



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DEL CLORO EN EL  
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO  
DE HUILASIPE - ACORA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MERY LUZ CHAMBILLA ESCOBAR**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## DEDICATORIA

*A mis queridos padres Gerardo y Sabina, por haberme apoyado a lo largo de todos mis estudios, por ser los pilares fundamentales de mi formación profesional, por ser los principales motores de alcanzar mis anhelos y sueños, por apoyarme incondicionalmente y por confiar siempre en mí.*

*A mis hermanos Edwin, Guido y mi pequeño sobrino Jossep, quienes siempre han estado conmigo a lo largo de toda mi formación profesional y por brindarme su apoyo moral e incondicional.*

*A mi amigo Berlys por su apoyo incondicional para que este trabajo sea realizado.*

*Mery Luz Chambilla Escobar*



## AGRADECIMIENTOS

A Dios, que con su bondad y amor me ha dado las fuerzas y la salud por haber podido concluir mis estudios y haberme permitido alcanzar uno de los mejores logros a lo largo de mi vida.

A nuestra alma mater, Universidad Nacional del Altiplano - Puno, en especial a la Facultad de Ingeniería Agrícola, por ser el centro de estudios donde me formé profesionalmente.

A la Junta Administradora de Servicio de Saneamiento de la Comunidad de Huilasipe – Acora, por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios de investigación.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, por haberme brindado los conocimientos a lo largo de la vida universitaria que me formaron como una persona con valores y fortalezas para desempeñarme como profesional de éxito.

Agradezco de manera especial y sincera al Dr. José Antonio Mamani Gomez, por aceptar la dirección de esta tesis. Por su paciencia, disponibilidad, generosidad y aporte constructivo como guía y asesoramiento en el desarrollo de esta investigación.

Al jurado evaluador, por sus sugerencias y revisión del informe final de la presente tesis.

A los amigos que generosamente me apoyaron en las diferentes etapas de la ejecución del presente trabajo.

Gracias a todos.



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 11**

**ABSTRACT..... 12**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 15**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 16**

1.2.1. Problema general ..... 16

1.2.2. Problema específico ..... 16

**1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 17**

1.3.1. Hipótesis general..... 17

1.3.2. Hipótesis específicas ..... 17

**1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO ..... 18**

**1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN ..... 20**

1.5.1. Objetivo general..... 20

1.5.2. Objetivos específicos ..... 20

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES ..... 21**



2.1.1. Nivel internacional.....	21
2.1.2. Nivel nacional.....	23
2.1.3. Nivel regional/local.....	26
<b>2.2. MARCO TEORICO .....</b>	<b>28</b>
2.2.1. Teoría de la desinfección del agua.....	28
2.2.1.1. Cinética de desinfección: Ley de Chick.....	28
2.2.1.2. Tiempo de contacto en la desinfección .....	30
2.2.1.3. El fenómeno del punto de quiebre.....	31
2.2.1.4. Eficiencia de la cloración en la destrucción de bacterias .....	32
2.2.2. Teoría de enfermedades diarreicas agudas .....	35
2.2.2.1. Teoría del autocuidado de Dorothea Elizabeth Orem .....	35
2.2.2.2. Teoría de entorno de Florence Nigthingale.....	36
2.2.3. Bases conceptuales .....	36
2.2.3.1. Agua potable .....	36
2.2.3.2. Contaminantes biológicos presentes en el agua.....	37
2.2.3.3. Sistema de abastecimiento de agua potable .....	38
2.2.3.4. Tratamiento de agua para el consumo humano.....	40
2.2.4. Directivas del sector de saneamiento.....	49

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>51</b>
<b>3.2. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>52</b>
3.2.1. Tipo de investigación.....	52
<b>3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....</b>	<b>52</b>
3.3.1. Instrumentos.....	53



<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>53</b>
3.4.1. Población .....	53
3.4.2. Muestra .....	53
3.4.3. Muestreo .....	54
3.4.4. Diseño de muestreo.....	54
3.4.5. Variables de estudio.....	56
3.4.5.1. Variable independiente:.....	56
3.4.5.2. Variable dependiente:.....	56
3.4.6. Delimitación temporal .....	57
3.4.7. Delimitación espacial.....	57
<b>3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....</b>	<b>57</b>
3.5.1. Evaluación de la calidad de agua en la captación y en la red de distribución .....	58
3.5.1.1. La guía de observación.....	58
3.5.1.2. Los registros de datos .....	58
3.5.1.3. Toma de muestra de la calidad de agua.....	58
3.5.2. Evaluación técnica del actual sistema de dosificación actual de cloro en función a la calidad del agua.....	59
3.5.2.1. Recopilación de información básica .....	59
3.5.2.2. Evaluación de los parámetros de cloro libre residual en la red de distribución.....	60
3.5.2.3. Medición de cloro residual.....	60
3.5.3. Planteamiento de un diseño mejorado del sistema de dosificación de cloro para un proceso tratamiento más eficiente del agua .....	61
3.5.3.1. Sistemas de dosificadores de cloro por goteo .....	61



3.5.3.1.1. Diseño de un sistema alternativo de cloración eficiente ..... 62

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
4.1.1. Evaluación la calidad de agua en la captación y en la red de distribución .....	64
4.1.2. Evaluación técnica del actual sistema de dosificación actual de cloro en función a la calidad del agua.....	68
4.1.2.1. Contexto .....	68
4.1.2.2. Indicadores .....	70
4.1.2.3. Caracterización.....	74
4.1.3. Planteamiento de un diseño mejorado del sistema de dosificación de cloro para un proceso tratamiento más eficiente del agua .....	77
4.1.3.1. Propuesta de diseño mejorado.....	79
4.1.3.2. Adecuación de tuberías de entrada a depósitos.....	79
<b>4.2. DISCUSIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>84</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

**Área** : Ciencias de la Ingeniería

**Línea** : Recursos Naturales y Medio Ambiente

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 05 de abril del 2023



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Las diferentes formas comerciales del cloro.....	45
<b>Tabla 2.</b>	Valores de Z para determinación de tamaño muestral.....	56
<b>Tabla 3.</b>	Coordenadas ubicadas de las muestras tomadas.....	58
<b>Tabla 4.</b>	Análisis según la norma.....	64
<b>Tabla 5.</b>	Análisis de la varianza (SC tipo I) del pH.....	67
<b>Tabla 6.</b>	Prueba de Tukey según la fuente de análisis.....	67
<b>Tabla 7.</b>	Análisis de la varianza (SC tipo I) – C.E.....	68
<b>Tabla 8.</b>	Análisis de la varianza (SC tipo I) – cloro.....	68
<b>Tabla 9.</b>	Conformación del concejo directivo de la JASS.....	69
<b>Tabla 10.</b>	Aspectos económicos de la localidad de Huilasipe.....	70
<b>Tabla 11.</b>	Preparación en GRD de la JASS Huilasipe.....	70
<b>Tabla 12.</b>	Capacidad de gestión del prestador.....	71
<b>Tabla 13.</b>	Sistema de servicio de saneamiento.....	72
<b>Tabla 14.</b>	Características del recurso hídrico.....	73
<b>Tabla 15.</b>	Capacidad de gestión del prestador.....	74
<b>Tabla 16.</b>	Costos de O&M identificados.....	75
<b>Tabla 17.</b>	Ingresos identificados.....	76
<b>Tabla 18.</b>	Identificación de oportunidades.....	77



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Representación gráfica de la ley de Chick .....	30
<b>Figura 2.</b> Variaciones de la curva de punto de quiebre para los tiempos de contacto indicados .....	32
<b>Figura 3.</b> Propiedades bactericidas del cloro libre y las cloramidas .....	34
<b>Figura 4.</b> Presenta los protozoarios más comúnmente encontrados en agua contaminada .....	38
<b>Figura 5.</b> Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable .....	38
<b>Figura 6.</b> Cantidades relativas del ácido hipocloroso y del ión hipoclorito en función del pH.....	42
<b>Figura 7.</b> Gráfica de los mecanismos de acción de cloro .....	44
<b>Figura 8.</b> Mapa de ubicación de la zona de estudio – Huilasipe .....	51
<b>Figura 9.</b> Valores de pH .....	65
<b>Figura 10.</b> Valores de la conductividad eléctrica .....	66
<b>Figura 11.</b> Valores del cloro .....	66
<b>Figura 12.</b> Vista de la captación o caseta de bombeo.....	96
<b>Figura 13.</b> Vista de la toma de muestra en la captación .....	96
<b>Figura 14.</b> Vista de la toma de muestra en una vivienda.....	97
<b>Figura 15.</b> Vista de la toma de muestra .....	97
<b>Figura 16.</b> Vista de la toma de muestra en un pozo .....	98
<b>Figura 17.</b> Vista de la toma de muestra en un pozo tubular .....	98
<b>Figura 18.</b> Vista del análisis en el laboratorio .....	98



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>ECA</b>	: Estándares de Calidad Ambiental
<b>EIA</b>	: Evaluación de Impacto Ambiental
<b>GPS</b>	: Sistema de Posicionamiento Global
<b>INEI</b>	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
<b>JASS</b>	: Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento
<b>MINAM</b>	: Ministerio del Ambiente
<b>OEFA</b>	: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
<b>ONG</b>	: Organismos no Gubernamentales
<b>OPS</b>	: Organización Panamericana de la Salud
<b>SIG</b>	: Sistema de Información Geográfica
<b>UNAP</b>	: Universidad Nacional del Altiplano Puno



## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el centro poblado de Huilasipe, Acora; en el año 2022. Cuyo objetivo fue evaluar el sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable por ineficiencia en el proceso de cloración y plantear un diseño mejorado. La metodología es no experimental, transversal de enfoque descriptivo, se ha realizado nueve muestras de agua, uno en la captación, seis en las viviendas y dos en pozos artesianos. Analizados en el laboratorio y comparados en el decreto supremo N° 004-2017-MINAM, con la categoría 1: Poblacional y Recreacional; Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Como resultados se tiene la evaluación de la calidad de agua en la captación y en la red de distribución, en donde se encuentra dentro de los valores de 0,5 a 1 mg/L cumpliendo con la norma vigente. La elaboración técnica del actual sistema de dosificación de cloro en función a la calidad del agua. El proceso de organización y en actividad según lo evidenciado, están en una organización del comité JASS y cambio de funcionarios por la nueva autoridad municipal. El planteamiento de un diseño mejorado del sistema de dosificación de cloro para un proceso tratamiento más eficiente del agua que consta de un Hipoclorador de Goteo de carga constante de doble recipiente usando 1.679,60 gramos cada 14 días, como sistema de cloración adecuado. Finalmente, el sistema está en funcionamiento y operatividad, con un comité en organización.

**Palabras clave:** Calidad de agua, cloro libre residual, evaluación del sistema de cloración.



## ABSTRACT

This research was conducted in the town of Huilasipe, Acora, in the year 2022. Its objective was to evaluate the chlorine dosing system in the treatment of drinking water due to inefficiency in the chlorination process and to propose an improved design. The methodology is non-experimental, transversal with a descriptive approach, nine water samples were taken, one in the catchment, six in the houses and two in artesian wells. Analyzed in the laboratory and compared in the supreme decree N° 004-2017-MINAM, with category 1: Population and Recreational; Subcategory A: Surface water intended for drinking water production. As results we have the evaluation of water quality in the catchment and in the distribution network, where it is within the values of 0.5 to 1 mg/L complying with the current standard. The technical elaboration of the current chlorine dosing system according to water quality. The JASS committee is being organized and the new municipal authority is in the process of organizing and changing officials. The approach of an improved design of the chlorine dosing system for a more efficient water treatment process consisting of a double vessel constant load drip hypochlorinator using 1,679.60 grams every 14 days, as an adequate chlorination system. Finally, the system is up and running, with a committee in place.

**Keywords:** Water quality, free residual chlorine, chlorination system evaluation.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El agua, como motor de desarrollo y fuente de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre (UNESCO, 2021), y la calidad del agua es una variable fundamental del medio hídrico, tanto en lo que respecta a la caracterización ambiental como desde la perspectiva de la planificación hidrológica (Gonzales, 2017).

El consumo de agua en la economía humana continúa creciendo. Además, el crecimiento de la población, el nivel de vida y el rápido desarrollo del uso del agua en la transformación industrial moderna dificultan cada vez más el suministro de agua dulce (Beltrán et al., 2015). Entre las necesidades críticas de la civilización moderna se encuentran el desarrollo de métodos para el uso del agua de manantiales y acuíferos, así como para el uso cada vez más intensivo de las aguas superficiales (Basili et al., 2006). Al mismo tiempo, también se están desarrollando métodos de investigación y recuperación de aguas subterráneas (Karamouz et al., 2020; Zheng et al., 2020). Al mismo tiempo, comenzará una era de sistemas de alcantarillado que tratará fuentes de contaminación cada vez más grandes, diversificadas y dañinas, y recolectará y distribuirá el agua de manera eficiente. El acceso al agua es una necesidad humana básica y un derecho humano básico (Singh, 2018).

Asimismo, la presión demográfica en áreas de fuerte expansión de población puede limitar la oferta a pocos grupos de pobladores dejando gran parte de la población con un servicio deficiente que fuerza en la búsqueda de fuentes alternativas con los costos relacionados (OPS & CEPIS, 2002). De esta manera, los indicadores cuantitativos del



servicio de abastecimiento de agua comunitario considerados por varios países (OPS & CEPIS, 2002; UNESCO, 2009) incluyen: 1) Calidad, 2) Cobertura, 3) Cantidad, 4) Continuidad y 5) Costo.

Estos indicadores nos permiten comparar, monitorear y evaluar la eficiencia y relevancia de las políticas de suministro para las condiciones de la comunidad local. Según Naciones Unidas, el indicador de acceso a agua apta para el consumo humano está relacionado con el estado nutricional de los niños y desagregado a nivel regional, brindando buena información para evaluar las desigualdades sociales (Singh, 2018). Es un excelente indicador de desarrollo humano que brinda (Jain & Singh, 2019; Mackenzie, 2019). El indicador tiene en cuenta si el servicio es intra-domiciliar o si está dentro de una distancia de 200 metros de la vivienda y si la disponibilidad diaria es de por lo menos 2 litros diarios por persona de “agua segura” para las necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas (ONU, 2003).

Los sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural que funcionan a gravedad y no tienen tratamiento o el tratamiento es deficiente, generan enfermedades gastrointestinales en los usuarios por el consumo de agua no desinfectada. Todos los sistemas de abastecimiento de agua potable deben proporcionar agua de calidad apta para el consumo humano. El Ministerio de Salud regula el seguimiento del control de calidad del agua para garantizar el tratamiento del agua potable (OPS & CEPIS, 2002; UNESCO, 2009).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ahora recomienda la cloración del agua como una medida de higiene activa para lograr un suministro de agua seguro y prevenir enfermedades transmitidas por el agua (UNESCO, 2019, 2021).



## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un elemento esencial y todos deben tener agua adecuada, limpia y accesible (Mamani, 2022). Mejorar el acceso al agua potable puede tener beneficios medibles para la salud, y esto requiere todos los esfuerzos posibles para lograr la mejor calidad de agua posible (Jain & Singh, 2019; Mackenzie, 2019).

La Municipalidad Distrital de Acora, con una población de 28679 habitantes, de los cuales 93% vive en el área rural y el 7% el área urbana (INEI, 2023). Uno de los problemas más graves del centro poblado de Huilasipe es la contaminación del agua, se ha visto que a lo largo del tiempo la población en los alrededores, considerando que son se tiene un control de la calidad de agua y la fuente de agua está cerca a la crianza de ganados y acceso al público, generando serios problemas para la integridad y calidad de las aguas (Katam & Bhattacharyya, 2022; Kumar et al., 2022).

El agua de consumo humano ha sido definida en las Guías de Calidad del Agua de Bebida de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como adecuada para consumo humano. Está implícito en esta definición el requerimiento de que el agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana (Lewis, 2023; Metcalf et al., 2007). Teniendo como guía los estándares Nacionales de calidad del agua la Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS), Ministerio de Salud Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. Que tiene el fin de preservar la Salud de los usuarios y establecer estándares de elementos físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables (Bartkowski et al., 2015; Basili et al., 2006).



