. Los cloruros se determinan por valoración o potenciométricamente. El cloro libre y combinado se determina por espectrofotometría.
- q. Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ): El amoníaco es uno de los compuestos intermedios formados durante la biodegradación de los compuestos orgánicos nitrogenados (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc.) que forman parte de los seres vivos, y junto con el nitrógeno orgánico es un indicador de que un curso de agua ha sufrido una contaminación reciente. Ambas formas de nitrógeno se determinan frecuentemente en una sola medida.
- r. Fósforo total: El fósforo junto con el nitrógeno, son dos de los nutrientes fundamentales de todos los seres vivos, de forma que contenidos anormalmente altos de estos en las aguas pueden producir un crecimiento incontrolado de la biomasa acuática (eutrofización). Una gran parte del fósforo presente en las aguas se debe al uso de abonos fosfatados y detergentes.
- s. Iones de metales pesados: Entre ellos se incluyen elementos esenciales para la vida como el hierro junto con otros de gran toxicidad como el cadmio, cromo, mercurio, plomo, etc. Su presencia en agua es generalmente indicativa de un vertido de tipo industrial.
- t. Toxicidad: Los estudios de contaminantes, anteriormente expuestos, son sólo una parte de los posibles, pues en muchos casos hay que determinar la presencia de otras sustancias que alteren las

propiedades del agua. Además, hay que tener en cuenta, que algunas sustancias pueden ver potenciado su papel contaminante al encontrarse en presencia de otras (sinergia), por lo cual se hacen imprescindibles otras formas de determinación del nivel de contaminación de un agua.

## **Plantas de tratamiento**

Facilitan la eliminación de materias de suspensión y en disolución que deterioran las características físico-químicas y organolépticas así como la eliminación de las bacterias y otros microorganismos que pueden alterar gravemente en la salud son los objetivos perseguidos y conseguidos en las estaciones de tratamiento a lo largo de todo un proceso que al final logra suministrar un agua transparente y de una calidad sanitaria garantizada (Lozano, 2017).

### ***Proceso de tratamiento del agua***

El tratamiento de las aguas se realiza mediante una serie de procesos encadenados que dependen de las características del agua a tratar. La secuencia más habitual del mismo es la siguiente:

- a. Preoxidación: introducción en el agua de un agente químico oxidante, capaz de eliminar cualquier materia que pueda oxidarse, tanto orgánica como inorgánica.
- b. Coagulación y floculación: mediante este proceso, se facilita la agrupación de las partículas responsables del color y la turbidez del agua.
- c. Decantación: con el agua casi en reposo y a través de la acción de la gravedad, se depositan en el fondo las partículas y agrupaciones formadas en el proceso anterior, formando un fango que se extrae posteriormente.
- d. Filtración: retención de las partículas que no pudieron ser extraídas en el proceso anterior haciendo pasar el agua por unos filtros.

- e. Neutralización: ajuste de la acidez del agua mediante reactivos químicos para evitar que corra las tuberías.
- f. Desinfección final: con la adición de reactivos, normalmente cloro y amoníaco para formar cloraminas, se consigue eliminar los microorganismos que hayan podido sobrevivir a los procesos anteriores y se garantiza la calidad del agua durante todo el recorrido por la red de distribución (FUNDACIÓN CANAL ISABEL II, 2012).

### ***Métodos para desinfectar el agua potable***

Oxidación química con sustancias tales como cloro, bromo, yodo, ozono, dióxido de cloro, permanganato de potasio y compuestos orgánicos halogenados;

- Tratamiento físico mediante aplicación de calor.
- Irradiación por luz ultravioleta;
- Aplicación de iones metálicos tales como cobre y plata;
- Ajuste del pH con ácidos y bases fuertes;
- Aplicación de agentes superficiales activos tales como los compuestos cuaternarios de amonio (Merino, 2015).

### ***Pruebas para la tratabilidad del agua cruda***

El método a seguir en las pruebas de tratabilidad se basará en lo establecido por el RAS 2000, título C, el cual estipula que el procedimiento para las pruebas de jarras, además se considerará que todo análisis de laboratorio debe hacerse de acuerdo a la normatividad vigente y en su ausencia con los métodos estándar Normas ASTM; Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water de la APHA, AWWA y WPCF (EMPOCALDAS, 2014).

- a) Prueba de jarras

Al agua cruda se le determina: temperatura, turbiedad, color y pH (Ver en Fig. 1 ).

En cada una de las jarras poner dos litros de agua, previamente agitada

Tomar volúmenes conocidos de coagulante (Policloruro de Aluminio – PAC -) dada una concentración de 1% (P/V), para dosificar en las 6 jarras.

Ubicar las paletas dentro de las jarras.

Poner el sistema de agitación al máximo (300 rpm).

Durante la agitación, se dosifica el coagulante, de modo que en todas las jarras se aplique a la misma profundidad y al mismo tiempo.

A los 20 o 30 segundos de agitación, se disminuye la velocidad de rotación de las paletas a 30 rpm y se deja flocular durante 15 minutos.

Transcurrido el tiempo de floculación, se suspende la agitación y se extrae las paletas, ubicando las jarras con sumo cuidado sobre la mesa.

Pasados 5 minutos de sedimentación se toman muestras de cada jarra a la misma profundidad y al mismo tiempo, y se le determina turbiedad, color, pH e índice de Wilcomb. La jarra con las mejores características se define como la óptima (EMPOCALDAS, 2014).

#### *Etapas concernientes al proceso de potabilización*

Según El proceso a seguir es; preoxidación, coagulación, floculación y decantación (Pérez D. S., 2012).

Lo cual está detallado a continuación.

##### a. Preoxidación

En el agua bruta se introduce un agente químico oxidante cuya misión es reaccionar con la materia orgánica e inorgánica disuelta, susceptible de ser eliminada por oxidación.

## b. Coagulación

Mediante la adición de reactivos (sales metálicas como el sulfato de alúmina) y procesos de agitación rápida y lenta, se consiguen agrupar partículas muy pequeñas cargadas eléctricamente (coloides) y que, por su pequeño tamaño y carga no sedimentarían nunca, siendo responsables, en gran medida, del color y la turbiedad del agua.

El proceso se realiza neutralizando las cargas eléctricas que mantienen separadas a las partículas coloidales, con lo que éstas se agrupan aumentando de tamaño, se rompe el equilibrio y decantan al fondo por gravedad.

## c. Floculación

Posteriormente, tras la adición de un coagulante, entra en juego la segunda fase de formación de partículas sedimentables, siempre a partir de partículas desestabilizadas de tamaño coloidal, la cual se conoce por "floculación". En esta etapa, se le añade floculante al agua bruta, con el objetivo de aumentar el volumen y la cohesión del flóculo y facilitar de esta forma su sedimentación.

## d. Decantación

La misión de la decantación es eliminar partículas, ya sea por sedimentación o flotación, partículas que en el caso del tratamiento del agua pueden proceder de sustancias disueltas, que por la vía de la oxidación han pasado a insolubles (es el caso del hierro y manganeso disueltos, que por oxidación pasan a su estado oxidado insoluble) o por las propias partículas coloidales en suspensión existentes en el agua bruta, la mayoría de las cuales por coagulación-floculación han pasado a ser sedimentables. Otras sustancias disueltas pueden quedar adheridas o adsorbidas por los coágulos-flóculos y son eliminadas de esta forma.

## ***Tipos de plantas potabilizadoras de agua***

Tipos de plantas para el tratamiento de agua potable:

- a) Plantas de ciclo completo: cuentan con los procesos de coagulación, sedimentación, filtración, cloración, sin precisar sobre el tipo de instalación existente para cada proceso. Es el tipo de planta más comúnmente usada en Colombia.
- b) Plantas de filtración en múltiples etapas: se denomina así a las plantas en donde existe filtración lenta en múltiples etapas.
- c) Plantas de filtración directa: en donde el agua es llevada directamente a los filtros y enseguida se clora.
- d) Planta de filtración en línea: se realiza coagulación, filtración y cloración.
- e) Planta compacta: se denomina así a la planta en la cual se llevan a cabo todos los procesos en un mismo módulo prefabricado (ACUATECNICA, 2016).