Con respecto a la turbidez, a nadie le gusta el aspecto del agua sucia, es antiestético y el agua muy turbia debido a la presencia de bacterias graves puede ser un peligro para la salud, por lo que la desinfección eficaz del agua potable requiere turbidez. También es importante eliminar No sólo un problema, sino la gran dificultad de una correcta desinfección (Akeju et al., 2018; Basili et al., 2006).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ahora recomienda la cloración del agua como una medida de higiene activa para lograr un suministro de agua seguro y prevenir enfermedades transmitidas por el agua (OPS & CEPIS, 2002).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

Para el desarrollo de la presente investigación se ha planteado la siguiente interrogante:

¿Por qué el actual sistema de dosificación de cloro instalado en el sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Huilasipe no cumple con su función de manera eficiente como potabilizador de agua, en relación al cloro libre residual?

### **1.2.2. Problema específico**

¿El agua en los puntos de entrega del actual sistema de distribución de agua potable contiene cloro libre residual dentro lo establecido por el Ministerio de Salud como un indicador de calidad de agua para consumo humano?

¿Qué características del actual diseño del sistema de dosificación actual de cloro instalado, generan un proceso de cloración deficiente?



¿Existe un planteamiento de un diseño de dosificación de cloro para el sistema de agua potable que permita un proceso tratamiento más eficiente del agua?

### **1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Hipótesis general**

La dosificación del cloro en el tratamiento de agua potable para su dotación al consumidor del centro poblado de Huilasipe afecta en la salud y que no cumple con los parámetros de cloro libre residual dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Salud

#### **1.3.2. Hipótesis específicas**

Según los parámetros físicos de la calidad de agua afecta en la salud de los consumidores del agua que se tiene desde la captación y la red de distribución, superando los valores permitidos según los límites máximos permisibles.

La evaluación del sistema de abastecimiento permitirá tomar acciones que permitan mejorar la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

El planteamiento de un diseño mejorado del sistema de dosificación de cloro para un proceso tratamiento más eficiente del agua, soluciona con su implementación sobre el deficiente tratamiento del sistema de cloración para el sistema de agua potable.



## 1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La calidad del agua para el consumo humano constituye una preocupación permanente al gobierno peruano, por ello como una alternativa de solución la UNESCO (2009) en la guía de la calidad del agua indica, que la cloración puede convertir el agua contaminada microbiológicamente en agua libre de patógenos, siempre en cuando la concentración de cloro libre residual sea por lo menos mayor a 0.5 mg/L, en un período de contacto mínimo de 30 minutos a un pH menor a 8 y con una turbiedad equivalente 1 unidad nefelométrica de turbiedad (NTU) o menor (Kulkarni et al., 2022; Mackenzie, 2019; Metcalf et al., 2007).

De igual forma, el cloro es un excelente desinfectante utilizado y aceptado mundialmente para potabilizar el agua para el consumo humano, inactivando los microorganismos causantes de enfermedades (virus, bacterias y parásitos). Además, es una sustancia que resulta económica y práctica para ser usada en las plantas de tratamiento de agua potable y tiene el efecto residual a comparación de otras sustancias químicas empleados en la cloración (Evsukoff, 2020).

Frente al crecimiento demográfico mundial, el agua es uno de los recursos naturales más importantes y cada vez más escaso, ya que el agua es un elemento principal, fundamental y esencial para la vida en nuestro planeta (Castro et al., 2009).

En referencia al agua apta para consumo humano. La Beauchamp et al. (2022), Díganos que desinfectar el agua antes de distribuirla en los sistemas de agua potable sigue siendo una de las medidas de salud pública más importantes que se pueden tomar para prevenir brotes de enfermedades y epidemias.



Según Brar et al. (2022) También muestra que existen diferentes métodos para la cloración, como el cloro gaseoso, el hipoclorito de calcio y sodio, las cloraminas y algunos métodos de producción de desinfectantes in situ. La cloración es actualmente el método de desinfección más utilizado en América Latina y el Caribe.

Todos los proyectos de agua potable rural utilizan hipoclorito de calcio como desinfectante tanto en gránulos como en tabletas; es decir, el sistema depende del operador, y un control deficiente en la ejecución de este proceso significa el consumo del fluido vital. Las personas suelen padecer ciertas enfermedades por beber agua que no cumple con los requerimientos del consumo humano (Kulkarni et al., 2022).

La presente investigación se ha realizado en el centro poblado de Huilasipe que tiene una población total de 200 habitantes, agrupados de cuatro integrantes por cada familia en promedio (50 familias), la fuente de agua que abastece el sistema de agua potable en el centro poblado es pozo denominado “Huilasipe” y sus redes de suministro de agua potable fueron instaladas en el año 2005, en la actualidad el sistema de agua potable beneficia a las 50 familias según su padrón de beneficiarios.

La finalidad de este trabajo es evaluar si la dosificación de cloro mediante el sistema de cloración existente cumple con los parámetros de cloro libre residual en la calidad de agua para consumo humano establecidos por el Ministerio de Salud y plantear un diseño mejorado del sistema de dosificación de cloro más eficiente (OPS & CEPIS, 2002; UNESCO, 2009).

La presente investigación establece si se tiene un déficit o exceso de concentración de cloro según los límites máximos permisibles y cuáles son las razones por las que el sistema de cloración no cumple su función a cabalidad.



Los resultados de la presente investigación contribuyen a prevenir y controlar el consumo de agua contaminada por organismos patógenos causante de enfermedades que ponen en peligro la salud de las personas; la eliminación de estos organismos se garantiza después de un análisis de agua, y esta se encuentra dentro de los límites máximos permisibles para cloro libre residual, posibilitando así que el consumo de agua sea seguro para la salud.

## **1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar la dosificación del cloro en el tratamiento de agua potable del centro poblado de Huilasipe

### **1.5.2. Objetivos específicos**

Evaluar la calidad de agua en la captación y en la red de distribución.

Evaluar técnicamente el actual sistema de dosificación actual de cloro en función a la calidad del agua.

Plantear un diseño mejorado del sistema de dosificación de cloro para un proceso tratamiento más eficiente del agua.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Al respecto, se han realizados estudios y muchos proyectos acerca de la evaluación de cloro en los sistemas de agua potable o estudios similares, además se tiene estudios relacionados con el sistema de cloración en el medio rural y urbano a nivel local y/o regional que se detallan a continuación:

##### 2.1.1. Nivel internacional

En Barcelona se ha desarrollado la investigación denominada Contribución al modelado e implementación de un control avanzado para un proceso de cloración de una estación de tratamiento de agua potable, desarrollado por Gámiz (2020), con el objetivo de determinar la cloración en depósitos de tratamiento de agua potable se divide en dos ámbitos: la simulación y el control. La investigación y el trabajo de campo se llevaron a cabo en una de las plantas de tratamiento de agua potable más grandes del sur de Europa. Los resultados de la simulación y las pruebas obtenidos se validaron con datos reales de la planta de la base de datos del sistema de monitoreo. Los controles presentados en este trabajo fueron integrados al sistema de control existente de la planta. Los resultados obtenidos no sólo fueron satisfactorios, sino que permitieron a los técnicos de la sala de control de la planta pasar de su rol de control de procesos a la monitorización del proceso de cloración.

En Ecuador, la investigación evaluación del cloro residual en la red de distribución de agua potable del cantón Azogues a través de un modelo



experimental, desarrollado por Guanuchi and Ordóñez (2017), con el objetivo de utilizar un modelo en EPANET para simular la calidad del agua de un sector del sistema de suministro de agua potable en la ciudad de Azogues. El parámetro de calidad del agua simulada fue el cloro residual libre. Como resultados se obtuvo el 90% de los 27 puntos de medición con concentraciones de cloro residual libre que oscilan entre 0,39 y 1,17 mg/L durante los meses de muestreo, y el 10% de los puntos de medición restantes no cumplen con los límites permisibles. Fijado en 0,3 a 1,5 mg/l en la norma ecuatoriana NTE INEN 1108-201.

En Tolima, se ha desarrollado la investigación denominada propuesta de un sistema de abastecimiento de agua potable para el sector C de la vereda basconta en el municipio de Icononzo – Tolima, desarrollado por Cañón and Mora (2016), con el objetivo de realizar una propuesta de mejoramiento al sistema de abastecimiento de agua potable para un sector de la comunidad en la vereda Basconta del municipio Icononzo, con base en el diagnóstico, con el fin de brindar una mejor calidad de vida, salubridad y bienestar para la población; ya que el servicio de agua es fundamental y lograr recibir este recurso con las características aptas para consumir es un privilegio que hoy en día no solo las grandes ciudades sino también las comunidades rurales deberían obtener de una manera sana sin originar problemas ambientales.

En Ecuador se ha realizado la investigación denominada plan de desarrollo y ordenamiento territorial para la parroquia Matus, cantón Penipe, provincia de Chimborazo, desarrollado por Rosas (2015), con el objetivo de determinar el impacto de la calidad del agua destinada al consumo humano en la salud de la población del Cantón Penipe, Chimborazo, considerando una muestra de 100 habitantes. Como resultados, se tiene 67 personas tuvieron problemas con la mala



calidad de la ingesta de agua, la enfermedad más común fue la diarrea con un 16,47%, y 74 personas acudieron regularmente al centro de salud de 1 a 3 veces por semana. Charla sobre prevención de enfermedades relacionadas con el agua, el 54% dijo que la ceniza volcánica de Tungurahua no ha afectado los sistemas de agua, y el 88% de la población quiere mejorar el suministro de agua del cantón. La necesidad de tomar medidas para resolver este problema. Para ello, se elaboró un plan de formación con la participación de los vecinos.

En Ecuador, se ha desarrollado la investigación denominada Análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de agua no potable, mediante la determinación de cloro libre residual en aguas tratadas de las parroquias rurales del cantón Cuenca, investigado por Campoverde (2015), donde se ha analizó la presencia de cloro libre residual por un método colorimétrico utilizando un dispositivo de disco comparador de cloro. "allá"; de las 72 muestras obtenidas, 51 muestras que representan el 70,83% presentaron un valor de cloro libre residual de 0 mg/L y 3 muestras que representaron el 4,17% estuvieron por debajo del mínimo legalmente aceptable, presentando un valor inferior a 0,3 mg/L. Muestras correspondientes al 1,39%, los valores de cloro son superiores al límite máximo permisible estándar de 1,5 mg/L (1,6 mg/L en la dirección del primer punto de entrega), 17 muestras correspondientes al 23,61% contienen residuos arrojaron resultados dentro de lo aceptable niveles de Cloro libre según Norma INEN 1108:2014, 5ta revisión. Agua potable Ecuador (entre 0,3 mg/L y 1,5 mg/L).

### **2.1.2. Nivel nacional**

En Cajamarca, se desarrolló la investigación evaluó, el cloro residual en el agua residual tratada de la industria láctea en Baños del Inca, Cajamarca – 2021;



investigado por Correa and Cantera (2021), con el objetivo de determinar la concentración final o residual del parámetro Cloro. Encontrando como resultado valores entre 2 y 6 L/L para leche procesada en volúmenes de aguas residuales de empresas lácteas. El muestreo se realizó en febrero, marzo, abril y mayo de 2021, lo que resultó en concentraciones reducidas de parámetros de cloro residual. Tira las siguientes concentraciones promedio: 0.74, 0.76, 0.79 y 0.75 ppm. Los coliformes totales y termoestables están ausentes, lo que sugiere que hay una concentración mínima de cloro.

En Cajamarca, se ha desarrollado la investigación denominada eficiencia de los sistemas de cloración convencional y goteo adaptado en el tratamiento de agua potable, desarrollado por Salazar (2019), Se realizaron muestreos continuos durante 10 días con el objetivo de determinar el índice de medición, lectura de parámetros de cloro residual en agua, pH y turbidez como factores fundamentales que influyen en la calidad del agua para consumo humano, recolectados en una semana. Tres números cada día para cada sistema, siempre en la parte superior, la salida del embalse, la parte media del sistema y su fondo, se presentan en este trabajo con tablas comparativas y gráficos que presentan los resultados obtenidos de manera objetiva. Del mismo modo, puede visualizar el estado de cada sistema de cloración al mismo tiempo y notar inmediatamente cualquier diferencia. Se espera que este estudio ayude a sacar conclusiones sobre los métodos de tratamiento de agua y las responsabilidades de la gente de JASS. Su trabajo es voluntario y gratuito.

En Lambayeque, se ha desarrollado la investigación denominada propuesta de una adecuada instalación de tecnologías de cloración para sistemas de agua potable por gravedad y bombeo en el distrito de Salas, provincia y



departamento de Lambayeque, desarrollado por Figueroa (2019), con el objetivo de elaborar una propuesta de una adecuada instalación de tecnologías de cloración de acuerdo al tipo de sistema de agua potable instalados. Se ha utilizado la recolección de datos como instrumento y el análisis documental como técnica. Como resultado se han instalado un sistema de cloración deficiente como es el hipoclorador, beneficiando a una población de 13000 habitantes aproximadamente que cuenta el distrito de Salas, ya que de los 91 centros poblados rurales que cuenta.

En Huancavelica, titulado cloro residual libre en agua potable y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAS) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, desarrollado por Huillcas and Taipe (2019), con el objetivo de determinar el cloro residual libre “in situ”, utilizándose el equipo fotómetro y el número de casos de EDAs con el reporte de la oficina de estadística del Centro Salud, que cumplieron la prueba de tamizaje por medio de la revisión de historias clínicas. Los resultados se analizaron mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk al 5% de significancia, y la prueba de hipótesis se realizó mediante la correlación de Spearman, la t de Student y la prueba t de Student del área con signo de Wilcoxon, con una correlación inversa débil de 0,418 y significativa, es decir , la dependencia entre variables fue del 41,8%, el resto debido a otros factores, exhibiendo las siguientes tendencias: A menor concentración de cloro libre residual, mayor número de casos de EDA. En niños menores de 5 años, la cloración del agua afecta los casos de EDA en grupos de edad vulnerables en el área de estudio.

En Moyobamba, se ha realizado la investigación determinación de la concentración de Cloro Residual y trihalometanos (Thm's) y su impacto en la



salud según sectores de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Moyobamba – 2015”, desarrollado por Pérez and Romero (2017), con el objetivo de determinar la concentración de Cloro residual y trihalometanos (THM’S), y su impacto en la salud. Como resultado se ha determinado el cloro residual en el sector abastecido por los manantiales de Rumiyaq durante los ocho meses de análisis muestra que alcanzó un valor promedio de 0,78 mg/L en los meses de febrero, marzo y junio. Este mes tuvo el promedio más bajo. Fue agosto a 0,74 mg/l. Por lo tanto, el límite máximo permisible (LMP) no se superó en todos los casos de suministro de agua potable en la ciudad de Moyobamba, lo que indica una baja toxicidad y bajo impacto en la salud de las personas que viven en la ciudad de Moyobamba.

### **2.1.3. Nivel regional/local**

En la ciudad de Puno, se ha desarrollado la investigación denominada “distribución temporal de las enfermedades diarreicas agudas, su relación con la temperatura y cloro residual del agua potable en la ciudad de Puno, Perú”, desarrollado por Ferro et al. (2019), con el objetivo de analizar la distribución temporal de las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) y su relación con la temperatura y cloro residual del agua potable, en la ciudad de Puno. La metodología empleada fue obteniéndose información de cloro residual de la red de distribución del agua potable de la ciudad de Puno de enero del 2005 a octubre del 2010, de la Red de Salud de Puno. Como resultados se tiene la identificación a una correlación cruzada siendo más alta en el retardo 12, 9 y 3 en los meses de diciembre, setiembre y marzo respectivamente. Finalmente, el decaimiento del cloro inicial a las pocas horas de almacenamiento domiciliario ya no hay una concentración de cloro residual libre que garantice la inocuidad del agua potable.



En Putina, se ha realizado la investigación denominada evaluación y planteamiento de diseño del sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable del centro poblado de Cayacaya – Putina; desarrollado por Quispe (2018), con el objetivo de evaluar el sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable por ineficiencia en el proceso de cloración y plantear un diseño mejorado. La metodología empleada fue la recopilación de la información básica; evaluación del parámetro de cloro libre residual; diagnóstico técnico, físico y operacional del sistema de cloración; y planteamiento de un diseño mejorado para el sistema de cloración. Los resultados muestran que de las 30 muestras tomadas por vivienda, encontramos: Para la vivienda intermedia de la red, el 27% está dentro de la tolerancia y el 73% está por debajo de la tolerancia. Para la mayoría de los apartamentos fuera de la red, el 3 % son aceptables y el 97 % están por debajo de lo aceptable. La infraestructura, la organización y la capacitación son inadecuadas para la empresa.