## ***Criterios de diseño de plantas de tratamiento***

Todas las aguas superficiales se deben filtrar. Para sacar agua de un río se emplea un pozo "indio", es decir se perfora un pozo a unos metros de la orilla del río y de allí se saca el agua ya filtrada por la arena de los bordes del río.

- Algunas aguas de pozo cumplen con los requisitos de potabilidad y solo requieren una simple cloración - Algunas aguas de pozo requieren la remoción de Fe, Mn, color, olor, H<sub>2</sub>S turbidez, bacterias, virus, dureza y otras impurezas.

- La turbidez se tiene que reducir antes de pasar por los filtros rápidos siempre que sea mayor de 10 NTU, aun cuando los filtros rápidos pueden aceptar continuamente aguas con 50 NTU. Para mayor turbidez, se deben diseñar tanques de asentamiento.

- Es necesario el hacer pruebas de laboratorio y construir una pequeña planta piloto. Obtenga sus datos de diseño bajo las condiciones más

severas para que pueda obtener un diseño de una planta que opere correctamente.

- Tanto el agua de entrada se debe clorar como ajustar el cloro en el agua a la salida de los filtros.

- La eficiencia de la floculación depende mucho de la agitación y mezclado que se tenga durante la adición del floculante (Entienne, 2009).

### **CAPÍTULO III: Desarrollo del experimento.**

“Respondió Jesús y le dijo: Todo el que beba de esta agua volverá a tener sed, pero el que beba del agua que yo le daré, no tendrá sed jamás, sino que el agua que yo le daré se convertirá en él en una fuente de agua que brota para vida eterna.” Juan 4:13-14

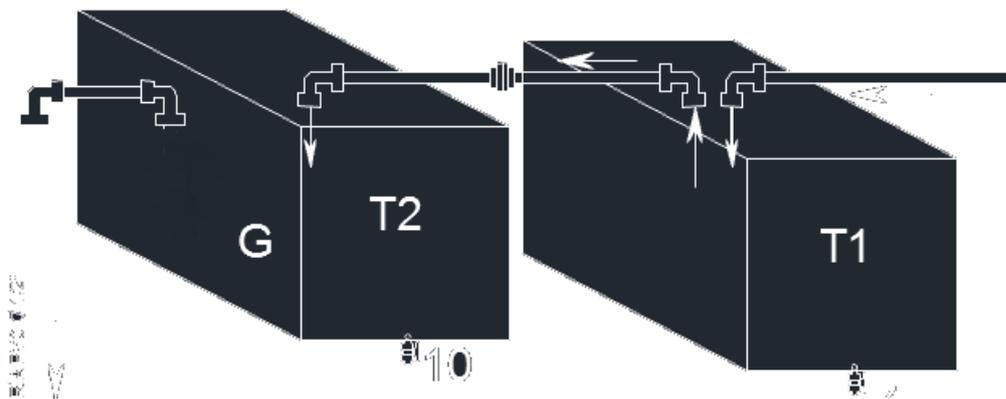
Este experimento ayudó a identificar los componentes que tuvieron un mayor aporte en el tratamiento del agua de consumo humano, como son los dos diseños de las plantas caseras para purificar el mencionado líquido vital, observando los materiales mecánicos y químicos, considerando específicamente para el primer diseño:

- **Lechos filtrantes:** Grava, Arena, Carbón activado y
- **Coagulante y Floculante:** Polielectrolito.- Sulfato de Aluminio,

Mientras para el segundo diseño se aplicó:

- **Coagulante, Floculante:** Polielectrolito.- Zeolita e Hipoclorito de Sodio.

Tomando en cuenta en ambos diseños las tuberías, codos, acoples, pasos, llaves., estos elementos ayudaron a mejorar el nivel de pureza del agua lo cual fue corroborado por los análisis del agua cruda vs el agua tratada por los diseños expuestos.



**Ilustración 1: Diseño de las dos plantas purificadoras de agua caseras cada una con sus respectivas estructuras.**

En el estudio se recolectaron un total de 15 muestras de agua, las cuales estuvieron estructuradas de la siguiente manera: (a) cinco muestras de agua cruda (agua que entra a las plantas); (b) cinco muestras de agua tratada por un primer diseño; (c) cinco muestras de agua tratada por un segundo diseño. Las muestras de agua fueron recolectadas y transportadas de acuerdo con la norma INEN 1108 y procesadas en el laboratorio mediante las metodologías descritas en "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater".

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en el presente estudio se detallan en la tabla 2.

**Tabla 2: Parámetros para análisis de agua cruda y agua tratada por diseños.**

<b>Características físicas</b>	<b>Inorgánicos</b>	<b>Análisis microbiológicos</b>
Color verdadero	Oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> )	Coliformes fecales
Turbiedad	Cloro libre residual (Cl <sub>2</sub> )	
Conductividad eléctrica	Cloruros (Cl)	
Temperatura	Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	
PH	Flúor (F)	
Sólidos disueltos	totales Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	
	Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	
	Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	

### **Diseños de las unidades funcionales de purificadores de agua**

En cuanto a las unidades funcionales para los dos diseños, fueron específicamente 2, las cuales son: prefiltración y filtración, hay que destacar que los diseños preliminares incluían algunos detalles que se tuvieron que cambiar durante la construcción.

#### ***Unidades de prefiltrado***

1. Diseño 1.- Para este diseño se contempló una sola unidad de bombeo y una de prefiltración compuesta del Coagulante y Floculante:

Polielectrolito. - Sulfato de Aluminio, el mismo que es el segundo mayor de uso industrial, ( pues el primero corresponde al óxido de aluminio). Por lo general se lo utiliza para el tratamiento o mejoramiento de aguas residuales y a la vez en la purificación de agua.

2. Diseño 2.- Para este diseño se aplicó al igual que el primer diseño una sola unidad de bombeo y una de prefiltración compuesta de Coagulante y Floculante: Polielectrolito.- Zeolita, siendo que están compuestas por tetraedros formados por un catión y cuatro átomos de oxígenos, es decir  $TO_4$ . Se la utilizó en razón de que la zeolita tiene la capacidad de atraer como un imán, varios metales pesados, entre los que destacan: plomo, cadmio y mercurio, para evitar una posible intoxicación. También, contrarresta los posibles efectos de sustancias como el amoniaco, el arsénico y el monóxido de carbono.

Vale recalcar que acumular metales pesados en el organismo genera un daño progresivo a gran parte de las células, tejidos y demás órganos, provocando una disminución considerable ante la posibilidad de retener vitaminas y nutrientes.

La unidad de bombeo para los dos diseños trabaja a presión, partiendo del grifo mismo de la llave de agua, lleva una manguera de 50 centímetros aproximadamente de  $\frac{1}{2}$  pulgada para la entrada de agua y se conecta al sistema de prefiltrado, el cual antes de entrar directamente en la planta casera purificadora pasa por una llave de paso que limita la presión de admisión al sistema de prefiltración.

Para las unidades de prefiltrado se aplicó carcargas debidamente ubicadas y compartidas. en longitud de 40 centímetros de alto por 20 centímetros de ancho.