En Juliaca se ha desarrollado la investigación denominada control estadístico de la calidad del agua respecto al cloro residual y turbidez en la planta de tratamiento Seda Juliaca de 2015; desarrollado por Murillo (2015), con el objetivo de determinar mediante control Estadístico de Calidad si el cloro residual y la turbidez del agua de la planta de tratamiento EPS SEDA JULIACA S.A cumplen con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud en el año 2015, donde ha seguido la metodología de las cartas de control de Walter A. Shewhart para variables cuantitativas. Como resultado se obtuvo que el proceso es capaz de cumplir con las normas del Ministerio de Salud reglamento de la calidad del agua para consumo humano – DS N° 031-2010-SA. Las cuales son 0,5 - 5 mg/l para cloro residual y 0 – 5 UNT para turbiedad.

## 2.2. MARCO TEORICO

### 2.2.1. Teoría de la desinfección del agua

#### 2.2.1.1. Cinética de desinfección: Ley de Chick

Según Arboleda and Pertuz (2013) aquí, ocurrió una secuencia de acciones que sugería que la desinfección efectiva surgiría gradualmente durante un período de tiempo con más o menos velocidad, en lugar de inmediatamente, cuando se hubiera desinfectado el 100% (99, 99%) de los microorganismos, lo que se considera un proceso decisivo. Eliminado al morir. La forma en que se produce este proceso se determina matemáticamente dado que se trata de una reacción de primer orden y por tanto el número de organismos destruidos en una unidad de tiempo es proporcional al número de organismos que quedan en el tiempo considerado. Esta acción se llama Ley de Chick

$$-\frac{dn}{dt} = Kn \quad (1)$$

Donde:  $n$ : el número de organismos;  $t$ : tiempo de contacto y  $K$ : velocidad de reacción.

Donde integrando la primera ecuación de esta expresión entre  $n$  (número de organismos en el tiempo  $t = 0$ ) y  $n$  (número de organismos en el tiempo  $t = t$ ) y el segundo, entre  $t = 0$  y  $t = t$ , conseguimos:

$$\int_{n_0}^n \frac{dn}{n} = -K \int_0^t dt \quad (2)$$

$$\ln|n| - \ln|n_0| = -Kt \quad (3)$$

$$\ln \left| \frac{n}{n_0} \right| = e^{-Kt} \quad (4)$$

Adicionando logaritmos en la ecuación (3):

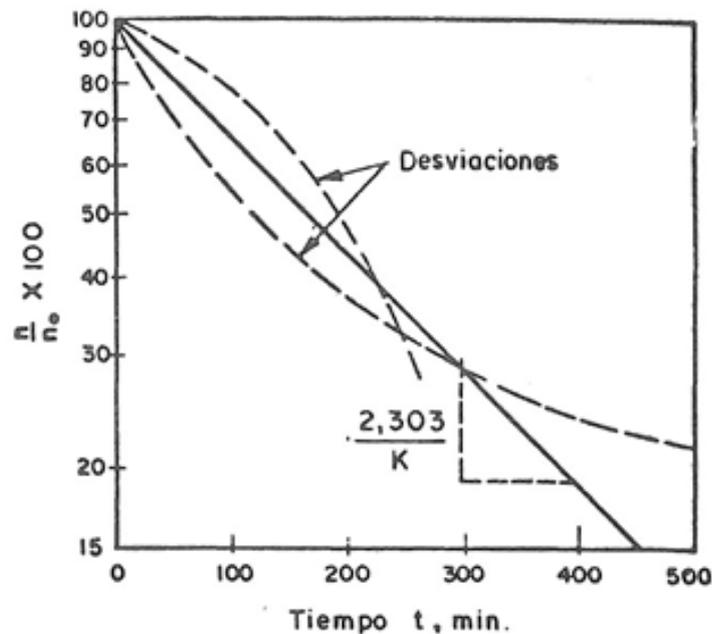


$$t = -\frac{2.303}{K} * \log \frac{n}{n_0} \quad (5)$$

Por consiguiente, según este modelo, el tiempo necesario para matar un determinado tipo de organismos con un desinfectante es directamente proporcional al logaritmo de la relación de organismos remanentes ( $n$ ) sobre organismos iniciales ( $n_0$ ). En efecto, al demostrar gráficamente en papel semilogarítmico el tiempo de contacto versus el porcentaje de organismos sobrevivientes, resultando una línea recta en los casos en que se cumple la Ley de Chick, como los muestra en la figura 1 (Arboleda & Pertuz, 2013; Basili et al., 2006).

Por tanto, no en su totalidad este proceso de eliminación de microorganismos es una reacción de primer orden, es por ello que ocurren desviaciones frecuentes a la Ley de Chick. Por ejemplo, la eliminación de quistes de *E. histolítica* con cloro libre y yodo tiene una cinética de primer orden pero la resistencia de los microorganismos en este caso a algunos virus, pues la cantidad de eliminación  $\log \frac{n}{n_0}$  aumenta o disminuye con el tiempo mencionado como la presencia de sustancias interferentes que impiden mantener un residual adecuado con ciertos desinfectantes, a errores experimentales, a distinta susceptibilidad de los organismos, a mezcla inapropiada de los desinfectantes con el agua, a existencia de colonias de bacterias de tamaños variados que establecen una concentración no uniforme de los organismos en el líquido (Arboleda & Pertuz, 2013; Beauchamp et al., 2022).

La ley de Chick es importante como referencia para determinar y evaluar el comportamiento del proceso de desinfección, en donde se conoce  $n/n_0$  y se quiere calcular la constante de la desinfección ( $K$ ).



**Figura 1.** Representación gráfica de la ley de Chick

Fuente: Adaptado de Chaerul et al. (2007)

### 2.2.1.2. Tiempo de contacto en la desinfección

Según Arboleda and Pertuz (2013) la desinfección eficaz depende de la relación entre el tiempo de exposición y la concentración de la dosis de desinfectante. Esto puede matar 100 microbios en menos tiempo que las bajas concentraciones. Según el desinfectante, la eficacia bactericida disminuye más o menos rápidamente a medida que disminuye la concentración. El tiempo de contacto  $t$  requerido para matar un número dado de organismos viene dado por la ecuación de Watson.

$$t = \frac{K}{Cn} \quad (6)$$

Donde:  $K$  = Constante de la desinfección;  $C$  = Concentración del desinfectante en mg/L y  $n$  = Coeficiente que expresa la eficiencia bactericida del desinfectante y que se conoce como el coeficiente de disolución.



El valor de K ha sido evaluado para distintos microorganismos y desinfectantes, lo que permite conocer la relación concentración- tiempo necesario para realizar la desinfección.

### **2.2.1.3. El fenómeno del punto de quiebre**

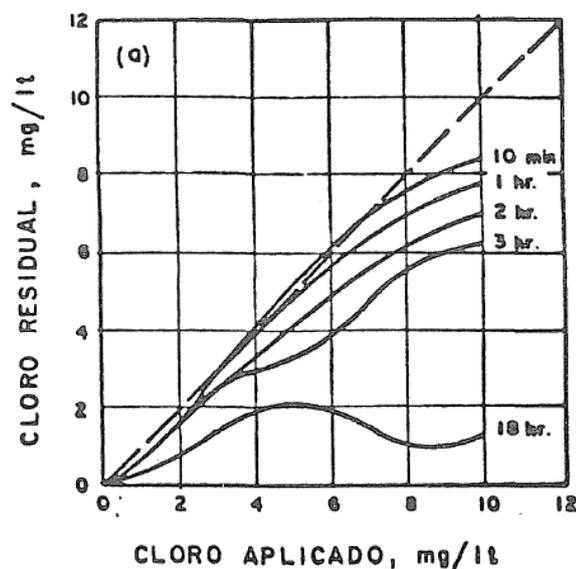
De lo expuesto anteriormente se puede deducir que si repartimos una muestra de agua en una serie de porciones (digamos 10) y le agregamos a cada una de ellas cantidades progresivas de cloro (supongamos desde 1 mg/L hasta 10 mg/L) no vamos a encontrar una relación directa entre cantidad de cloro aplicado y cantidad de cloro medido como residual (Miri et al., 2022; Shu et al., 2022).

Por otro lado, si analizamos todas las partes después del mismo tiempo de contacto (por ejemplo,  $t = 1$  h) y graficamos el contenido de cloro contra el cloro residual, encontramos una curva ondulada con un aumento observado inicialmente en el contenido de cloro. El residuo (directamente proporcional a lo consumido a demanda) hasta llegar al punto en que la curva empieza a descender, y cuanto más cloro aportado, menos residuo. Como indica Metcalf et al. (2007) se llega en esta forma a un valor mínimo (punto de quiebre) a partir del cual la curva vuelve a ascender y el residual aumenta de nuevo en proporción directa a la dosis de cloro aplicada. Tal condición presenta los siguientes inconvenientes:

- El cloro libre residual, como HOCl y OCl, obtenido después del punto de ruptura tiende a ser bajo, por lo que se necesita más cloro para oxidar por completo el sabor y el olor del agua.
- La demanda funciona muy lentamente, reduciendo gradualmente los niveles de cloro residual y las concentraciones impredecibles, lo que dificulta su control en los sistemas de distribución.

- Incluso a un pH alto, la reacción del cloro libre con las proteínas tiende a formar tricloruro de nitrógeno, que no solo da mal olor al agua, sino que también corroe y explota los materiales metálicos expuestos a este gas.

Incluso si se eliminaran todos los NC/3 en la planta, podrían volver a formarse dentro de la red una vez que se complete la reacción lenta entre la proteína y el cloro libre. El NC/3 se produce en este caso más lentamente que cuando hay nitrógeno amoniacal, pero en forma más continuada y por más largo tiempo lo que dificulta su remoción (Arboleda, 2000).



**Figura 2.** Variaciones de la curva de punto de quiebre para los tiempos de contacto indicados

Fuente: Adaptado de Chaerul et al. (2007)

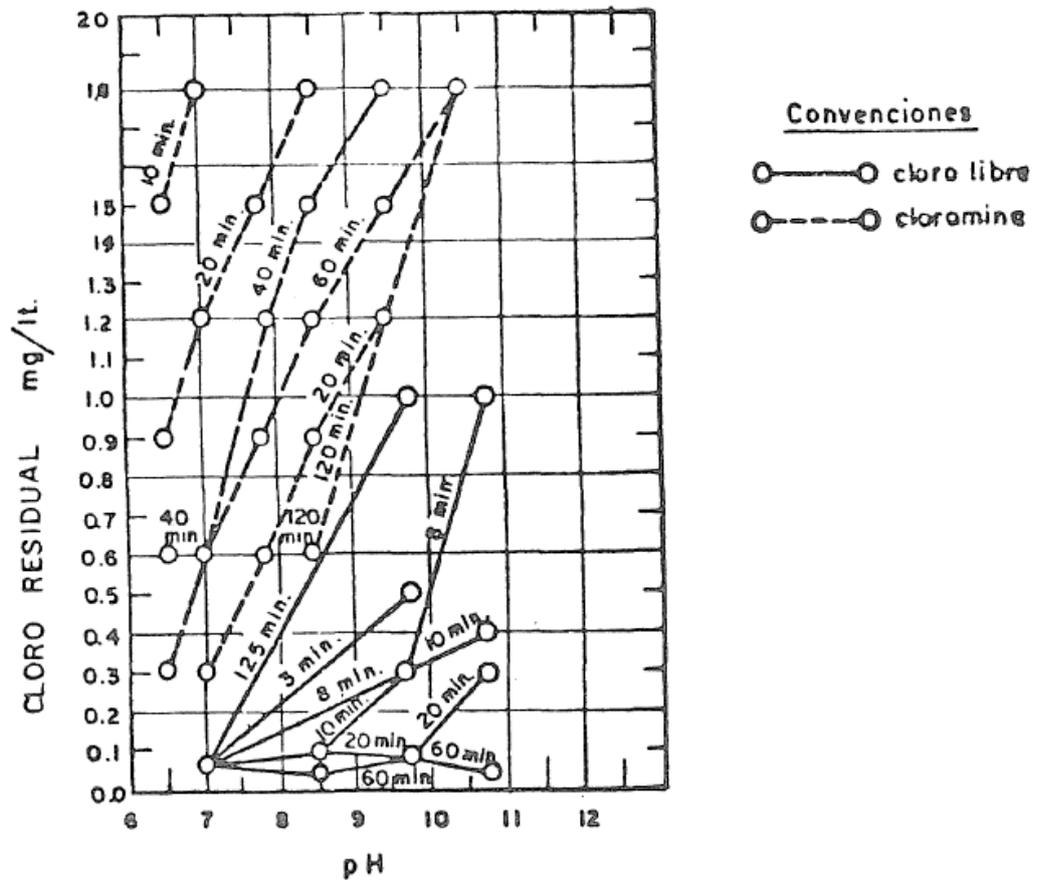
#### 2.2.1.4. Eficiencia de la cloración en la destrucción de bacterias

Así es como los compuestos de cloro atacan a los microbios. Se ha observado que el cloro actúa en concentraciones muy bajas (0.1 a 2.0 mg/l), y por esta razón Kurian and McCarney (2010); Lewis (2023) sugirieron que dicho sistema enzimático puede verse afectado por el contenido de inhibidor. Sugirieron que solo puede explicarse por teniendo en cuenta que los compuestos de oro



reaccionan con los grupos de sulfuro de hidrógeno presentes en las enzimas celulares, paralizando el proceso metabólico de oxidación de la glucosa y, en particular, la conversión de triosa fosfato en fosfoglicerido, lo que destruye irreversiblemente la actividad enzimática celular. La triosa fosfato deshidrogenasa está presente en cantidades muy bajas en casi todos los organismos, incluidas las bacterias, lo que explica por qué las bajas concentraciones de cloro son efectivas (Kulkarni et al., 2022; Kumar et al., 2022).

Los resultados de su investigación están documentados en la curva de la Figura 3, donde para cada valor de pH se puede leer la cantidad de cloro residual (cloro libre o cloraminas) necesaria para matar el 99,99 % de las bacterias analizadas (Castro et al., 2009). Los ensayos se realizaron a temperaturas de 20-2°C con diferentes tiempos de contacto de 5 a 60 minutos (Cheela et al., 2022; Ferro et al., 2019). Las bacterias utilizadas fueron varias especies de *Escherichia coli*, *Aerobacter aerotransportado*, *Pseudomonas pyocianae*, *Evertella typhosa* y *Shigella disenteriae* (Kulkarni et al., 2022; Kumar et al., 2022).



**Figura 3.** Propiedades bactericidas del cloro libre y las cloramidas

Fuente: Adaptado de Chaerul et al. (2007)

Se ve claramente que el cloro libre fue mucho más eficiente para matar los diferentes tipos de bacterias que las cloraminas, pues se necesitaron dosis más altas y mayor tiempo de contacto para completar el proceso de desinfección (Blanco et al., 1994; Brar et al., 2022).

Los números en el gráfico representan los minutos para matar el 100% de *Escherichia coli* con cloro libre y cloraminas a temperaturas de 20 °C.

Puede también observarse que la eficiencia del cloro libre disminuye al aumentar el pH. Por ejemplo, con 3 minutos de tiempo de contacto para un pH de 7, se necesitaron 0.05 mg/L de cloro para matar el 100% de las bacterias; en cambio para el mismo tiempo de contacto y pH=9.8, se necesitaron 0.45 mg/L (8



veces más). Esto se debe a que a pH=7 la proporción de HOCl es del 75% y de OCl<sup>-</sup> del 25%; en cambio, a pH=9.8 todo el cloro libre está en la forma de OCl<sup>-</sup>, compuesto que es definitivamente más ineficiente (Beauchamp et al., 2022).

## **2.2.2. Teoría de enfermedades diarreicas agudas**

### **2.2.2.1. Teoría del autocuidado de Dorothea Elizabeth Orem**

Para Dorothea E. Orem, el autocuidado es una actividad que aprendemos a medida que maduramos y está influenciada por las creencias, cultura, usos y costumbres de nuestra familia y sociedad. La edad, el desarrollo y la salud pueden afectar la capacidad de una persona para participar en actividades de subsistencia (Barrios et al., 2009).