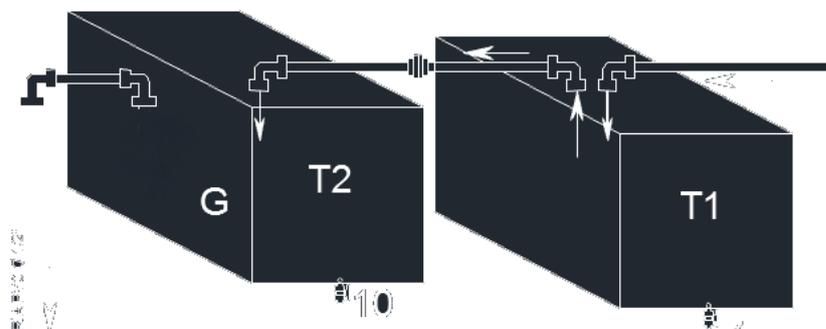
Por cuestiones de mantenimiento o limpieza, se incorporó una unión roscada de  $\frac{1}{2}$  pulgada a través de un adaptador "liso hembra", y

también un "liso macho" de PVC en los extremos del tubo, que permitan su apertura.

### **Unidades de filtrado**

- a. Diseño 1.- Esta unidad está por lechos filtrantes: Grava, Arena y Carbón activado, los cuales van colocados en carcasas de 40 centímetros de alto por 20 de ancho, se utilizaron carcasas transparentes a modo de poder verificar con facilidad el estado de los lechos filtrantes y si estos necesitan mantenimiento o cambio,
- b. Diseño 2.- Se aplicó el hipoclorito de calcio y de sodio, normalmente conocidos como cloro, que, aunque es un químico comúnmente aplicado para la desinfección del agua, su consumo continuo se ha relacionado con ciertos tipos de cáncer y por lo tanto la dosificación debe ser medida.

Para las unidades de filtrado en los dos diseños se aplicó carcasas, existiendo en el segundo diseño respectivamente en el área de filtrado un contador de gotas el cual es usado por los sueros en la salud humana para regular el uso del cloro y entre la estructura de prefiltración y filtración se aplicó una manguera de ½ pulgada de diámetro para el paso del agua prefiltrada hacia el sistema de filtración.

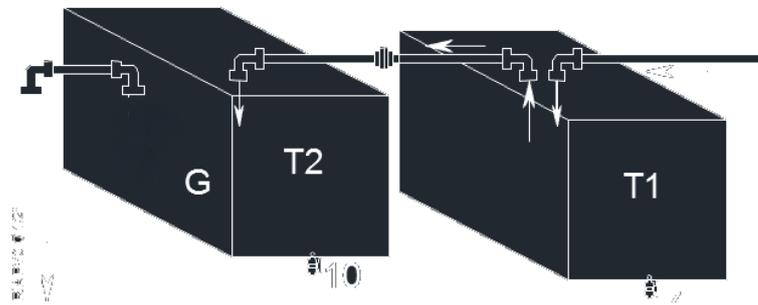


**Ilustración 2: Diseño 1**

*Componentes:*

**T1.-** Coagulante y Floculante: Polielectrolito. - Sulfato de Aluminio

**T2.-** Lechos filtrantes: Grava, Arena y Carbón activado



**Ilustración 3: Diseño 2**

*Componentes:*

**T1.-** Coagulante y Floculante: Polielectrolito. - Zeolita

**T2.-** Hipoclorito de Sodio

## **Factores que incluir en el diseño y operación de una planta doméstica para tratamiento de agua.**

### ***Estudio Ambiental***

Por lo general todo proyecto posee un componente de carácter ambiental dentro de su implementación, es este caso en la purificadora de agua casera, indudablemente tiene un impacto en su área de influencia, por lo tanto, dicho impacto no específicamente puede ser perjudicial o benéfico para el ambiente.

### ***Descripción de los efectos ambientales***

En cuanto a lo que corresponde al diseño y construcción de una planta purificadora de agua casera, no supone grandes impactos al ambiente que la rodea o a algún cambio que signifique como el movimiento de tierra y obras civiles, o como la implementación de una industria, pero no obstante de alguna forma se ejerce influencia en el entorno que rodea al proyecto ya sea de forma positiva o negativa.

La construcción de una planta purificadora de agua casera conlleva una influencia en los hábitos de consumo del líquido vital en la población, y todas las operaciones asociadas a ella aplican combustible para el transporte, además, durante la fabricación se utiliza energía eléctrica, plásticos que se usan en el pegado de garrafrones, etc., todos esos factores originan daños en el ambiente y emisión de gases de efecto invernadero

**Tabla 3: Matriz de Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales**

TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE EQUIPO PARA PURIFICACION DE AGUA		R.U.C.:		Responsable: Ing. Victor Andrés Molina						
DIRECCION:		TELF.: 0960048834		Maestría en Gestión Ambiental						
LOCALIDAD: Babahoyo		PROVINCIA: Los Rios		E-mail: vmolina@utb.edu.ec						
<b>IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES</b>										
Nº	ASPECTOS AMBIENTALES	OPERACIONES DEL EQUIPO DE PURIFICACION DE AGUA								
		DISEÑO Y CONSTRUCCION		PRUEBAS		IMPLEMENTACION		LIMPIEZA (Disponición de materiales utilizados en el diseño y construcción)	NUMERO DE INTERACCIONES	
		Diseño	Const rució n 1	Const rució n 2	Pruebas Físicas	Pruebas de Laboratorio	Instalacio n			operación
1	Consumo de Recurso Agua					X	X		X	3
2	Consumo Electricidad		X	X			X	X		4
3	Consumo Gas/Diesel									0
4	Uso de Sustancias Químicas					X				1
5	Generación de Gases		X	X	X		X			4
6	Generación de Material Particulado		X	X			X		X	4
7	Generación de Residuos Líquidos					X	X	X		4
8	Generación de Residuos Sólidos	X	X	X			X		X	5
9	Generación de Residuos Peligrosos									0
10	Generación de Ruido		X	X	X	X	X	X	X	7
11	Generación de Vibraciones		X	X	X		X	X		5
12	Otros (Empleo, etc)		X	X	X	X	X	X	X	7

## **Evaluación de impactos ambientales**

Para ejecutar una evaluación de impactos ambientales, se aplicaron los criterios pertenecientes a la matriz de Leopold, que es una de las herramientas más útiles para ejercer una evaluación de impactos ambientales. Para aquello se determinó la magnitud de impacto en una escala de 1 a 10, donde es necesario indicar que 1 es la magnitud más baja y 10 es la más alta.

Otro criterio para evaluar es la importancia del impacto dentro del proyecto, pues la relevancia del impacto está muy relacionada a las consecuencias sociales, culturales y económicas que dicho impacto pueda presentar, lo cual puede poner en peligro la ejecución del proyecto.

A continuación, la matriz presentada indica las calificaciones dadas a todas las características de impactos ambientales en la tabla 14.

### **a. Plan de mitigación de los impactos ambientales significativos**

En base a la evaluación realizada, las medidas que se analizan a continuación implican acciones específicamente para controlar situaciones que podrían producirse durante la construcción y operación del equipo de purificación de agua.

- ✓ Obtener un programa de actividades constructivas y de coordinación que minimice los efectos ambientales.
- ✓ Dar una adecuada información y capacitación del personal sobre los problemas ambientales esperados en cuanto a las actividades que se realizarán en el área de construcción del equipo de purificación de agua.
- ✓ Implementar un eficiente y apropiado mecanismo de comunicación social que permita formar un ámbito positivo con

todas las partes afectadas respecto de los planes y acciones a desarrollar durante la construcción del Proyecto.

- ✓ Contar con un plan de contingencia para situaciones de emergencia (por ejemplo, derrames de combustible, derrame de producto químico etc.) que puedan ocurrir y tener consecuencias ambientales significativas.

## **Factores para el diseño de la planta doméstica de tratamiento de agua**

Los factores que se tomaron en cuenta para el diseño y operación de la planta doméstica de tratamiento de agua fueron descritos por (Gallardo, 2013) y modificados por el autor incluyendo la identificación y la evaluación ambiental como factores en el diseño de la planta; esto, debido a que estas metodologías aportan una visión integradora en el diagnóstico ambiental (biótico y abiótico), social y económico.