Para lograr el objetivo de mantener nuestro bienestar, salud y desarrollo, también define tres requisitos de autocuidado según los resultados a alcanzar. Defensa, agua, excreción, actividad, descanso, soledad e interacción social, prevención de riesgos e interacción con la actividad humana (Brar et al., 2022). Los requisitos para el desarrollo del autocuidado son promover las condiciones básicas para la vida y la madurez, así como las condiciones desfavorables en los diversos momentos del proceso de desarrollo humano (infancia, adolescencia, adultez y vejez), prevenir y mitigar las ocurrencias (Katam & Bhattacharyya, 2022).

Requisitos de autocuidado de desviación de la salud, que surgen o están vinculados a los estados de salud ((Khurana et al., 2022; Kulkarni et al., 2022).



### **2.2.2.2. Teoría de entorno de Florence Nightingale**

Su teoría se centra en el medio ambiente, cuyo propósito es sostener la energía vital del paciente, y se basa en los efectos de la naturaleza sobre el individuo. El entorno físico de Nightingale consta de los elementos físicos en los que se trata a los pacientes, como la ventilación, la temperatura, la higiene, la luz, el ruido y los desechos (Cheela et al., 2022; Miri et al., 2022).

Según Kumar et al. (2022) menciona que Nightingale, el entorno psicológico puede verse afectado por el estrés, y el entorno social incluye aire limpio, agua limpia y una buena gestión de residuos, incluida la recopilación de datos sobre enfermedades y prevención de enfermedades. Otro de sus aportes hace referencia a la necesidad de la atención domiciliaria, las enfermeras que prestan sus servicios en la atención a domicilio, deben de enseñar a los enfermos y a sus familiares a ayudarse a sí mismos a mantener su independencia (Kurian & McCarney, 2010).

### **2.2.3. Bases conceptuales**

#### **2.2.3.1. Agua potable**

Aquella que al ingerir no ocasionan daños al organismo del individuo humano así también no causa daños en los materiales que se encuentran en la infraestructura del sistema (Brar et al., 2022; Castro et al., 2009).

Es el elemento líquido que ha sido sometida a diversos tratamientos de purificación, del cual sus características físicas, químicas y microbianas cumplen normas establecidas actuales a nivel nacional e internacional de esta manera se considera la calidad del agua potable siendo apta para su consumo en fines de



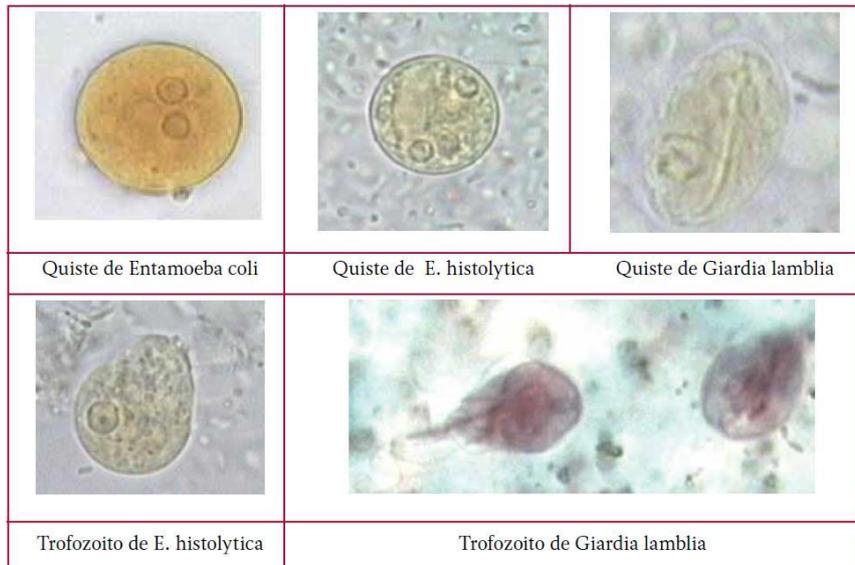
bebida, cocina, domésticos e higiene personal sin ocasionar ningún riesgo significativo para la salud (UNESCO, 2019, 2021).

Notándose así la importancia del agua potable en el mejoramiento estadístico de morbilidad y la disminución de enfermedades transmitidas por el consumo del agua (Shu et al., 2022; Singh, 2018).

### **2.2.3.2. Contaminantes biológicos presentes en el agua**

Hay muchos patógenos diferentes en el agua que se originan a partir de diferentes factores, uno de los cuales se debe a los residuos orgánicos. Esta contaminación está asociada a los desechos domésticos e industriales vertidos a los cuerpos de agua. Esto se debe a que estos contaminantes contienen una alta proporción de microorganismos de origen fecal y materia orgánica. Los virus y otros patógenos que se encuentran en el agua contaminada incluyen 120 especies que pueden infectar el tracto gastrointestinal humano, siendo los más comunes rotavirus, poliovirus, enterovirus, bacterias y parásitos (Murillo, 2015; Shu et al., 2022).

En cuanto a las bacterias, abundan en las fuentes de agua (superficiales y subterráneas). Dado que el agua es E.coli (enteropatógena), es un transporte ideal. Finalmente, los protozoos ahora incluyen varios grupos de importancia médica. Pueden infectar y causar principalmente enfermedades gastrointestinales. Hay tres grupos: flagelados como Giardia Lambia y Entamoeba coli de Sarcodin ((Pérez & Romero, 2017; Shu et al., 2022).

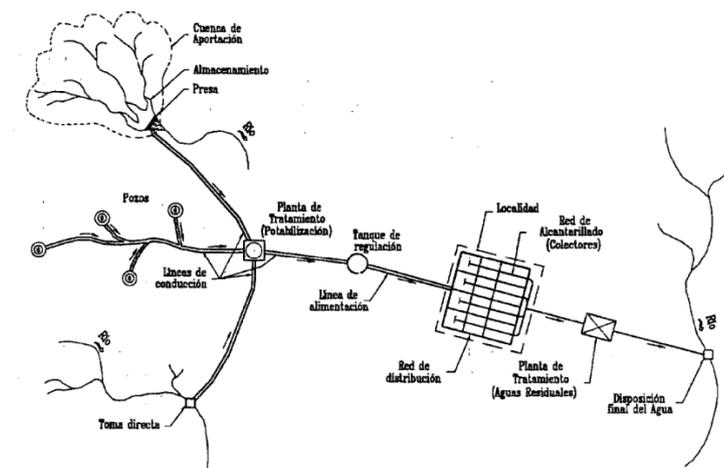


**Figura 4.** Presenta los protozoarios más comúnmente encontrados en agua contaminada

Fuente: Shu et al. (2022)

### 2.2.3.3. Sistema de abastecimiento de agua potable

Es el conjunto de instalaciones y equipos utilizados para abastecer de agua a una población en forma continua, en cantidad suficiente y con la calidad y la presión necesarias para garantizar un servicio adecuado a los usuarios y usuarias (Shu et al., 2022).



**Figura 5.** Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable

Fuente: Kulkarni et al. (2022)



#### **a. Fuente de agua**

Es un espacio natural que a partir de allí se procederá captar ciertos caudales demandados para ser abastecida a la población de consumo. Deben ser mantener su continuidad y suficientes, pudiendo ser superficiales y subterráneas, suministrando el agua por gravedad o por bombeo (OPS & CEPIS, 2002).

#### **b. Captación**

Es una infraestructura donde se recoleta el agua superficial o subterráneo, natural o artificial para ser utilizado en un sistema de suministro de agua potable a una población. Según la zona, puede ser un manantial (afloramiento, naciente, nacimiento), o bien un pozo o la derivación de agua de un curso de agua como un río o lago (Khurana et al., 2022).

#### **c. Conducción**

Es una red de tuberías que permiten transportar el agua cruda, ya sea a flujo libre o presión desde la obra de captación hasta los tanques de almacenamiento, planta de tratamiento o directamente hasta la red de distribución en condiciones seguras e higiénicas (OPS & CEPIS, 2002; UNESCO, 2009)

#### **d. Planta de tratamiento**

Se define a la planta de tratamiento como el conjunto de estructuras, obras, equipos y materiales que sirven para: someter al agua a diferentes procesos, con el fin de purificarla y hacerla apta para el consumo humano, reduciendo y eliminando impurezas, bacterias, sustancias venenosas, turbidez, olor, sabor, etc (Beauchamp et al., 2022; Khurana et al., 2022).



#### **e. Tanque de almacenamiento**

Es una estructura hidráulica de forma cuadrada, rectangular y redonda etc, que tienes como función principal es compensar las variaciones de consumo en el día, mantener y compensar las presiones en la red, así como para almacenar cierta cantidad de agua que permita atender situaciones de emergencia como incendios e interrupciones (Chatterjee et al., 2022; Cheela et al., 2022).

#### **f. Red de distribución**

Es una aglomeración de accesorios, tuberías y estructuras que cumplen como medio de transporte del elemento hídrico desde tanques de almacenamiento hasta la toma domiciliaria o los hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios y debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada (Beauchamp et al., 2022; Khurana et al., 2022).

#### **2.2.3.4. Tratamiento de agua para el consumo humano**

El agua cruda en su estado natural, sea de origen superficial o subterráneo, no puede ser utilizada para la bebida sin un adecuado tratamiento, por no encontrarse lo suficientemente pura desde el punto de vista de su calidad sanitaria. El cual en su trayecto se contamina microbiológica como bacterias, virus y parásitos. Los principales procesos de tratamiento son sedimentación, floculación, coagulación, filtración y desinfección, este último proceso es requisito obligatorio para que el agua pueda ser destinada para consumo humano, la cual frecuentemente se lleva a cabo por medio de la aplicación de cloro (Castro et al., 2009; Ferro et al., 2019).



### **a. Desinfección del agua**

Aquel en el cual se aplica de forma instantánea sustancias químicas y alguna utilización de medios físicos al agua y descartar los agentes patógenos, capaces de producir una enfermedad o infección en el hombre (Barrios et al., 2009; Beauchamp et al., 2022). Acción que se realiza para la toma de medidas de protección y evitar riesgos de contaminación del recurso hídrico, tratamiento que debe emplearse con prioridad cuando hay contaminación del agua así también garantizar la permanencia de dicho elemento cumpliendo su potabilidad en toda la red de distribución (Kulkarni et al., 2022; Miri et al., 2022).

### **b. Tipos de desinfección**

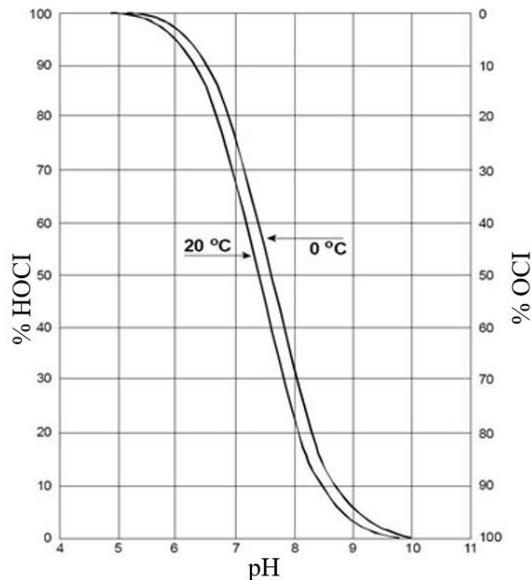
La desinfección se puede llevar a cabo mediante dos procesos diferentes: Rayos X; ozono; cloro; yodo; peróxido de hidrógeno y permanganato de potasio.

Actualmente el cloro es el método de desinfección más empleado (Pérez & Romero, 2017; Zheng et al., 2020).

### **c. Parámetros que influyen en la eficacia de la desinfección**

- Turbiedad media no exceda de 1 Unidad Nefelométrica de Turbiedad (UNT) y en ningún caso una muestra presente una turbiedad superior a 5 NTU (Beauchamp et al., 2022; Khurana et al., 2022).
- La acidez o la alcalinidad del agua afecta a la desinfección con cloro. El agua con pH básico ( $\text{pH} > 8$ ) se realiza la desinfección eficaz con una sobredosis de cloro generando mayor consumo del químico (Kulkarni et al., 2022).

La desinfección es más eficiente con niveles de pH bajos debido a que favorece la formación de ácido hipocloroso, un agente alrededor de 80 veces más eficaz que el ión hipoclorito con un  $\text{pH} > 7.5$  (Lewis, 2023).



**Figura 6.** Cantidades relativas del ácido hipocloroso y del ión hipoclorito en función del pH

Fuente: Lewis (2023)

Donde: %HOCl es ácido hipocloroso; pH potencial de hidrogeno (valor de pH) y % OCl Ión hipoclorito

- Tiempo de contacto es el tiempo necesario transcurrido para el suministro del cloro que el agua consume (Shu et al., 2022).
- Características fisicoquímicas del agua: La presencia de ciertas impurezas consume parte del cloro añadido (Shu et al., 2022).
- Naturaleza de los organismos a destruir: Algunos de los microorganismos son más resistentes a la acción del (Shu et al., 2022).
- Concentración de microorganismos: Cuanto mayor es el número inicial de microorganismos, mayor es el número de microorganismos después de un mismo tiempo de acción del (Shu et al., 2022).

#### d. Cloro

Desinfectante con una capacidad de mayor efectividad para la destrucción de los microorganismos existentes en el agua como las bacterias, protozoarios y virus así también porque deja un efecto residual después de la desinfección que puede y debe durar hasta las conexiones de cada domicilio. De uso importante para otros efectos secundarios en la oxidación del hierro, los sulfuros de hidrógeno y el manganeso aún más en la eliminación de compuestos que generan malos olores y sabores (Kulkarni et al., 2022).

#### e. Mecanismo de acción del cloro

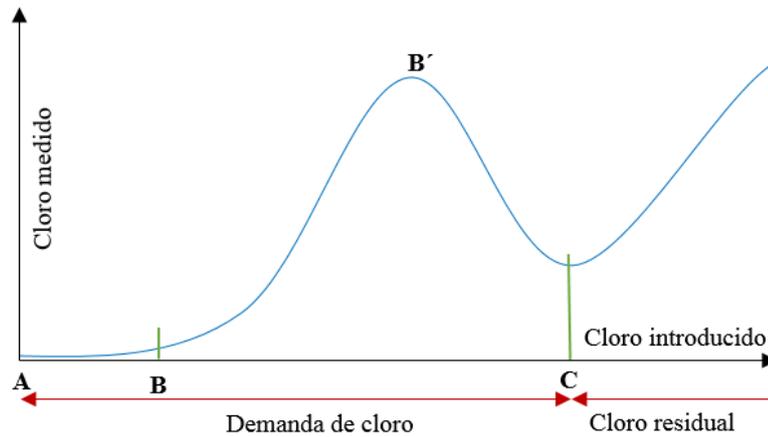
La acción germicida se produce por su gran capacidad de traspasar la pared celular del patógeno y atacar su sistema enzimático, generando la muerte del microorganismo.

Los agentes desinfectantes son el ácido hipocloroso ( $HOCl$ ) y el ión hipoclorito ( $OCl^-$ ). Donde el ácido hipocloroso, se disocia en iones hidrógeno e iones hipoclorito en la siguiente reacción reversible:



El cloro reduce el potencial de hidrogeno (pH) del agua a causa de los iones hidrógeno que se generan en la reacción del líquido elemento (UNESCO, 2019, 2021).

Al suministrar el cloro en el agua, se irán produciendo sucesivamente diversas reacciones químicas como se denota en la figura 7.



**Figura 7.** Gráfica de los mecanismos de acción de cloro

Fuente: Khurana et al. (2022)

**La Fase AB:** El cloro vertido en el recurso hídrico se combina raudamente con la materia orgánica. Consecuentemente, el residual medido se mantiene en cero. Indicando que no hay destrucción de microorganismos el cual no hay un proceso de desinfección Fase BB': A partir del punto B, el cloro se mezcla con compuestos nitrogenados. Por lo cual ya hay una cantidad de cloro residual a ser medido ya que esta concentración no es el cloro activo sino cloraminas que reaccionan igual al cloro que al ser medidos con reactivos en los equipos de medición.

**Fase B'C:** Al dosificar con más cloro, se muestra que la cantidad de cloro residual que se mide con los equipos de medición, va en descenso. Notándose así que, el cloro dosificado ha servido para destruir los compuestos formados en esta fase BB'. Aquí ya no hay malos olores, pero aún falta desinfectar.

**A partir del punto C:** la dosificación del cloro vertido en definitiva es disponible para garantizar su función desinfectante (Katam & Bhattacharyya, 2022).

## f. Las diferentes formas comerciales del cloro

Los productos disponibles para realizar la desinfección del agua como el cloro gaseoso, hipoclorito de sodio o lejía, hipoclorito de calcio en la figura muestra la forma en que se presenta el producto, su contenido de cloro, estabilidad en el tiempo y su seguridad (Miri et al., 2022; Murillo, 2015). De allí para la elección de estos productos es de acuerdo a varios parámetros, la elección de uno u otro de estos productos irá en función de diversos parámetros como la cantidad necesaria de reactivo, posibilidad de abastecimiento, facilidad de operación, seguridad (riesgos relativos al manipulaciones y almacenamiento) y costo (UNESCO, 2019, 2021).

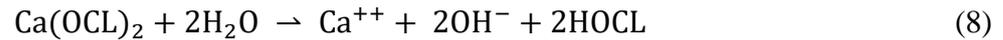
**Tabla 1.** Las diferentes formas comerciales del cloro

Descripción	Forma en que se presenta el producto	Contenido de cloro	Estabilidad en el tiempo	Seguridad
Cloro gaseoso	Gas licuado a presión	99%	Muy buena. Tener mucho cuidado con las fugas	Gas muy tóxico
Hipoclorito de sodio	Solución líquida amarilla	Máximo 15%	Pérdida mensual del 2 al 4 %. Pérdida aún mayor si la temperatura supera los 30°C	Líquido corrosivo contiene sosa
Hipoclorito de calcio	Sólido blando	Del 60 al 70%	Pérdida Anual del 2 al 2.5 %	Corrosivo posible inflamación en contacto con materiales
Electro cloración Chlorung	Solución en NaCl	De 1 a 3 g/L tras electrodiálisis	Muy grande como NaCl	

Fuente: Shu et al. (2022)

### Hipoclorito de calcio

Según Shu et al. (2022) “cuando el hipoclorito de calcio ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) entra en contacto con el agua a desinfectar ocurre la siguiente la reacción química”:



### **g. Cloro residual**

#### **Cloro residual total**

El cloro total se obtiene de la suma del cloro residual libre y el cloro residual combinado, formando un efecto residual cuando se cumplen los requisitos. El tipo de residuo (libre o combinado) se define por la presencia de nitrógeno amónico en el agua (Chatterjee et al., 2022; Cheela et al., 2022).

#### **Cloro residual complejo**

Cloro residual presente en el agua en forma de cloraminas formadas en combinación con compuestos de nitrógeno. Depende de la temperatura. El cloro residual asociado también se forma por la reacción del ácido hipocloroso con las aminas orgánicas presentes en el agua y tiene propiedades desinfectantes limitadas (Brar et al., 2022; Katam & Bhattacharyya, 2022).

#### **Cloro residual libre (C.L.R)**

Al ser cloro elemental que no está combinado al nitrógeno, es inestable en soluciones acuosas y tiene excelentes propiedades bactericidas (35 veces las del cloro combinado), pero no permanece mucho tiempo en solución. Como muestran Shu et al. (2022), el cloro libre en forma de ácido hipocloroso tiene una mayor capacidad desinfectante que el ácido hipocloroso, dependiendo de la temperatura y el pH del agua. Por esta razón, las muestras de agua utilizadas para determinar la concentración de cloro libre deben analizarse inmediatamente después de la medición y en ningún caso deben almacenarse para análisis posteriores (UNESCO, 2021).



#### **h. Métodos de medición del cloro residual**

Se han desarrollado diferentes métodos para su medición como la prueba yodométrica que sólo debe usarse para concentraciones mayores de 1 mg/L, ortotolidina no se utiliza por su naturaleza tóxica, amperimétrico y colorimétrico, este último es el más utilizado en actualidad (OPS & CEPIS, 2002).

#### **i. Método colorimétrico con DPD**

Este es actualmente el método más aceptado, más simple, más rápido, más preciso y práctico. Es la intensidad de color de la solución obtenida por la reacción del reactivo DPD (N,N-dietil p-fenilen diamina) con el cloro libre presente en la muestra de agua en forma de ácido hipocloroso y/o iones de hipoclorito. Se obtiene un compuesto que presenta un color rosa-violeta cuya intensidad es proporcional a la concentración de cloro. Este método se utiliza tanto en dispositivos básicos (comparadores) como en dispositivos analíticos más complejos (colorímetros ópticos). Un proceso manual puede usar una de dos cosas. No obstante, el fotocolorímetro presenta resultados más precisos que un comparador visual (Quispe, 2018).

#### **j. Marco legal institucional**

##### **Ley General de Salud (Ley N° 26842)**

Esta Ley establece que la salud es condición indispensable del desarrollo humano y medio fundamental para alcanzar el bienestar individual y colectivo. Por tanto, es tarea del Estado regularlos, controlarlos y promoverlos. El artículo 103 establece que la protección del medio ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, quienes tienen el deber de mantener dentro



de las normas establecidas por las autoridades sanitarias competentes para proteger la salud de las personas. El artículo 104 establece que se prohíbe a las personas naturales o jurídicas verter residuos o contaminantes en el agua, el aire o el suelo sin tomar las precauciones de limpieza exigidas por las normas sanitarias y de protección ambiental. El artículo 105 obliga a las autoridades sanitarias competentes a adoptar las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos para la salud humana derivados de factores, factores e influencias ambientales de conformidad con las normas sustantivas aplicables.

### **Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N° 27992)**

Los gobiernos locales provinciales y distritales están facultados para la gestión de la calidad del agua para consumo humano en sujeción a sus competencias de ley, que se detallan a continuación:

- Velar por la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.
- Vigilar el cumplimiento de estas disposiciones;
- Reglamente sobre los servicios de agua para consumo humano de su competencia.
- Informar a las autoridades de salud de su jurisdicción y tomar las medidas permitidas por la ley si un proveedor de atención médica dentro de su jurisdicción no cumple con los requisitos de calidad de salud regidos por esta regla.
- Cooperar con los proveedores de su competencia en la aplicación de las normas sanitarias reguladas.



## **Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA)**

En Perú, la calidad del agua potable está regulada por el Reglamento de Calidad de Aguas Destinadas al Consumo Humano - MINSA. Aprobado por Ministerio de Salud y Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Este reglamento exige que el 90% (90%) y el 10% (10%) de todas las muestras tomadas tengan cloro libre residual en agua potable menor a 0.5 mg/L cuando se utilice desinfección por cloración. El resto debe ser inferior a 0,3 mg/L. La turbidez debe ser inferior a 5 unidades de turbidez nefelométrica (NTU) para garantizar la seguridad, prevenir factores de riesgo para la salud y proteger y promover la salud y el bienestar públicos.

### **2.2.4. Directivas del sector de saneamiento**

**Ley General de Servicios de Saneamiento:** “Ley General de Servicios de Saneamiento – Ley N° 26338 del 24.07.1994”.

“Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento – D.S. N° 023-2005-VIVIENDA del 29.11.2005”.

“Modifica el TUO del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento – D.S. N° 10-2007-VIVIENDA”.

“Modifican Art. 103 del TUO del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento – D.S. N° 002-2008-VIVIENDA”.



“Modifica el TUO del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento – D.S. N° 031-2008-VIVIENDA”.

“Incorporan Art. 102°-A al TUO del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento – D.S. N° 009-2009-VIVIENDA”.

“Modifica el TUO del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento – D.S. N° 25 -2009-VIVIENDA”.

“Modifica el TUO del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento – D.S. N° 15-2010-VIVIENDA”.

“Modifica el TUO del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento –D.S. N° 19-2010-VIVIENDA”.

**Procedimientos administrativos:** “Ley del Procedimiento Administrativo General – Ley N° 27444 del 11.04.2001”.

“Ley de Simplificación de la Certificación Domiciliaria – Ley N° 28882 del 16.09.2006. Ley de Silencio Administrativo – Ley N° 29060 publicada el 07.07.2007”.

“Modifican la Ley del Procedimiento Administrativo General y la Ley del Silencio Administrativo – D.L. N° 1029 del 24.06.2008”.

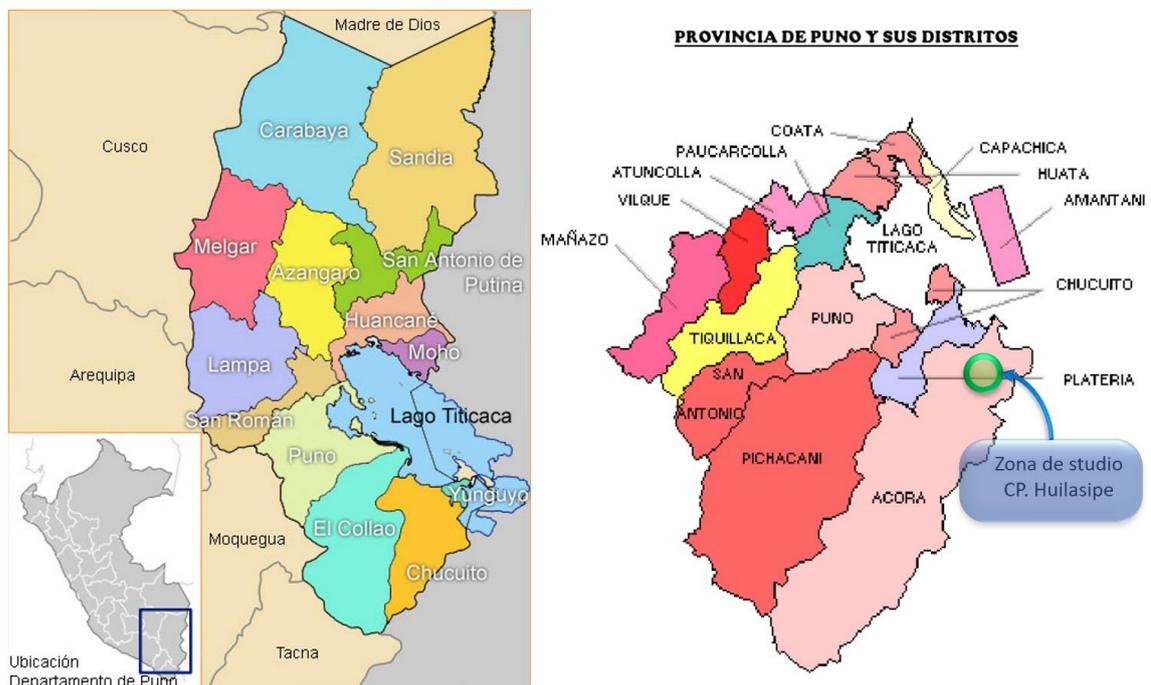
**Protección al consumidor:** “Código de Protección y Defensa del Consumidor – Ley N° 29571, publicada el 02.09.2010”.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

El distrito de Acora es uno de los quince distritos de la provincia de Puno en la provincia de Puno y está bajo el control del Gobierno Regional de Puno. Se encuentra a orillas del lago Titicaca, a una altitud de 3867 metros sobre el nivel del mar. El clima en la zona intermedia es frío, cálido y húmedo. Las tierras altas y las regiones montañosas tienen climas extremadamente fríos y secos. En la zona lago prevalece un clima templado húmedo a frío, lo que brinda condiciones microclimáticas muy favorables para el desarrollo de actividades agrícolas semi-intensivas y ganadería.



**Figura 8.** Mapa de ubicación de la zona de estudio – Huilasipe

Según el censo peruano de 2017 la población es de 28679 habitantes, de los cuales 93% vive en el área rural y el 7% el área urbana (INEI, 2023). El área total del distrito de



Acora es de 1871,31 km<sup>2</sup>, distribuidos entre 115 comunidades campesinas y centros poblados menores.

### **3.2. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.2.1. Tipo de investigación**

Según la clasificación el tipo de estudio empleado en la realización de la presente investigación es descriptiva; enfoque: cuantitativo; nivel: predictivo; diseño: no experimental (Hernández et al., 2014; Mias, 2018), porque se pretende evaluar las acciones, contextos y eventualidades en la evaluación de la dosificación del cloro en el tratamiento de agua potable del centro poblado de Huilasipe – Acora.

En la presente investigación, busca evaluar las variables de la dosificación del cloro en el tratamiento de agua potable del centro poblado de Huilasipe – Acora, por ende, el diseño de investigación seleccionado es no experimental.

Dado las variables del cuerpo de investigación corresponde a un estudio descriptivo que tiene por objeto (Gómez, 2012), como son: la evaluación de la dosificación del cloro en el tratamiento de agua potable del centro poblado de Huilasipe – Acora.

### **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

Las principales técnicas para compilar datos, empleadas en la presente investigación es la observación, encuestas, laboratorio y revisión documental. Posteriormente se efectuó el recorrido de la zona de estudio realizando la toma de muestra del cloro en los puntos estratégicos del centro poblado de Huilasipe. Otra técnica es la producción de datos mediante la revisión documental como información secundaria.



### **3.3.1. Instrumentos**

- Software ArcGis
- Software Microsoft Office
- Software Microsoft Excel
- Software Google Earth
- Datos del INEI

## **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.4.1. Población**

Según Gallardo (2017), una población es un conjunto de elementos que se conoce o se quiere estudiar, se considera como una o algunas de las características que se pretende estudiar. Según mención, en el centro poblado de Huilasipe según el INEI (2023). La población actualmente es de 200 habitantes, con una densidad poblacional de 15.33 habitantes por kilómetro cuadrado.

### **3.4.2. Muestra**

Para Arias (2012), a la muestra le considera un subconjunto representativo de un universo o población para ser estudiado o realizar la investigación; se describe en este ítem la población y sus características, el tamaño y la forma de selección de la muestra, considerando el tipo de muestreo, verificando la homogeneidad, o las pruebas necesarias para que se use adecuadamente durante la investigación para su análisis correspondiente.

Para efectos de la investigación se trabajó con las viviendas beneficiarias con el sistema de agua potable que son 50 familias, de las cuales están compuestas



por cuatro personas en promedio, respecto a el centro poblado de Huilasipe, con una muestra de 9 muestras de agua entre la captación, y viviendas seleccionadas ala azar, de cada hogar que se ubique en el centro poblado de Huilasipe, correspondiente a la zona de estudio.

### **3.4.3. Muestreo**

Según Oseda et al. (2015), el muestreo es una decisión práctica que implica el muestreo de datos. Este elemento recopila datos de forma representativa. Se utiliza cuando la población es demasiado grande para capturar todas las variables necesarias para el estudio.

El muestreo de esta investigación es el no probabilístico de los habitantes del centro poblado de Huilasipe, ya que se evaluó para la población usuaria del sistema de agua potable del centro poblado de Huilasipe - Acora.

### **3.4.4. Diseño de muestreo**

El tipo de muestreo fue estratificado del centro poblado de Huilasipe. Se realizo una toma de muestra de los usuarios seleccionados y se recolectara las muestras de agua y llevadas al laboratorio a un total de 52 hogares para una población de 200 habitantes según el INEI (2023). Los datos para el experimento se analizan mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua para consumo humano, según los resultados obtenidos del laboratorio del parámetro de cloro residual de parámetros aleatorios con y sin efectos de interacción.

La elección de métodos efectivos para el diseño de muestras, el muestreo y la recopilación de datos puede mejorar la validez y confiabilidad de las

estimaciones generadas para el análisis del cloro residual de cada muestra tomada a un nivel básico, estas opciones incluyen:

Cumplimiento con el protocolo de toma de muestra del cloro residual que explique claramente las condiciones de referencia (o status quo) y plantee el parámetro a evaluar. La selección de la muestra aleatoria de la población se dio según la ubicación y distribución de los usuarios del sistema de agua potable del centro poblado de Huilasipe. Eligiéndose una muestra de seis viviendas, dos pozos y la captación para el análisis del cloro residual con las propiedades deseadas y los protocolos ya establecidos.

El instrumento de toma de muestra del cloro residual, según protocolos ya establecidos para esta actividad, además se ha recabado información socioeconómica de la población (35 encuestas de una población de 50 familias) usuaria estructurado en tres bloques: el primero contiene la información relevante sobre datos de las familias; el segundo se dirige a intentar averiguar las características socioeconómicas de las familias donde se tomó las muestras del cloro residual (Azqueta et al., 2007).