En total se tomaron en consideración seis factores, los cuales se detallan a continuación:

1. Matriz de identificación de impacto ambiental. - todo proyecto tiene un componente ambiental en su implementación y operación, en el caso de una planta de tratamiento doméstica de agua, indudablemente tiene un impacto en los hogares, sin embargo dicho impacto no necesariamente es perjudicial o benéfico para el ambiente.
2. Matriz de evaluación ambiental. - Para la valuación de los efectos ambientales, se utilizarán los criterios expuestos por la matriz de Leopold, una de las herramientas más utilizadas para la evaluación de impactos ambientales. Para ello se determina la magnitud del impacto o alteración en el factor ambiental seleccionado, en una escala de 1 a 10, donde uno, es la magnitud más baja de impacto y 10 identifica el mayor impacto ambiental en relación con el

factor. El otro criterio de evaluación es, la importancia o relevancia de dicho impacto ambiental dentro del proyecto, ya que la relevancia de un impacto ambiental está muy relacionada con las consecuencias económicas, sociales y económicas que dicho impacto pueda tener, lo que puede poner en riesgo la continuidad del proyecto.

3. Necesidad de usos. - Se aplican encuestas, para describir el comportamiento de la población respecto al consumo de agua, a fin de estimar, la situación actual de consumo y los precios que la población está dispuesta a pagar por el vital líquido. Además, se pretende determinar los usos y preferencia de la población respecto a las tecnologías de purificación ó métodos de obtención de agua potable para consumo familiar, en las principales ciudades de la región.
4. Parámetros de calidad. - Es necesario evaluar el efecto o daño a la salud humana de los contaminantes para rechazar la fuente de agua, particularmente para sistemas de abastecimiento de comunidades pequeñas donde la elección de otra fuente de abastecimiento y las oportunidades de tratamiento son limitadas. Por ejemplo, agua subterránea con valores de hierro, manganeso o sulfatos mayores a los límites permisibles marcados en la norma de calidad de agua, puede ser utilizada a pesar de sus inconvenientes de carácter organoléptico, porque el daño a la salud no es agudo ni crónico (SALUD, 2005). Existen otras sustancias que también se han fijado como parámetros de calidad por criterios estéticos y no sanitarios que también debieran removerse del agua, como los sólidos suspendidos y la materia orgánica natural. Otro parámetro contaminante que generalmente no se remueve por su complejidad de tratamiento y porque no tiene efectos directos sobre la salud, es la dureza. Estos contaminantes podrían reducirse a niveles aceptables si la comunidad tiene capacidad técnica y económica para administrar y operar un

sistema de tratamiento con aceptación por parte de los usuarios. El parámetro de calidad del agua más importante que se debe vigilar y eliminar es el microbiológico, por su efecto agudo en la salud humana (SALUD, 2005)

5. Económico.- lo económico se relaciona en el diseño en razón de que la adquisición de los materiales se reflejará en los costos de allí se desprende la dimensión, calidad de funcionamiento y estética de la planta purificadora, pues hay que recalcar que el diseño de equipos de purificación de agua se basa en varios criterios de funcionalidad, espacio y portabilidad, un factor que influye mucho en el diseño final es la carencia de piezas preconcebidas o el alto costo de las mismas, lo que lleva a hacer cambios de diseño en plena construcción del equipo, en pro de lograr costes bajos sin comprometer los procesos
6. Diseño. - Las tecnologías de tratamiento para localidades rurales del país deben tener requerimientos técnicos (mano de obra, instalaciones, insumos energéticos, reactivos químicos, operación y mantenimiento) y económicos (costos de inversión, operación y mantenimiento) acordes a la capacidad de la comunidad y al nivel de apoyo de instituciones responsables del consumo de agua y salud. Además, se debe involucrar a la comunidad en la planeación, selección, diseño, construcción, administración, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento para que éstos sean apropiados y sustentables (Arturo González H., 2015).

## CAPÍTULO IV: Resultados del experimento

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” Filipenses 4:13

### Calidad del agua de consumo humano de EMSABA-EP y del agua de la planta doméstica de tratamiento

#### *Caracterización física-química y microbiológica del Agua Cruda*

El agua de consumo humano proveniente del abastecimiento de EMSABA no es apta para el consumo humano, de los 12 parámetros de calidad del agua consultados, cuatro parámetros (Conductividad eléctrica, Sólidos Disueltos Totales, Flúor y Sulfatos) no cumplen con los límites máximos permisibles de la EPA, esto indica que existen deficiencias en el tratamiento y el abastecimiento del líquido.

**Tabla 4: Estadísticos descriptivos caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de abastecimiento de EMSABA-EP**

Variable	Unid.	Mínimo	Máximo	Media	Desvi. típica	OMS	INEN 1108	EPA
Color verdadero	Upt-Co	1.00	1.00	1.00	0.00	15	15	15
Turbiedad	N.T.U	0.30	2.00	0.64	0.76	5	5	2
Conductividad eléctrica	μS/cm	847.00	913.00	<b>883.60</b>	25.78	-	-	2500
Temperatura		25.00	25.70	25.40	0.26	-	Condición Natural + o - 3grados	-
pH	pH	7.28	7.28	7.28	0.00	9	6.6 – 8.5	6.5-8.5

Variable	Unid.	Mínimo	Máximo	Media	Desvi. típica	OMS	INEN 1108	EPA
Sólidos totales disueltos	mg/L	466.00	542.00	<b>513.0</b>	29.77	1000	1000	1000
Cloruros (Cl)	mg/L	54.00	63.00	59.00	3.87	250	1,5	400
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	138.00	175.00	153.9	15.49	500	-	500
Flúor (F)	mg/L	0.75	47.00	<b>10.45</b>	20.66	0,5- 1,0	1,5	<1,5
Nitratos (N- NO <sub>3</sub> )	mg/L	7.00	10.00	9.20	1.30	50	50	50
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	mg/L	8.00	10.00	9.60	0.89	250	200	400
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	3.00	7.00	<b>4.60</b>	1.67	-	<1*	<2*

### **Análisis de componentes principales agua de abastecimiento de EMSABA-EP**

El análisis de componentes principales indicó que los dos primeros componentes acumularon el 69.85 de la variabilidad de los datos, en el que el primer componente fue el de mayor variación presentando el 42.75%, seguido del segundo componente con 27.09% (Tabla 5).

**Tabla 5: Varianza total explicada de los dos primeros componentes**

	C1	C2
Valor propio	4.2755	2.7096
Variabilidad (%)	42.7545	27.0964
% acumulado	42.7545	69.8509

La sedimentación (componentes) indica la formación de cuatro componentes principales, que acumulan el 100% de la variabilidad del

estudio, de estos solo se tomó en cuenta los dos primeros componentes ya que entre los dos acumulan el 70% de la variabilidad total del estudio.

**Correlaciones entre parámetros de calidad del agua y componentes de abastecimiento de EMSABA-EP**

Los parámetros de calidad del agua de mayor correlación positiva en el primer componente fueron: Turbiedad, Flúor, Conductividad eléctrica, Flúor; mientras, Coliformes Fecales presentó una correlación negativa; esto, podría indicar que el material disuelto en el agua de consumo no favorece el crecimiento de los Coliformes no obstante, este parámetro se encontró por encima de la norma ambiental (<1 NMP); mientras, que en el segundo componente los componentes Dureza Total y Sulfatos presentaron una correlación positiva, esto estaría relacionado a las altas concentraciones que estos parámetros presentan en el agua de consumo humano (Tabla 6).