El método para determinar el número de muestras para residuos sólidos no domiciliarios es la misma que se utilizó para determinar las muestras de residuos sólidos domiciliarios lo que se detalla a continuación:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (9)$$

Dónde: N = Tamaño de la población = 200 habitantes (50 viviendas); Z = Certeza estadística deseada (95% de confianza Z=1.96); p, q = Proporción de las



unidades de análisis ( $p, q=0.50$ );  $\epsilon$  = Precisión deseada 10% y Muestra ( $n$ ) = 35 viviendas

Los valores de  $Z\alpha$  más utilizados y sus niveles de confianza son (Tabla 2):

**Tabla 2.** Valores de Z para determinación de tamaño muestral

Valor de $Z\alpha$	1,28	1,65	1,69	1,75	1,81	1,88	1,96
Nivel de confianza	80%	90%	91%	92%	93%	94%	95%

Donde: N: “es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados)” y  $Z\alpha$ : “es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos”. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: un 95,5 % de confianza es lo mismo que decir que nos podemos equivocar con una probabilidad del 10%. Los valores de  $Z\alpha$  se obtienen de la tabla de la distribución normal estándar  $N(0,1)$ ”.

Reemplazando valores en la ecuación 1, y considerando los valores de la distribución normal; para la determinación del tamaño de muestra se ha tenido los siguientes datos como son: población actual de 200 habitantes; considerando 4 a 5 habitantes por familia da 35 viviendas; grado de confianza 95%; valor de la distribución normal estandarizada 1,960; proporción de la población 10% y error permisible 5%; reemplazando esos datos en la ecuación 9 nos da 35 encuestas.

### 3.4.5. Variables de estudio

#### 3.4.5.1. Variable independiente:

El cloro residual.

#### 3.4.5.2. Variable dependiente:

Correlación entre las variables del cloro usado para el sistema de agua potable.



#### **3.4.6. Delimitación temporal**

Año 2022.

#### **3.4.7. Delimitación espacial**

Centro poblado de Huilasipe

### **3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

Un enfoque metodológico para ceñirnos a los objetivos planteados para esta investigación: Recolectamos toda la información necesaria de, tesis, libros, artículos científicos, sitios web, Municipalidad Distrital de Acora, entre otras fuentes.

Las muestras que se han tomado, se cuentan con los valores de las propiedades físicas y químicas del agua, de la bahía interior del lago Titicaca. Los resultados se han comparado con el decreto supremo N° 004-2017-MINAM, correspondiente a la Categoría 1: Poblacional y recreacional; a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección; normatividad de la calidad de agua de Perú.

Los valores de las propiedades físicas y químicas se han estudiado, en donde ha realizado un análisis ANOVA a fin de que elementos explican mejor y se existía una diferencia estadística con las variables medidas.

Así mismo se realizó el análisis de varianza para el nivel de pH, considerando un análisis de la prueba de Tukey para ver las diferencias estadísticas de las fuentes de análisis; seguidamente el análisis de varianza para la conductividad eléctrica y el nivel de cloro de cómo se encuentra en las muestras tomadas para esta investigación.

### 3.5.1. Evaluación de la calidad de agua en la captación y en la red de distribución

Para el cumplimiento del presente objetivo, se ha realizado la toma de muestra de la calidad de agua en la captación y en la red de distribución del sistema de agua potable en el centro poblado de Huilasipe, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Coordenadas ubicadas de las muestras tomadas

Nº	Descripción	Este	Norte	pH	C.E	Cloro
1	Captación	430687,123	8228737,245	7,10	1,02	
2	Casa 1	430744,442	8228795,281	7,26	1,06	1,40
3	Casa 2	431151,888	8228427,624	7,10	1,11	0,10
4	Casa 3	431349,924	8229182,453	7,99	1,09	0,90
5	Casa 4	431829,575	8229421,996	7,10	1,05	0,85
6	Casa 5	430635,603	8229406,608	7,10	1,07	0,80
7	Pozo 1	430090,446	8229036,036	7,10	1,02	0,83
8	Casa 6	430815,657	8228331,007	7,09	1,42	
9	Pozo 2	430815,657	8228331,007	7,10	1,02	

#### 3.5.1.1. La guía de observación

Esta nos permitirá tener información de lo que sucede en cada vivienda usuaria del sistema de agua potable del centro poblado de Huilasipe.

#### 3.5.1.2. Los registros de datos

Esta investigación, se va realizar registrando los procesos de la toma de muestra de agua para la determinación del cloro residual, ayudados de los resultados de laboratorio de aguas.

#### 3.5.1.3. Toma de muestra de la calidad de agua

La toma de muestra fue realizada en la captación de agua potable, reservorio y la red de distribución del sistema de agua potable, según el protocolo



del decreto supremo N° 004-2017-MINAM, con la categoría 1: Poblacional y Recreacional; Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. La misma normativa que fue aplicado para su evaluación una vez obtenido los resultados del laboratorio de agua.

### **3.5.2. Evaluación técnica del actual sistema de dosificación actual de cloro en función a la calidad del agua**

Para el cumplimiento del presente objetivo, se va realizar la toma de muestra del cloro residual de acuerdo a la vivienda seleccionada según protocolo establecido para este propósito y la información de la familia con datos socioeconómicos.

#### **3.5.2.1. Recopilación de información básica**

La JASS Huilasipe, perteneciente al centro poblado de Huilasipe, es la organización encargada de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento de la comunidad.

En coordinación con las autoridades de la JASS, se realiza un trabajo de exploración, que concierne fundamentalmente a un trabajo de campo, realizando la identificación de los diferentes componentes del sistema de agua potable, principalmente el reservorio donde se encuentra instalado recientemente el sistema de cloración por goteo, por parte de la ATM de la Municipalidad Distrital de Acora.



### **3.5.2.2. Evaluación de los parámetros de cloro libre residual en la red de distribución**

La DIGESA mediante la R.D. N° 160-2015-DIGESA-SA; tiene dispuesto el “protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano”, donde nos indican que los puntos de muestreo deben de ser identificados, para ello se utilizó el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), registrándose en coordenadas UTM; donde se utiliza para el registro de la información.

La ubicación de los puntos de muestreo se ha determinado el cloro libre residual, dentro del sistema de abastecimiento de agua potable sin planta de tratamiento del centro poblado, se ha considerado en base a la referencia que se tiene del sistema.

### **3.5.2.3. Medición de cloro residual**

DIGESA mediante el D.S. N° 031-2010-SA, da el “reglamento de la calidad del agua para consumo humano”, indica que dentro de las obligaciones del proveedor esta controlar la calidad del agua que suministra para el consumo humano de acuerdo a lo normado en el reglamento.

También establece los límites máximos permisibles para los parámetros de control obligatorios para todos los servicios públicos de agua. Uno de los seis parámetros es el cloro libre residual, con rangos establecidos de 0,5 mg/l hasta 1 mg/l. Según la OMS, el rango apto para el consumo humano es hasta 5 mg/l, pero los niveles de cloro residual por encima de 1 mg/l se notan en el olor y el sabor y son rechazados por los usuarios o consumidores.



El cloro residual se obtiene por método colorimétrico utilizando DPD. El cloro libre reacciona inmediatamente con DPD para formar un complejo rosa. Su intensidad es proporcional a la cantidad de cloro libre en la muestra cuando se realiza según la selección del apartamento. Para muestreo y medición de cloro residual in situ con comparadores de disco de cloro residual. Para interpretar los resultados de la verificación de cloro residual utilizando el software Microsoft Excel 2019.

### **3.5.3. Planteamiento de un diseño mejorado del sistema de dosificación de cloro para un proceso tratamiento más eficiente del agua**

Con la información generada y la obtención de los resultados de laboratorio de aguas se ha realizado el diseño mejorado del sistema de dosificación de cloro para un proceso más eficiente de la cloración del agua, considerando los manuales que da la DIGESA del Ministerio de Salud y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, para el sistema de cloración de sistemas de agua potable.

#### **3.5.3.1. Sistemas de dosificadores de cloro por goteo**

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento mediante la R.M. N° 173-2016-VIVIENDA “Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural”, nos indica que la desinfección se debe realizar obligatoriamente antes de que sea distribuido o esté en la red de distribución, así como en el reservorio, independientemente del nivel de solución.



Hay una variedad de dispositivos de dosificación de cloro, pero la infusión de ácido hipocloroso se usa más comúnmente en sistemas de agua rurales con poblaciones que no superan los 2,000 habitantes.

#### **3.5.3.1.1. Diseño de un sistema alternativo de cloración eficiente**

Para el sistema de abastecimiento de agua potable en el centro de la ciudad de Huilasipe, se está siguiendo un sistema de cloración por goteo de carga constante de dos receptores en base a los estándares existentes y el caudal volumétrico detectado.

Los siguientes criterios se consideran en el diseño de la alternativa mejorada propuesta:

- Proporcione un suministro de agua de flujo constante conectado directamente al tanque superior para la preparación de licor madre.
- Proporcionar un tanque de inyección de volumen constante con una válvula de cierre automático en la entrada.
- Proporciona una válvula de precisión para salidas de goteo de solución de cloro. Coloque la entrada de la solución de cloro lo más cerca posible de la tubería de inspección del depósito para que el flujo de goteo se pueda controlar de acuerdo con el diseño hidráulico relativo.
- Ajuste la válvula de cierre automático en el contenedor para evitar una desinfección innecesaria cuando el usuario no está usando el sistema.
- Ajuste el flujo de agua desde la línea de suministro al tanque para lograr un nivel estático y evitar la pérdida de agua desinfectada del tanque.



- Evitar la susceptibilidad a la manipulación por personal externo y el deterioro de los materiales debido a la intemperie como el sol, la lluvia, el viento y el granizo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan de acuerdo a los objetivos planteados de la presente investigación:

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. Evaluación la calidad de agua en la captación y en la red de distribución

La evaluación de la calidad de agua se dio a partir del decreto supremo N° 004-2017-MINAM, con la categoría 1: Poblacional y Recreacional; Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Considerando el pH en un rango de 6,5 a 7,5 en función de la densidad del agua y no exceden los valores de 8,0 a 9,0; el pH no se reduce por debajo de 6,5 ni debe exceder 8,5. Los cambios en el pH normal no exceden. Dichas evaluaciones se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.** Análisis según la norma

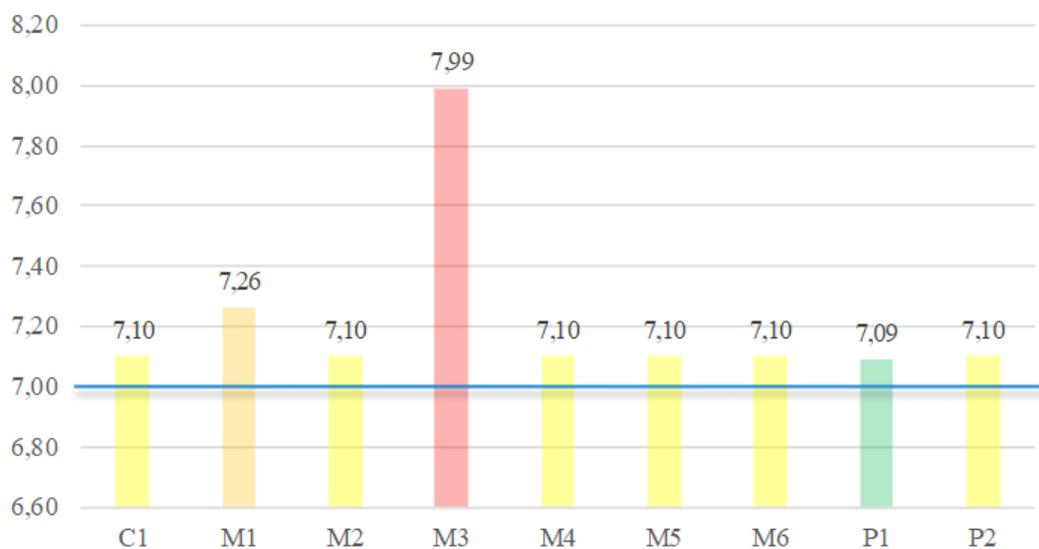
Muestra	pH	C.E	Cloro	DurT	Alca	Clor	Sulf	Nitr	Calc	Magn	SDT
C1	7,10	1,02		513,00	210,71	147,51	200,00	0,02	101,84	62,36	0,51
M1	7,26	1,06	1,40	497,80	188,53	139,00	172,00	0,00	112,48	52,27	0,53
M2	7,10	1,11	0,10								
M3	7,99	1,09	0,90								
M4	7,10	1,05	0,85								
M5	7,10	1,07	0,80								
M6	7,10	1,02	0,83								
P1	7,09	1,42		703,00	288,34	204,25	140,00	0,02	144,00	82,53	0,55
P2	7,10	1,02		969,00	465,78	249,64	216,00	0,03	220,40	100,87	0,54

Donde: C.E: C1: Captación; M: Muestra en una vivienda; P: Muestra en un pozo de agua; Conductividad Eléctrica; DurT: Dureza Total; Alca: Alcalinidad;

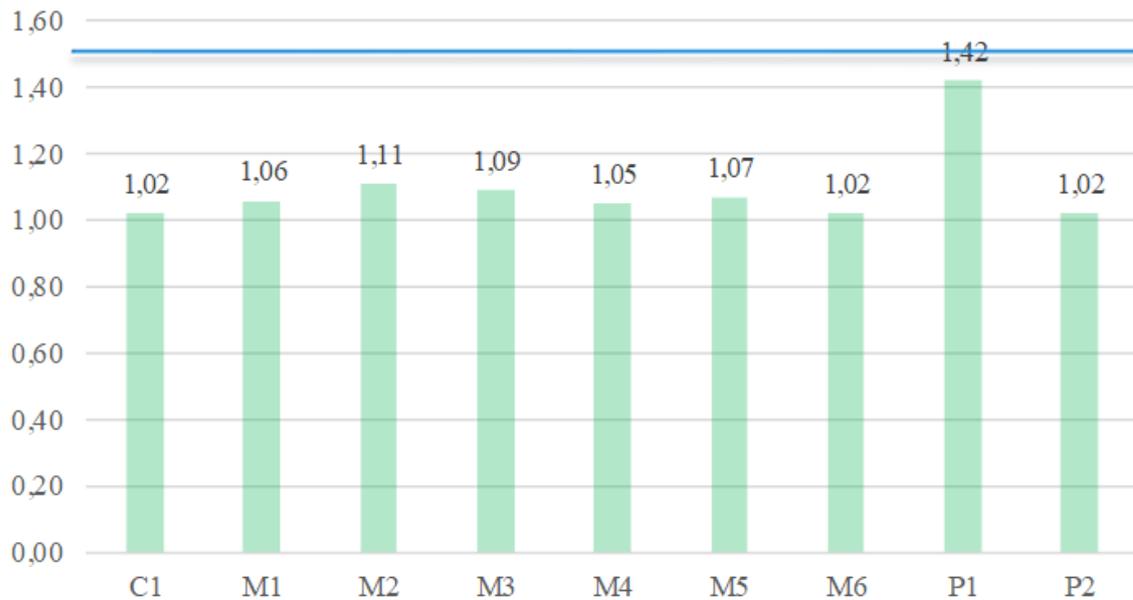
Clor: Cloruros; Sulf: Sulfatos; Nitr: Nitratos; Calc: Calcio; Magn: Magnesio y SDT: Sólidos Disueltos Totales.

Según la Tabla 4, los elementos analizados de los cuales se puede decir que está de acuerdo al decreto supremo N° 004-2017-MINAM, para consumo humano (agua potable); se presenta la M3, que de alguna manera sobre pasa el valor del pH, los valores de la conductividad eléctrica están dentro de los valores permitidos y el valor del cloro los valores permitidos son de 0,5 a 1 mg/L, de los cuales se puede decir que si están dentro de los valores permitidos a excepción de las M1 y M2 que tienen valores atípicos, son casos particulares, consideramos por el mal mantenimiento o el tipo de material, además se puede decir que se debe de monitorear a los largo del tiempo o un muestro anual para poder determinar dichos valores. La dureza total en el pozo sobre pasa los valores permitidos de 500.