**Tabla 6: Matriz de componentes parámetros de calidad del agua de abastecimiento de EMSABA-EP**

	<b>C1</b>	<b>C2</b>
Color verdadero	0.0000	0.0000
Turbiedad	<b>0.9031</b>	0.3171
Conductividad eléctrica	<b>0.8430</b>	0.0120
Temperatura	-0.5896	-0.3635
pH	0.0000	0.0000
Sólidos totales disueltos	0.2075	-0.5754
Cloruros (Cl)	0.2729	0.8880
Dureza total (CaCO3)	0.2017	<b>0.7767</b>
Flúor (F)	<b>0.9020</b>	0.3193
Nitratos (N-NO3)	0.2565	0.6809

Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	-0.0405	<b>0.7616</b>
Coliformes		
Fecales	<b>-0.8237</b>	0.5408

---

### ***Caracterización física-química y microbiológica del Agua del primer diseño***

La calidad del agua de consumo humano proveniente del primer diseño fue estimada mediante el análisis de 15 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, en el que todos los parámetros cumplen con las normativas de contraste.

**Tabla 7: Estadísticos descriptivos caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de Primer diseño**

<b>Variable</b>	<b>Unid.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desvi. típica</b>	<b>OMS</b>	<b>INEN 1108</b>	<b>EPA</b>
Color verdadero	Upt-Co	1.00	1.00	1.00	0.00	15	15	15
Turbiedad	N.T.U	0.30	0.30	0.30	0.00	5	5	2
Conductividad eléctrica	µS/cm	742.00	827.00	786.60	36.88	-	-	2500
Temperatura		25.30	25.70	25.50	0.16	-	Condición Natural + o - 3grados	-
pH	pH	7.28	7.28	7.28	0.00	9	6,6-8,5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	mg/L	446.00	497.00	454.0	21.51	1000	1000	1000
Cloruros (Cl)	mg/L	47.00	60.00	55.60	5.55	250	1,5	400
Dureza total (CaCO3)	mg/L	44.00	157.00	105.00	56.13	500	-	500
Flúor (F)	mg/L	0.70	1.70	1.14	0.47	0,5-1,0	1,5	<1,5
Nitratos (N-NO3)	mg/L	8.00	10.00	9.40	0.89	50	50	50
Sulfatos (SO4)	mg/L	8.00	10.00	9.60	0.89	250	200	400
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	0.80	0.97	0.91	0.07	-	<1*	<2*
Cloro residual	mg/L	0.40	1.10	0.80	0.32	Min. 0,5	0,3-1,5	2
Oxígeno disuelto	mg/L	4.35	5.60	4.73	0.52	-	-	-
Nitritos	mg/L	0.00	3.00	1.20	2.68	3	2	3

## **Análisis de componentes principales agua del primer diseño**

El análisis de componentes principales indicó la formación de dos componentes que acumularon el 73.56% de la variabilidad total de los datos, el primer componente obtuvo un 39.02% mientras el segundo 34.54% (Tabla 8).

**Tabla 8: Varianza total explicada de los dos primeros componentes principales agua tratada del primer diseño**

	<b>C1</b>	<b>C2</b>
Valor propio	4.6825	4.1452
Variabilidad (%)	39.0211	34.5436
% acumulado	39.0211	73.5647

### ***Contribución porcentual de los parámetros de calidad del agua del primer diseño***

Los parámetros fisicoquímicos de mayor contribución en el primer componente fueron cloro residual y nitratos; mientras que el segundo componente los parámetros de mayor contribución fueron conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y coliformes fecales (Tabla 9).

**Tabla 9: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad del agua primer diseño**

	<b>C1</b>	<b>C2</b>
Color verdadero	0.0000	0.0000
Turbiedad	0.0000	0.0000
Conductividad eléctrica	0.0584	24.0085
Temperatura	15.8624	3.1192
pH	0.0000	0.0000

	C1	C2
Sólidos totales		
disueltos	0.2532	23.8184
Cloruros (Cl)	3.4834	6.8968
Dureza total		
(CaCO <sub>3</sub> )	6.3054	2.1797
Flúor (F)	7.2767	5.8423
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	0.1895	5.0925
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	7.4669	10.4798
Coliformes		
Fecales	3.7798	12.3145
Cloro residual	20.8549	0.1218
Oxígeno disuelto	14.6475	5.6792
Nitritos	19.8221	0.4473

### Caracterización física-química y microbiológica del Agua del segundo diseño

La calidad del agua de consumo humano proveniente del segundo diseño fue estimada mediante el análisis de 15 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, en el que todos los parámetros cumplen con las normativas de contraste. De igual manera que el primer componente los dos diseños fueron eficaces al tratar el agua proveniente de EMSABA-EP.

**Tabla 10: Estadísticos descriptivos caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de segundo diseño**

Variable	Unid.	Míni mo	Máxi mo	Med ia	Des			
					vi. típico	OMS	INEN 1108	EP A
Color verdadero	Upt- Co	1.00	1.00	1.00	0.00	15	15	15

<b>Variable</b>	<b>Unid.</b>	<b>Míni mo</b>	<b>Máxi mo</b>	<b>Med ia</b>	<b>Des vi. típica</b>	<b>OMS</b>	<b>INEN 1108</b>	<b>EP A</b>
Turbiedad	N.T.U	0.30	0.30	0.30	0.00	5	5	2
Conductividad eléctrica	μS/cm	698.0 0	812.0 0	745. 80	41.3 1	-	-	250 0
Temperatura		25.30	25.60	25.4 8	0.13	-	Condición Natural + o - 3grados	-
pH	pH	7.28	7.28	7.28	0.00	6,5- 8,5	-	6.5 - 8.5
Sólidos totales disueltos	mg/L	375.0 0	493.0 0	466. 60	42.8 3	1000	-	100 0
Cloruros (Cl)	mg/L	53.00	60.00	56.4 0	2.70	250	-	400
Dureza total (CaCO3)	mg/L	134.0 0	201.0 0	151. 40	28.0 2	500	-	500
Flúor (F)	mg/L	1.20	1.60	1.44	0.17	1,5 mg/ L	1,5 mg/L	<1, 5
Nitratos (N-NO3)	mg/L	8.00	10.00	9.60	0.89	10 mg/ L	50 mg/L	50

Variable	Unid.	Míni mo	Máxi mo	Med ia	Des vi. típica	OMS	INEN 1108	EP A
Sulfatos (SO4)	mg/L	8.00	12.00	10.6 0	1.95	400 mg/ L	-	400
Coliformes Fecales	NMP/1 00 ml	0.89	0.94	0.91	0.02	0	<1*	<2*
Cloro residual	mg/L	0.40	1.20	0.98	0.35	Min. 0,5	0,3-1,5 mg/L	2
Oxígeno disuelto	mg/L	4.15	4.78	4.36	0.29	-	-	-
Nitritos	mg/L	0.00	3.00	1.30	1.41	3mg /L	2	3

### ***Análisis de componentes principales agua del segundo diseño***

El análisis de componentes principales indica la formación de dos componentes, en el que el primer factor acumuló el 61.05%; mientras el segundo factor acumuló 22.22%; entre los dos factores acumulan una variabilidad total de 83.32% de la varianza.

**Tabla 11: Análisis de componentes principales del agua del segundo diseño**

	C1	C2
Valor propio	7.3260	2.6735
Variabilidad (%)	61.0504	22.2793
% acumulado	61.0504	83.3297

**Contribución porcentual de los parámetros de calidad del agua del segundo diseño**

La mayor contribución de los parámetros de calidad de agua en el primer componente fue cloro, oxígeno disuelto, nitritos, Flúor; mientras que en el segundo componente los parámetros de mayor contribución fueron Cloruros, Sólidos disueltos totales, Conductividad eléctrica (Tabla 12)

**Tabla 12: Contribución porcentual de los parámetros de calidad del agua del segundo diseño**

	<b>C1</b>	<b>C2</b>
Color verdadero	0.00	0.00
Turbiedad	0.00	0.00
Conductividad eléctrica	0.00	20.61
Temperatura	11.83	1.62
pH	0.00	0.00
Sólidos totales disueltos	0.52	23.53
Cloruros (Cl)	1.17	27.23
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	9.84	3.34
Flúor (F)	11.49	2.72
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	10.84	2.11
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	6.23	8.93
Coliformes Fecales	8.88	9.44
Cloro residual	13.35	0.14
Oxígeno disuelto	13.00	0.14
Nitritos	12.86	0.20

**Comparación estadística de resultados entre el agua cruda de EMSABA S.A y las aguas tratadas con los diseños 1 y 2 de planta purificadora casera.**

**Tabla 13: Resultados entre el agua cruda de EMSABA S.A y las aguas tratadas con los diseños 1 y 2 de planta purificadora casera.**

Parámetros	Unidad	EMSABA S.A		Primer diseño	Segundo diseño	Límites máximos		
		media	media			OMS	INEN 1108	EPA
Color verdadero	Upt-Co	1.00	1.00	1.00	1.00	15	15	15
Turbiedad	N.T.U	0.64	0.30	0.30	0.30	5	5	2
Conductividad eléctrica	µS/cm	883.60	786.60	786.60	745.80	-	-	2500
Temperatura	°C	25.40	25.50	25.50	25.48	-	Condición Natural + 0 - 3grados	-
pH	pH	7.28	7.28	7.28	7.28	6,5-8,5	-	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	mg/L	513.00	454.00	454.00	466.60	1000	-	1000
Cloruros (Cl)	mg/L	59.00	55.60	55.60	56.40	250	-	400
Dureza total (CaCO3)	mg/L	153.90	105.00	105.00	151.40	500	-	500
Flúor (F)	mg/L	10.45	1.14	1.14	1.44	1,5	1,5	<1,5
Nitratos (N-NO3)	mg/L	9.70	9.40	9.40	9.60	10	50	50
Sulfatos (SO4)	mg/L	9.60	9.60	9.60	10.60	400 mg/L	-	400
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.60	0.91	0.91	0.91	0	<1*	<2*
Cloro residual	mg/L		0.80	0.80	0.98	Min. 0,5	0,3-1,5	2
Oxígeno disuelto	mg/L		4.73	4.73	4.36	-	-	-
Nitritos	mg/L		1.20	1.20	1.30	3	2	3

- a. Color verdadero: Comparando estadísticamente entre los 3 ítems correspondientes a EMSABA S.A y los dos diseños de plantas purificadoras de agua casera, se denota que no existió diferencia estadística, pues poseen el mismo nivel de 1 Upt-Co y respetando el nivel máximo de para la OMS y la norma INEN 1108:2014.
- b. Turbiedad: Los dos diseños presentaron igualdad (0.30 N.T. U ), mientras que EMSABA S.A presentó 0.64 N.T.U, existiendo una diferencia de 0,34 N.T.U, lo cual indica que cualquiera de los dos diseños manifiesta mejor resultado para turbiedad que el agua cruda de EMSABA S.A . Vale indicar que los tres ítems están por debajo del límite expresado por la OMS y la Norma INEN 1108:2014.
- c. Conductividad eléctrica: Para conductividad eléctrica se presentó diferencia estadística entre los tres ítems pues EMSABA S.A, presentó (883.60  $\mu$ .S/cm), existiendo valores más bajos en el segundo tratamiento presentando una media de (745.8  $\mu$ .S/cm), mientras que en el primer tratamiento se observó (786.60  $\mu$ .S/cm), se podría decir que todos los tratamientos mantienen niveles normales de conductividad eléctrica en cuanto a los tratamientos.
- d. Temperatura: EMSABA S.A presentó 25,40°C, mientras que el diseño 1 presentó como media 25.5°C y el diseño dos 25.48°C, se podría decir que el diseño número dos y el uno no presentaron diferencia estadística, incluyendo además que todos los resultados están dentro del rango permitido por la OMS y la Norma INEN 1108:2014.
- e. pH: Los tres ítems presentaron agua Neutra (7.28 pH) respetando el límite máximo para la OMS que se rige de 6,5 a 8,5 pH y para la Norma INEN 1108:2014. Se determina que existió igualdad de resultados.
- f. Sólidos totales disueltos: En cuanto a los sólidos totales EMSABA S.A presentó (513.00 mg/L), mientras que los dos diseños presentaron diferencias estadísticas, para el primer tratamiento (454.00 mg/L) y

- para el segundo (466.60 mg/L), de tal modo de determina que el primer diseño manifiesta un mejor tratamiento para los sólidos totales disueltos. Vale indicar que todos los parámetros si cumplen con el requisito de la OMS y de la Norma INEN 1148:2014 cuyo límite máximo en este parámetro es de 1000 mg/L.
- g. Cloruros: EMSABA S.A presentó (59.00 mg/L), mientras que el nivel más bajo en Cloruros lo presentó el diseño 1 con (55.60 mg/L) lo cual es beneficioso para un mejor consumo de agua purificada, frente al diseño 2 que manifestó (56.40 mg/L). Es necesario indicar que todos los parámetros si se someten a las normativas INEN 1148:2014 y de la OMS.
  - h. Dureza total (CaCO<sub>3</sub>): En cuanto a dureza total se observa que EMSABA S.A, presentó (153.90 mg/L), existiendo una gran diferencia con el diseño 1 que manifestó una media de (105.00 mg/L), mientras que el diseño 2 expresó una media de (151.40 mg/L). Lo cual indica que el mejor tratamiento fue el diseño 1. Todos los resultados cumplieron con el límite máximo de la OMS y de la Norma INEN 1148:2014.
  - i. Flúor (F): En cuanto a este parámetro se manifestó que EMSABA S.A tiene (10.45 mg/L), mientras que el segundo diseño presentó 1.44 mg/L, originando una variabilidad estadística en concordancia con el primer diseño que mantiene (1.14 mg/L). Lo cual indica que entre los diseños y el agua distribuida por EMSABA S.A el primero es el mejor tratador para agua en cuanto al Fluor. Todos los resultados cumplieron con el límite máximo de la OMS y de la Norma INEN 1148:2014.
  - j. Nitratos (N-NO<sub>3</sub>): El agua de EMSABA S.A. presenta un alto nivel de nitratos (9.70 mg/L), frente al agua tratada por los diseños 1 (9.40 mg/L) y 2 (9.60mg/L), observándose de esta manera que el primer diseño presenta un mejor resultado de purificación de agua cruda. Todos los resultados cumplieron con el límite máximo de la OMS y de la Norma INEN 1148:2014.

- k. Sulfatos (SO<sub>4</sub>): EMSABA S.A. y el diseño 1 presentan un mismo nivel de Sulfatos (9.60 mg/L), frente al agua tratada por el diseño 2 (10.60 mg/L), observándose de esta manera que entre los diseños el primero un mejor resultado de purificación de agua cruda. Todos los resultados cumplieron con el límite máximo de la OMS y de la Norma INEN 1148:2014.
- l. Coliformes fecales: En cuanto a coliformes fecales se observó una gran diferencia significativa entre los dos tratamientos en comparación con el agua distribuida por EMSABA S.A, que manifestó (4.60 NMP/100 ml). Los dos diseños presentaron igual con (0.91 NMP/100 ml). Cabe indicar que el agua distribuida por EMSABA presenta niveles poco óptimos para su consumo, lo cual es perjudicial para la salud, alterando el color, sabor y olor del líquido vital, lo cual se podría decir que es debido a los pozos sépticos de la ciudadela Puerta Negra, pues las aguas generadas por dichos pozos podrían filtrarse al pozo de agua que emplea la empresa Municipal.
- m. Cloro residual: El agua de EMSABA S.A no presentó análisis debido a que su captación fue antes que sea clorificada para así obtener un agua cruda en su totalidad, pero el diseño 1 presentó (0.80 mg/L) y el segundo diseño (0.98mg/L) siendo que este diseño presenta Cloro en su estructura. Hay que indicar que ambos diseños mantienen el rango máximo permitido por la OMS y la Norma INEN 1148:2014.
- n. Oxígeno disuelto: Ambos tratamientos presentan rangos permitidos, el primer diseño (4,73 mg/L) y el segundo (4.36 mg/L). Hay que indicar que ambos diseños mantienen el rango máximo permitido por la OMS y la Norma INEN 1148:2014.
- o. Nitritos: El primer diseño presentó (1.20 mg/L), mientras que el segundo diseño manifestó (1.30mg/L), denotando de esta manera que el primer tratamiento tiene mejor resultados en cuanto a la

purificación del agua casera en Nitritos. No interfirieron en cuanto a las Normas INEN 1148:2014 y la OMS.