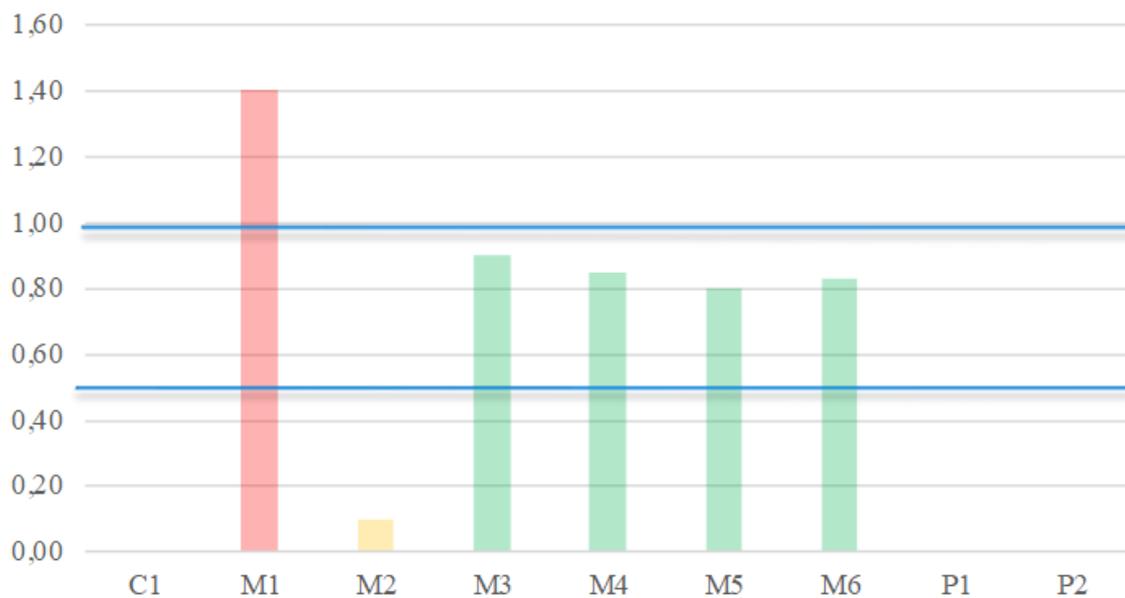
Los colores verdes significan que están dentro del parámetro, el color amarillo significa que los valores están por debajo de lo permitido y los colores naranja sobre pasan un poco el valor permitido y el color rojo exceden los valores permitidos.



**Figura 9.** Valores de pH



**Figura 10.** Valores de la conductividad electrica



**Figura 11.** Valores del cloro

En todas las muestras desde la captación, muestras en las viviendas, y los pozos de agua tienen aspecto de líquido; color incoloro; olor incoloro y sabor insípido.

La caracterización de las muestras de agua se tiene un análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de dos o más muestras según la clasificación realizada, para ver si las muestras son iguales son iguales.

Se ha trabajado con un tamaño de muestra de 9 muestras, con un  $R^2$  del 9%, considerando para temas ambientales es satisfactorio, el ajuste o llamado también que el análisis tiene buen ajuste.

**Tabla 5.** Análisis de la varianza (SC tipo I) del pH

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,064	2	0,032	0,301	0,7506
Muestra	0,064	2	0,032	0,301	0,7506
Error	0,634	6	0,106		
Total	0,698	8			

Según la Tabla 5, no hay una diferencia estadística entre las muestras analizadas, en todos los casos es superior al nivel de significancia del 0,05; por lo tanto, todas las muestras son iguales.

**Tabla 6.** Prueba de Tukey según la fuente de análisis

Muestra	Medias	n	E.E.
P	7,095	2	0,2299 A
C	7,100	1	0,3251 A
M	7,275	6	0,1327 A

Donde: P=pozo; C=Captación y M=muestras en las viviendas.

Según la Tabla 6, las muestras analizadas son iguales considerando el pozo, captación y las muestras en las viviendas, como se aprecia la clasificación está en un mismo grupo A; la prueba realizada es Tukey Alfa=0,05 con una diferencia menos significativa (DMS) =1,05134; error: 0,1057 y con 6 de grados de libertad.

En la Tabla 7, se muestra el análisis por la conductividad eléctrica (C.E) donde no hay una diferencia según el nivel de significancia 0,05. Para el caso de la conductividad eléctrica de las muestras recolectadas.

**Tabla 7.** Análisis de la varianza (SC tipo I) – C.E.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,042	2	0,02	1,473	0,3018
Muestra	0,042	2	0,02	1,473	0,3018
Error	0,085	6	0,01		
Total	0,127	8			

En la Tabla 8, se muestra el análisis del cloro donde no hay una diferencia según el nivel de significancia 0,05. Para el caso de los residuos sólidos orgánicos recolectados.

**Tabla 8.** Análisis de la varianza (SC tipo I) – cloro

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,000	0	0,000	0,000	>0,9999
Muestra	0,000	0	0,000	sd	Sd
Error	0,862	5	0,17		
Total	0,862	5			

En la Tabla 8, se evidencia que no hay diferencias estadísticas respecto a las muestras tomadas en las viviendas. Lo cual indica que en la captación y el pozo no poseen cloro, razón por la cual es sin dato.

#### **4.1.2. Evaluación técnica del actual sistema de dosificación actual de cloro en función a la calidad del agua**

##### **4.1.2.1. Contexto**

En esta parte se presentará la descripción del contexto de la JASS, se considerará los aspectos económicos, sociales, ambientales, proyectos de inversión u otros que estén relacionados con el territorio del JASS.

En el Tabla 9 se presenta a las autoridades de la OC, sin embargo, por la reciente elección de los nuevos miembros de la JASS, estas aun no cuentan con resolución de reconocimiento por parte de la autoridad municipal.

**Tabla 9.** Conformación del concejo directivo de la JASS

Cargo	Nombres y Apellidos	DNI
Presidente	Marcelino Lope Huallpa	01262181
Secretario	Acela Susana Quispe Churata	
Tesorera	Dina Huancco Condori	45510932
Vocal	Rogelio Lope Afaraya	01336354

Aspectos económicos; en el Tabla 10, se detalla las características identificadas de las entrevistas realizadas a los pobladores de la comunidad. Las familias asentadas en el centro poblado de Huilasipe, tienen una economía que gira en torno a la agricultura y ganadería; en su mayoría cuentan con terrenos rurales donde cultivan papa, habas, oca, quinua, alfalfa y avena; crían ganado ovino y vacuno. La producción es vendida en las ciudades de Acora e Ilave los días de feria. Los encuestados señalan que para su alimentación semanal realizan un gasto promedio de 70 soles, los que se utilizan en la compra de frutas, verduras, menestras y gaseosas; al mismo tiempo indican que en promedio realizan un gasto mensual de 20 soles en medicina en vista que en su mayoría utilizan remedios caseros como hiervas y brebajes, acuden a fármacos solo en caso de gravedad; utilizan 20 soles promedio semanales para transportarse hacia las ciudades de Ilave y Acora.

**Tabla 10.** Aspectos económicos de la localidad de Huilasipe

Tipo de servicio	Usuario	N° de Usuario	Formas de gasto	Gasto realizado (PEN/mes)
Alimentación	Familia	100%	semanal	S/ 70.00 promedio
Salud	Familia	100%	Mensual	S/ 20.00 promedio
Educación	Familia	100%	Mensual	S/ 200.00 promedio
Entretenimiento	Familia	100%	Anual	S/ 300.00 promedio
Transporte	Familia	100%	Semanal	S/ 20.00 promedio
Celular	Familia	100% familias	Semanal	S/ 5.00 promedio
Cable-Internet	Familia	00% familias	mensual	S/ 0.00 promedio
Energía eléctrica	Familias	100% familias	mensual	S/ 15.00 promedio
Agua Clorada	Familias	100% familias	mensual	S/ 5.00 promedio

La gestión de riesgos; en el Tabla 11, se muestra los aspectos más resaltantes de la preparación del prestador sobre gestión de riesgo de desastres GRD.

**Tabla 11.** Preparación en GRD de la JASS Huilasipe

Aspecto	Observación
Peligros y amenazas	Bajas temperaturas, lluvias intensas e inundaciones. Ø Las captaciones se encuentran expuesta a riesgos de inundación
Vulnerabilidad	Ø Sí cuentan con planos del sistema. Ø No cuentan con operador especializado. Ø No cuentan con herramientas suficientes.
Capacidad de respuesta	Limitada, no cuentan con equipos para distribuir agua, ni equipos de reparación.
Conocimiento sobre GRD	Desconocimiento de la GRD.

#### 4.1.2.2. Indicadores

En esta sección, se pretende presentar los principales indicadores que nos permiten conocer la calidad de la prestación del servicio de saneamiento, según las siguientes dimensiones:

##### a. Capacidad de gestión del prestador

De la caracterización realizada en campo, se tiene información detallada en la, esta información fue recabada por el gestor ambiental y gestor social de la oficina desconcentrada de SUNASS.

Cabe aclarar que, a la fecha de visita de caracterización, el centro poblado de Huilasipe, se encontró bajo la administración de una organización comunal como operador (JASS Huilasipe) el cual realiza la prestación de manera regular a deficiente.

**Tabla 12.** Capacidad de gestión del prestador

Dimensión	Indicador	Descripción	Observaciones
	Tipo de prestador y modalidad:	- Organización comunal – JASS Huilasipe - Prestación indirecta.	
	Servicios que brinda el prestador	- Agua Potable (Total de usuarios, 204). - Módulos de tratamiento de excretas (Total de usuarios 204)	UBS con biodigestores
	Número de Usuarios:	204 Totales 190 Activos 14 Inactivos.	
		<p><b>¿UGM/Prestador Municipal?</b></p> <p>- No</p> <p><b>¿Organización Comunal?</b></p> <p>- Si</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acta de Constitución de la Organización Comunal.</li> <li>- Acta de Asamblea General que aprueba el estatuto.</li> <li>- Libro padrón de asociados</li> <li>- Cuaderno de actas</li> <li>- Resolución de reconocimiento de la autoridad municipal (en actualización)</li> </ul> <p><b>¿Prestador Especializado?</b></p> <p>- No</p>	<p>La JASS requiere de mayor asistencia técnica para una adecuada utilización de los documentos de gestión y control documentario.</p> <p>Además, requiere de asistencia técnica para un adecuado uso de la cuota familiar</p>
Capacidad de gestión del prestador	Capacidad técnica:	- 00 Personal Total. - 00 Personal Especializado - 00 Personal capacitado (00% del personal capacitado). - Temas más frecuentes de capacitación (sin información).	
	Capacidad Financiera:	- Cuota Familiar: En la localidad de Huilasipe los usuarios del servicio pagan una cuota familiar ascendente a S/ 05.00 soles mensuales, el mismo que es utilizado para pagar el derecho de uso de agua a la ALA Ilave, costos de energía y operación y mantenimiento ocasionales. - JASS Huilasipe realiza el corte del servicio de agua en casos de morosidad. - No existe la Estructura tarifaria - La Morosidad: existe una morosidad en los pagos mensuales, sin embargo, la morosidad no pasa de 04 meses para regularizar los pagos - No existen exoneraciones. - Existe la Estructura de gastos. - Costos Adicionales o colaterales: No - Ingresos Vs Gastos: La JASS no tiene Ingresos ni gastos definidos ya que actúan de acuerdo a la necesidad, la operación y mantenimiento es asumido por la junta directiva de la JASS a través de asignación de trabajos - Rendición de cuentas: JASS realiza la rendición de cuentas en asamblea general - Fuentes de financiamiento externas: No reciben ningún financiamiento externo.	- La población redujo la cuota familiar de 07 a 05 soles porque consideran que era un costo alto
	Atención al Usuario:	- No cuenta con protocolo de reclamos. - Reclamo más recurrente, ninguno - No se tiene un mecanismo de atención de reclamos ya que el servicio es deficiente y los usuarios son conscientes de ello - No se emite recibo alguno, solo un registro en un cuaderno de las cuotas extraordinarias)	Los reclamos ocasionales obedecen a la continuidad del servicio

## b. Sistema de servicio de agua y saneamiento.

De la caracterización realizada en la visita al centro poblado de Huilasipe, se verificó que los pobladores de la comunidad utilizan los servicios como agua y tratamiento de excretas ya que les facilita una vida más digna según los entrevistados. En el cuadro 08, se detalla esta información.

**Tabla 13.** Sistema de servicio de saneamiento

Dimensión	Indicador	Descripción	Observaciones
Sistema de servicio de saneamiento	Sistema de abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de sistema de agua; bombeo sin tratamiento</li> <li>- Tipo de captación, manantial de ladera</li> <li>- No cuenta con planta de tratamiento de agua potable</li> <li>- Se realiza cloración para proceso de desinfección.</li> <li>- No cuenta con micro medición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizan una dosificación del cloro con el apoyo del responsable de ATM de la municipalidad de Acora</li> </ul>
	Calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cloro residual, 0.2</li> <li>- No cuenta con caracterización de la fuente.</li> <li>- Presencia de coliformes, carente de datos.</li> <li>- Turbidez, carente de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se pudo percibir un ligero hedor del agua en el reservorio y sedimentación de partículas en los recipientes de los usuarios (amarillento)</li> </ul>
	Cobertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuarios atendidos/población total, 204 usuarios con conexiones de agua</li> <li>- 204 usuarios con servicio de tratamiento de excretas</li> </ul>	
	Continuidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 02 Horas/día, durante todo el año</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debido a las restricciones del costo de energía para bombeo y la reducida capacidad del reservorio</li> </ul>
	Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No determinado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manifiestan que la baja de presión solo a los usuarios que se encuentran al final de las redes</li> </ul>
	Sistema de alcantarillado, tratamiento y/o disposición de excretas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuentan con un sistema de tratamiento de excretas a través de UBS con biodigestor</li> </ul>	
	Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condición de la infraestructura (Se encuentra parcialmente operativo, pendiente de algunas mejoras en el sistema de válvulas de control, aire y purga).</li> <li>- Antigüedad de la infraestructura de agua (01 años)</li> <li>- Periodicidad de Mantenimiento (Trimestral).</li> </ul>	

### c. Calidad del recurso hídrico (Fuente de agua)

La información presentada en el Tabla 14, es resultado de información cruzada de instituciones competentes y datos recabados en campo para corroborarlos.

**Tabla 14.** Características del recurso hídrico

Calidad del recurso hídrico	Fuente 1	Fuente 2	Observaciones
Nombre de la fuente	Estación de bombeo central		
Tipo de fuente	- Subterránea (pozo tubular)		
Licencia de uso de agua	- No cuenta		
Coordenadas de captación	Zona	WGS 84 – 19L	
	Este		430702
	Norte		8228736
Caudal referencial de la fuente (l/s)	- Caudal de bombeo 06 l/s		3.5 horas de bombeo
Caudal captado (l/s)	- De acuerdo al aforo realizado en la visita de caracterización: - $Q_1 = 06$ l/s		Capacidad de bombeo 3.5 horas
Calidad de la fuente	- No se cuenta con datos		
Otros usos de la fuente	- Ninguno		
Uso de agua para otra comunidad	- No abastece a otra comunidad		
Zona de recarga	- Zona de recarga intercuenca 173 - Acuífero, Acuífero poroso consolidado		De acuerdo al mapa hidrogeológico nacional de INGEMMET[1]
Infraestructura natural que aporte a la fuente de agua	- No se cuenta con iniciativas existentes sobre infraestructura natural		
Amenazas a la fuente	- Sobrepastoreo - Forestación con especies exóticas - Agricultura		
Servicio ecosistémico hídrico priorizado	- Calidad,		
Otras fuentes de agua cercana	- No se identificó otras posibles fuentes de agua		
Infraestructura convencional para almacenamiento de agua	No se cuenta con infraestructura para almacenamiento de agua en el ámbito de la cuenca de aporte para el centro poblado		

[1] Aplicativo GEOCATMIN, mapa de hidrogeología nacional - INGEMMET

#### d. Valoración del servicio de saneamiento (usuarios)

El análisis de la valoración de los servicios de saneamiento, fueron resultado de las entrevistas realizadas a los pobladores del centro poblado, las mismas que se muestran en el Tabla 15.