## Matriz de evaluación de impactos ambientales

Tabla 14: Matriz de evaluación de impactos ambientales

<b>TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA PURIFICACIÓN DE AGUA</b>		<b>R.U.C.:</b>			<b>Responsable: Ing. Víctor Andrés Molina</b>			
<b>DIRECCIÓN:</b>		<b>TELF.: 0960048834</b>			<b>Maestría en Gestión Ambiental</b>		<b>E-mail: vrmolina@utb.edu.ec</b>	
<b>LOCALIDAD: Babahoyo</b>		<b>PROVINCIA: Los Ríos</b>						
<b>EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES (VALORACIÓN I = I + E + M + P + R)</b>								
<b>Nombre del PROCESO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA PURIFICACIÓN DE AGUA</b>								
<b>Nº</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>INTENSIDAD</b>	<b>EXTENSIÓN</b>	<b>MOMENTO</b>	<b>PERSISTENCIA</b>	<b>REVERSIBILIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>JUICIO</b>
1	Alteración de la calidad del agua	1	1	2	3	1	I=I+E+M+P+R	8
2	Consumo de Electricidad	2	2	2	1	1	I=I+E+M+P+R	8
3	Consumo de combustible	-1	1	-1	-1	2	I=I+E+M+P+R	2
4	Efecto uso de Sustancias Químicas	1	2	2	2	2	I=I+E+M+P+R	9
5	Alteración de la calidad del aire	1	1	1	1	1	I=I+E+M+P+R	5
6	Emanación de partículas y polvo	1	1	2	1	1	I=I+E+M+P+R	6
7	Vertido de aguas residuales	2	2	2	2	2	I=I+E+M+P+R	10
8	Eliminación de Residuos Sólidos	2	3	2	1	2	I=I+E+M+P+R	10
9	Eliminación de Residuos Peligrosos	1	1	1	1	1	I=I+E+M+P+R	5
10	Alteración del ruido y la atmósfera	1	2	1	1	1	I=I+E+M+P+R	6
12	Otros (Empleo, etc)	3	3	3	3	2	I=I+E+M+P+R	14

## Optimización del manejo de la planta doméstica para tratamiento de agua de consumo humano

### *Eficiencia del tratamiento del agua*

En la tabla 15, se presentan los resultados de la eficiencia de los dos diseños de plantas domésticas, los parámetros utilizados para evaluar el funcionamiento de las plantas fueron los de mayor contribución ya que los parámetros de mayor variabilidad en el estudio, estos parámetros fueron identificados previamente en el análisis de componentes principales.

**Tabla 15: Significancia de parámetros de calidad de agua de consumo humano entre diseños de planta de tratamiento**

<b>Parámetros físico-químicos y microbiológicos</b>	<b>Agua cruda vs Agua diseño 1 (p-valor)</b>	<b>Agua cruda vs Agua diseño 2 (p-valor)</b>	<b>Diseño 1 vs Diseño 2</b>
Conductividad eléctrica	<b>0.043</b>	<b>0.043</b>	0.225
Coliformes Fecales	<b>0.043</b>	<b>0.043</b>	0.893
Cloruros	0.343	0.214	0.686
Sólidos disueltos totales	<b>0.043</b>	<b>0.043</b>	0.136
Nitratos	0.564	0.593	0.785

En la tabla 14 se puede denotar que de los cinco parámetros de mayor contribución de calidad de agua de consumo humano, tres presentaron diferencias estadísticas significativas entre el agua cruda y los dos diseños de planta de tratamiento; esto, refleja un resultado positivo debido a que los sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica son parámetros relacionados a la olores, colores y sabores extraños, así como también los Coliformes fecales se relacionan a los casos de morbilidad de enfermedades gastrointestinales.

Es necesario indicar que los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se ejecutaron en época de invierno, los mismos que permitieron observar las dosis del químico a utilizar en la floculación y en la etapa de desinfección para cumplir con los estándares de calidad del agua **NTE INEN 1108:2014 QUINTA REVISION REQUISITOS. Así como lo indica** (Merino, 2015)

En cuanto al estudio de impacto ambiental el diseño y construcción de una planta purificadora de agua casera, no interpone grandes impactos al ambiente que la rodea o a algún cambio que implique movimientos de tierra y obras de carácter civil, o como la instalación de una industria, pero no obstante de alguna forma ejerce influencia en el entorno que rodea al proyecto ya sea de forma positiva o negativa, pero hay que observar que la elaboración de una planta casera para purificar agua, implica una influencia en los hábitos de consumo de agua en la población, y todas las labores asociadas a ella necesitan de combustible para transportarse, además, durante la fabricación se usa energía eléctrica y plásticos que se usan en la unión de garrafones, etc., pero vale connotar que los efectos negativos es la construcción de la planta purificadora de agua casera son mínimos, lo cual también es sostenido por (Lozano, 2017)

En la actualidad existen muchos medios para purificar el agua a través de distintas tecnologías, dependiendo en gran manera de la calidad de agua a tratar. Los parámetros utilizados comúnmente para describir la calidad del agua cruda (sin tratamiento), son la dureza del agua y el nivel de sólidos disueltos y la salinidad. Dependiendo del nivel de dureza, salinidad y sólidos disueltos se selecciona el tipo de proceso que se llevará a cabo para procesar el vital líquido, por ende, esta investigación trata de lograr cumplir con los estándares de calidad del agua ante la OMS y las Normas INEN 11:48: 2014, aunque en nuestro país no hay un seguimiento exhaustivo e indispensable en cuanto a la purificación del agua, así como lo demuestra este trabajo realizado en un sector

emergente, pues mantener un agua limpia que cumpla con ítems de calidad es necesario, así como lo indican (Barreiro & Sandoval, 2011) aportando en que la calidad del agua potable, es de interés para todas las sociedades del planeta, debido a su repercusión en la salud pública, son factores de riesgo en el agua, los agentes infecciosos, productos químicos tóxicos y la contaminación Radiológica. Dichos factores demuestran la necesidad de enfoques de gestión preventivos, que influyen directamente en agua servida a los consumidores. La Organización Mundial Para la Salud, OMS, elabora normas internacionales relativas a la calidad de agua y la salud de las personas en forma de guías en las que se basan reglamentos y normas de países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados.

Con respecto a la fase de captación del sistema de abastecimiento de agua de consumo humano en la ciudadela Puerta Negra, esta se caracteriza por situarse en un pozo profundo situado en el sector el mismo que dispone de un sistema de bombeo para facilitar la obtención del agua desde los acuíferos subterráneos, y de allí es distribuida por medio de cañerías; esto se asemeja a lo identificado por Santacruz (2014) en su tesis de grado titulada: "Agua purificada para el Recinto Mesada de arriba del cantón Colimes", en cuya investigación identificó que el mencionado recinto dispone de una captación subterránea, la misma que cuenta con un pozo de 30 metros de profundidad y para lo cual se emplea una bomba de succión para el suministro del recurso hasta la comunidad; sin embargo, se diferencia de la captación de la ciudadela Puerta Negra, debido a que ésta no dispone de un proceso de tratamiento previo a su distribución hasta los hogares de los consumidores a excepción de que solo es clorificada (American Water Works Association, 2012).

Además se identificó que las redes de distribución domiciliarias son en su gran mayoría de plástico (80% aproximadamente), a diferencia de lo

reportado por Mejía (2010) en su tesis de grado titulada: “Estudio sobre la calidad del agua potable del cantón Gualaquiza”, a través de la cual se determinó que el mencionado cantón dispone de una red de distribución de agua para consumo humano de PVC-P en su totalidad; y cuya diferencia con respecto a la ciudadela Puerta Negra, se debe básicamente a los años de vida de las mismas, caracterizadas por ser muy antiguas

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con gozo sacarás agua de los manantiales de la salvación.

Isaías 12:3

El agua procesada por los diseños cumplen con los estándares nacionales e internacionales de calidad establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las Norma NTE INEN 1108:2014, quinta revisión Agua Potable requisitos.

En turbiedad los diseños presentaron igual resultados con (0.30 NTU), frente a EMSABA S.A que manifestó un nivel de (0.64 NTU), demostrando de esta manera una diferencia entre los tratamientos, demostrando que los diseños controlan mejor el nivel de turbiedad del agua

Los parámetros de sólidos totales disueltos, cloruros, dureza total, flúor, nitratos, nitritos del diseño 1 presentó mejores resultados que el agua distribuida por EMSABA S.A, e incluso que el diseño 2, demostrando así que fue el mejor tratamiento para mitigar el nivel de impureza que se presenta en el agua potable que usan en el sector emergente de Puerta Negra

En los parámetros de Color verdadero, turbiedad, temperatura, pH y coliformes fecales, los dos diseños presentan igualdad en resultados estadísticos.

Referente a Coliformes fecales existió una gran diferencia significativa entre los dos tratamientos en comparación con el agua distribuida por EMSABA S.A, que manifestó (4.60 NMP/100 ml). Los dos diseños presentaron igual con (0.91 NMP/100 ml). Cabe indicar que el agua distribuida por EMSABA no presenta niveles óptimos para su consumo, lo cual es perjudicial para la salud.

Se indica que el diseño número uno es el mejor en cuanto al tratamiento de agua, lo cual puede ser debido a sus componentes en la unidad de pre-filtrado: Coagulante y Floculante: Polielectrolitos. - Sulfato de Aluminio y en su unidad de filtrado: grava, arena y carbón activado. Presentado una mayor adaptabilidad a las condiciones del agua que se distribuye en el mencionado sector emergente.

El equipo diseñado número 1 al presentar mejores resultados puede ser utilizado por cualquier empresa purificadora de agua y a la vez también por una familia que lo necesite, en razón a la flexibilidad de instalación y su diseño.

En cuanto al estudio de impacto ambiental el diseño y construcción de una planta purificadora de agua casera, no interpone grandes impactos al ambiente que la rodea, pero vale connotar que los efectos negativos, así sean mínimos, debido a la envergadura del proyecto, se hacen presentes durante su elaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuatecnica. (24 de junio de 2016). *tipos de planta de tratamiento de agua potable*. barcelona.

Arcal, P. (4-8 de Julio de 2016). *Mejora del conocimiento de aguas subterráneas para contribuir a su protección, gestión integrada y gobernanza*. Recuperado el 17 de abril de 2018, de mejora del conocimiento de aguas subterráneas para contribuir a su protección, gestión integrada y gobernanza: <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/07/1-aguas-subterra%c2%a6%c3%bcneas.pdf>

Arturo González H., A. M. (2015). *Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano*. Instituto mexicano de tecnología del agua: paseo Cuahunáhuac 8532, progreso, 62550 Jiutepec, mor.

Cirelli, F. (2012). *Química viva. el agua: un recurso esencial*, 147-170.

Constitución del Ecuador, asamblea constituyente, Ecuador, 2008

Empocaldas. (2014). *Ensayos de tratabilidad en la planta única de potabilización de Anserma*. Madrid.

Entienne, G. (Enero de 2009). *Potabilización y tratamiento de agua*. Recuperado el 18 de abril de 2018, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/potabytrat.pdf>

Fundación canal Isabel II. (AGOSTO de 2012). *Fundación canal Isabel II*. Recuperado el 18 de abril de 2018, de fundación canal Isabel II:

<https://www.canaleduca.com/wp-content/uploads/2015/08/tratamiento-de-agua-potable.pdf>

Gallardo, L. P. (2013). *Diseño y construcción de equipo para purificación de agua a bajo costo*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Gálvez, J. J. (2011). *Ciclo hidrológico*. Lima: ibegraf.

Gurrea, M. (2000). Análisis de componentes principales. *Proyecto e-Math Financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD)*.

INEN. (2014 ). *Agua potable requisitos. nte inen 1108*. Ecuador: quinta revisión.

Jiménez, A. A. (2009). *Determinación de los parámetros fisico-químicos de calidad de las aguas*. Recuperado el 18 de abril de 2018, de gestión ambiental: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/or-f-001.pdf>

Lozano, S. (2017). *Proceso de potabilización. Planta de tratamiento de aguas crudas*. Mérida.

Merino, I. (2015). *Planta potabilizadora compacta de filtración rápida para suministrar agua potable, en sectores emergentes de la ciudad de Babahoyo*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Miguel, H. I. (2013). *EUMET.NET*. Recuperado el 17 de ABRIL de 2018, de Campaña de cambio social para incrementar la conciencia ambiental sobre la contaminación: <http://www.eumet.net/libros-gratis/2013a/1304/1304/.pdf>

- Moura, F. E. (2005). *Desafíos del derecho humano al agua en Perú*. Lima-Perú: Julio Acuña Velásquez.
- Nieto, L. M. (2009). *Caracterización de agua cruda y tratada para el proceso de fabricación de  $H_2SO_4$  en la empresa industrias básicas de caldas*. Pereira-Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2010). *Calidad de agua*.
- OMS. (2015). *Guías para la localidad del agua potable*. Ginebra-Suiza: ISBN 41546964.
- Pérez, D. S. (2012). *Proyecto de planta potabilizadora para agua potable en cidade velha. cabo verde*. Cartagena-Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Rivera, G. (2007). *Conceptos introductorios a la fitopatología* (primera ed.). Costa Rica: EUNED.
- Rivera, G. (2009). *Conceptos introductorios a la fitopatología* (primera ed.). Costa Rica: EUNED.
- Salud, O. P. (2005). *Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero*. Perú - Lima.
- Sánchez, V. (octubre de 1994). *El sistema de agua y sus componentes*. recuperado el 17 de abril de 2018, de el sistema de agua y sus componentes: <https://www.ircwash.org/sites/default/files/204.1-94mo-14-12557.pdf>
- Secades, V. P. (2015). Control de calidad. en v. p. secades, *control de calidad* (pág. 282). San José-Costa Rica.
- Terena. (2018). Características químicas-físicas del agua. *Universidad Politécnica de Cartagena*, 1-46.

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE. (2017). *Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico*. Ecuador: LEXIS FINDER.

TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, M. A. (14 de AGOSTO de 2012). TULAS. Recuperado el 18 de ABRIL de 2018, de TULAS: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Texto-Unificado-de-Legislacion-Secundaria-del-Ministerio-del-Ambiente.pdf>

Troncoso, J. (2001). *Algunas teorías e instrumentos para el análisis de la competitividad* (Primera ed.). Venezuela.

## ***Descubre tu próxima lectura***

Si quieres formar parte de nuestra comunidad, regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse> y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

compAs  
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