**Tabla 15.** Capacidad de gestión del prestador

Dimensión	Indicador	Descripción	Observaciones
<b>Valoración del servicio de saneamiento</b>	Satisfacción del usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivel de satisfacción con las horas de servicio con la que cuenta con agua: Poco Satisfecho</li> <li>- Nivel de satisfacción con la calidad de agua: Poco Satisfecho</li> <li>- Nivel de satisfacción con la presión de agua. Poco Satisfecho</li> <li>- Nivel de satisfacción con la atención del prestador: Satisfecho</li> <li>- Nivel de satisfacción con la tarifa que paga: Satisfecho</li> </ul>	- El abastecimiento diario de agua solo es de 2 horas promedio, la presión en el último hogar es baja, el agua presenta turbiedad y olor desagradable.
	Disposición a pagar[1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejor servicio: 0.00 soles mensual.</li> <li>- Más horas de servicio: S/ 0.00 soles mensual.</li> <li>- Conservación de las fuentes: S/ 0.00 céntimos mensual.</li> <li>- Fondo de emergencia: S/ 0.00 céntimos mensual.</li> </ul>	- La población en la última asamblea considero excesivo el pago de S/7.00 como cuota, por lo que se acordó su disminución. En ese sentido no están dispuestos a sumar ningún monto adicional a la cuota actual.
	Capacidad de pago	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividad económica: Agricultura y Ganadería.</li> <li>- Ingreso familiar Semanal: S/ 150 a S/ 350 soles promedio semanal.</li> <li>- Apoyo social. La población en su mayoría es beneficiaria de los programas sociales como Programa Juntos, Pensión 65 y FISE.</li> </ul>	Los ingresos rondan según estación y engorde de ganado. Estos son vendidos según necesidad, por lo que no cuentan con un ingreso fijo mensual.
	Uso y aprovechamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Principales usos que le da al agua:</li> <li>1. Preparación de comidas.</li> <li>2. Higiene Personal</li> <li>3. Lavado de ropa</li> <li>4. Limpieza de casa</li> </ul>	- El agua se utiliza principalmente en la preparación de alimentos, no reúsan el agua en los servicios higiénicos.

[1] Esta información hace referencia al adicional que ya se paga.

#### 4.1.2.3. Caracterización

En esta sección se analiza, las principales características del prestador según los siguientes puntos:

Según la entrevista al presidente de la JASS, indica que la junta directiva, se encarga la operación y mantenimiento del sistema de agua. Respecto a la operación cada integrante se hace el cargo por un tiempo de los trabajos de

operación y mantenimiento de manera alternada y este trabajo lo hacen sin remuneración alguna

La continuidad del servicio de agua potable es de 02 hora/día durante todo el año; respecto al nivel de valoración, los usuarios muestran disposición a pagar por una mejora del servicio de agua potable, más no por conservación de las fuentes.

De la entrevista realizada a los miembros del comité directivo de la JASS, se verifico que no cuentan con un manejo económico de su ingresos y egresos debido a carecen de asistencia técnica y capacitación en el uso reinversión para un adecuado servicio. En el Tabla 16, los costos en los que incurre la JASS para la prestación de los servicios de agua y saneamiento.

**Tabla 16.** Costos de O&M identificados

Concepto	Cantidad	Costo unitario S/	Frecuencia de uso
<b>Gastos operación</b>		<b>282</b>	
Gasfitería			
Energía eléctrica	1	250	mes
Cloro e insumos	2	32	mes
<b>Gastos de Mantenimiento</b>			
Insumos para limpieza			
Reposición de equipos			
Rehabilitaciones menores			
<b>Gastos en Administración</b>		<b>30</b>	
Utilería de escritorio			
Otros (cuota extraordinaria)		30	mes
<b>Total</b>		<b>312</b>	mes

En el Tabla 17, se detalla los ingresos estimados de la OC, sin embargo, al realizar el cobro de una cuota familiar, los usuarios priorizaron solo algunos costos como energía, descartando el pago de un operador o gasfitero para garantizar una adecuada prestación del servicio.

**Tabla 17. Ingresos identificados**

Ingresos	Costo unitario (S/)	Cantidad	Ingreso (S/ )	Frecuencia
Cuota familiar	204	5.00	1020	
Otros servicios prestados	0			
Nuevas conexiones	0	0	0	
Donaciones	0			
Otros: Cuotas extraordinarias				
Total			1020	mensual

**Costos de transacción identificados:**

Se hace referencia en los costos más frecuentes en los que incurre la JASS, para una adecuada prestación de los servicios de agua y saneamiento en la comunidad.

La percepción de los usuarios sobre el nivel de satisfacción del servicio, está dentro del nivel poco satisfecho.

Respecto a la identificación de prestadores y su relación con los vínculos; la JASS Huilasipe, no mantiene vínculos con la EP más cercana (EMSA PUNO). Sin embargo, si existe vínculos de factores socioculturales, la población comparte la cultura, el idioma, las costumbres y con la ciudad de Puno.

La identificación de los mecanismos y posibles oportunidades para configurar las AdP y el área potencial. Representa un reto a través de un proceso de sensibilización y diseño de mecanismos de subsidiariedad para el prestador (EP).

Un proceso de integración en el ámbito de la prestación de la EP es difícil de concretar en un mediano plazo. Sin embargo, existen oportunidades para iniciar proyectos pilotos para diseñar estrategias de trabajos de supervisión por parte de

la ATM, Organización comunal – SUNASS entre otros; en el Tabla 18 se describe algunas oportunidades identificadas durante la caracterización.

**Tabla 18.** Identificación de oportunidades

N°	Oportunidad	Mecanismo	Descripción
1	Supervisión rural	Estrategia de SUNASS - ATM	Diseñar un modelo de supervisión amigable con la OC
2	Empoderamiento de la JASS	Articular acciones conjuntas con MVCS, DRV, ATM, MINSA y SUNASS	Empoderamiento a través de asistencia técnica y capacitación sobre gestión de los servicios de saneamiento orientados al consumo de agua segura
3	Iniciar un proceso de sensibilización para integración	Sensibilizar bajo un enfoque de escala eficiente de los prestadores rurales – SUNASS - ATM	Iniciar procesos de orientación, capacitación sobre integración de prestadores rurales, bajo criterios de economías de escala y subaditividad de costos

**a. Identificación de las posibles amenazas para las propuestas de AdP**

Oposición de la población a un proceso de integración para la prestación de los servicios por parte de una EP, debido a que los entrevistados asumen que los costos por el servicio serían muy elevados y aluden no tener la posibilidad económica de costear una tarifa cobrada por una EP.

**b. Situación de la gobernanza / gobernabilidad del agua**

No se evidenció trabajos orientados a la gestión de recursos hídricos, ya que los entrevistados desconocen de la participación de instituciones en el ámbito local. Esto es un reflejo de que se tienen procesos muy insipientes de la GIRH a nivel de la cuenca del Titicaca.

**4.1.3. Planteamiento de un diseño mejorado del sistema de dosificación de cloro para un proceso tratamiento más eficiente del agua**

En el centro poblado de Huilasipe, cuenta con una población de más de 200 viviendas y una capacidad de tratamiento de más de 6 l/s, se recomiendan



equipos de hipocloración por goteo de carga constante de doble receptor como un sistema razonable de cloración. Consta de un tanque superior que contiene la “solución madre”, y un segundo tanque más pequeño que actúa como dispensador y tiene una salida de goteo para la solución de cloro. Se mantiene una carga constante dentro del dispensador a través de una válvula de flotador.

A continuación, se propone un diseño mejorado del sistema de cloración y la idoneidad del depósito para la purificación eficiente del agua.

Cálculo de la demanda de agua

Pob. Actual =	<b>200</b> habitantes		
Consumo de agua domés. =	50 L/h/d	<b>Sierra</b>	<b>1. Letrinas sin arrastre hidráulico</b>
Perd.Físicas =	20%		
K1 (C. Var. D)=	1,3		
Qmd =	?		Caudal máximo diario
Qmd =	0,19 L/s		

**Cálculo de cloro:**

$$P = V \times Cc / (10 \times \% \text{ de hipoclorito de calcio})$$

donde:

- V = volumen en litros
- Cc = Concentración en mg/L
- P = peso en gramos

**Cálculo para 1 día :**

Asumimos para Cc = C <sub>2</sub> =	1,2	mg/lit (en el reservorio)	
Hip. Calcio =	70	%	
V <sub>1d</sub> =	0,19 L/s x 86400 s		(T = 1 día = 86,400 seg)
V <sub>1d</sub> =	16416	L	
P <sub>1d</sub> =	28,14	gr	peso para 1 día

Para definir el periodo de recarga debemos de considerar los siguientes factores

Qmd  
frecuencia de recarga (7d - 14d - 21d)

Asumiendo el periodo de recarga T =

$$P_{14d} = 394,0 \text{ gr } \frac{14 \text{ días}}{\text{de hipocl. de calcio al } 70\% \text{ para } 14 \text{ días}}$$

Utilizando la fórmula en función del caudal y el tiempo de recarga

$$P_{14d}(\text{gr}) = 0,19 \times 14 \times 86400 \times 1,2 / (70 \times 10)$$



P14días = 394,0 gr (forma más directa)

#### **4.1.3.1. Propuesta de diseño mejorado**

Una alternativa mejorada propuesta se refleja en el diseño del sistema de cloración mejorado y el plan del diagrama de flujo del sistema de cloración mejorado, teniendo en cuenta todos los criterios que se describen a continuación.

Criterios considerados en la planificación: Suministro de agua de flujo constante conectado directamente al tanque de concentrado; tanque de dosificación de agua constante con válvula de cierre automático; válvula de precisión para suministro por goteo; entrada junto a la línea de inspección del embalse; válvula de cierre automático al entrar en el depósito y cabinas de protección, materiales adecuados y accesorios.

#### **4.1.3.2. Adecuación de tuberías de entrada a depósitos**

Se han desarrollado sugerencias para evitar la pérdida de agua desinfectada en los embalses. Regular el flujo de agua desde la línea de plomería hasta el depósito para alcanzar un nivel estático y evitar la pérdida de agua desinfectante del depósito.

Controla una presión de entrada específica desde la línea principal al depósito de modo que, al nivel máximo del depósito, el agua deja de fluir hacia el depósito y fluye a través de un cono de desbordamiento regulado. Tal y como se observa y detalla en el Plan de Referencia de Adecuación del Acceso al Embalse. Esta propuesta se conoce como un diseño de reservorio que trabaja a nivel estático.

## 4.2. DISCUSIONES

Los controles deben ser satisfactorios antes de la distribución de agua Gámiz (2020) Campoverde (2015). Ordóñez (2017), evaluo el la calidad de agua antes del tratamiento, considerando que no cumplan con la calidad de agua requerida, razon por la cual se tenia que realizar el tratamiento de agua (Cañón & Mora, 2016; Rosas, 2015). Según nuestra investigación cumplen casi en todo los parámetros físicos y químicos antes del tratamiento a excepción de un solo valor de pH. Respecto al cloro residual medido está dentro de los parámetros máximos permisibles según el decreto supremo N° 004-2017-MINAM, con la categoría 1: Poblacional y Recreacional; Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

La investigación realizado por Correa and Cantera (2021), realizó el estudio durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo de 2021, lo que resultó en concentraciones reducidas de parámetros de cloro residual; evidenciado resultados que varían las parámetros físicos químicos. Salazar (2019), determinó los índices de medición los parámetros de lectura de cloro residual en el agua, el pH y la turbiedad, como factores básicos que influyen en la calidad de agua para consumo humano (Ferro et al., 2019; Murillo, 2015; Quispe, 2018). El pH determinado en nuestra investigación cumple con la normativa evaluada.

La organización de la Juntas Administradoras de Servicio de Saneamiento (JASS), tiene por finalidad orientar las funciones de los directivos y socios de las JASS de las zonas rurales (Campoverde, 2015; Cañón & Mora, 2016; Correa & Cantera, 2021; Gámiz, 2020). Es oportuno reafirmar que el éxito de las organizaciones se sustenta en las convicciones que tenga cada uno de los socios para trabajar en unidad, equidad y deseos de dar lo mejor de sí para una mejor calidad de vida que beneficie a todas las familias:



madres, padres, hijas e hijos (Huillcas & Taipe, 2019; Pérez & Romero, 2017; Quispe, 2018).

Las experiencias de la JASS constituyen una herramienta útil para la gestión del sistema de agua potable, que recomiendan los autores (Rosas, 2015; Salazar, 2019), que debe de estar bajo la Ley Orgánica Municipal que establece los municipios distritales tienen la responsabilidad solidaria, directamente o por concesión, de administrar el abastecimiento de agua potable y saneamiento (Gonzales, 2017; Guanuchi & Ordóñez, 2017).

La JASS es elegida voluntariamente por asociaciones, comités o comunidades para administrar, operar y mantener los servicios sanitarios en uno o más centros de población en áreas rurales formadas como otras formas organizativas.

Los servicios de agua potable y saneamiento deben ser provistos en principio por las autoridades locales de la jurisdicción. Es importante recalcar que estas organizaciones comunitarias rurales son JASS. Las JASS requerirán necesariamente asistencia técnica de los municipios de su jurisdicción, y facilita la formación de organizaciones locales de prestación de servicios de saneamiento, brindando asistencia a los socios de la asociación.

Los gobiernos locales mantienen registros JASS dentro de su jurisdicción y están obligados a abrir registros del gobierno local para este propósito. La JASS está integrado por lo menos por la Asamblea General y la Junta Directiva (Campoverde, 2015; Cañón & Mora, 2016; Gonzales, 2017; Guanuchi & Ordóñez, 2017; Quispe, 2018; Rosas, 2015; Salazar, 2019). El registro contendrá al menos los siguientes elementos: “El acta de constitución de la organización; la aprobación del estatuto en asamblea general; el acta de elección de consejo directivo; la copia del DNI del presidente del consejo directivo, en



su defecto declaración jurada donde se consignen las generales de ley y otra información relevante”.

La JASS considera la protección de los ecosistemas que proveen los recursos hídricos y promueve la participación sistemática en el presupuesto para esa comunidad o grupo de comunidades que lo necesitan para saneamiento e invertir en la comunidad. Otros mecanismos de restauración de servicios ecosistémicos. La JASS es financiada por miembros de la comunidad/socios (Campoverde, 2015; Cañón & Mora, 2016; Gonzales, 2017; Guanuchi & Ordóñez, 2017; Salazar, 2019).

Para el centro poblado de Huilasipe por tener una población mayor a 200 familias y un caudal de aforo mayor a 6 l/s, se recomienda el Hipoclorador de Goteo de carga constante de doble recipiente, como sistema de cloración adecuado. Así lo reafirman los demás autores que han realizado estudios similares Gámiz (2020); Guanuchi and Ordóñez (2017). Campoverde (2015), propone un dispositivo de disco comparador de cloro, para el sistema de agua potable. La investigación realizada por Figueroa (2019), se ha instalado un sistema de cloración deficiente como es el hipoclorador; considerando nuestra investigación se ha propuesto un hipoclorador por goteo.

La investigación desarrollado por Huillcas and Taipe (2019), realizó el uso de un equipo fotómetro y el número de casos de EDAs. A menor concentración de cloro libre residual, mayor número de casos de EDA. En niños menores de 5 años, la cloración del agua afecta los casos de EDA en grupos de edad vulnerables en el área de estudio. Pérez and Romero (2017), encontró los parámetros evaluados dentro del límite máximo permisible (LMP) no se superó en todos los casos de suministro de agua potable en la ciudad de Moyobamba, lo que indica una baja toxicidad y bajo impacto en la salud de las



personas que viven en la ciudad de Moyobamba; donde se puede decir que coincide con nuestra investigación.



## V. CONCLUSIONES

Se concluye con la aceptación de la hipótesis planteada del trabajo de investigación, de acuerdo al decreto supremo N° 004-2017-MINAM, con la categoría 1: Poblacional y Recreacional; Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, establecidos para los parámetros de control de calidad obligatorios por parte del Ministerio de Salud; bajo el D.S. N° 031-2010-SA “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”. Donde se puede decir que el agua dotada es apta para consumo humano, considerando el pH y los valores del cloro están dentro de los parámetros permitidos.

Durante la evaluación técnica de la planta de cloración actual, se encontró que la calidad del agua suministrada por esta planta en el punto de consumo supera los límites máximos permisibles (0,5 a 1 mg/L) fijados por el Ministerio de Salud y por lo tanto solo se cumple en algunos puntos monitoreados solo que no cumplieron en dos viviendas monitoreadas. Determinación de valores insuficientes para parámetros de control de calidad como cloro libre residual en puntos de toma. Está por debajo del mínimo requerido de 0,5 mg/l. Evidencia de consumos deficientes de agua potable que afectan el estado de salud de las personas, especialmente de los menores de edad, el segmento más vulnerable de la población.

Se propuso un diseño mejorado del sistema de cloración por goteo de carga constante y se propusieron técnicas adecuadas para permitir el cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento de Abastecimiento de Agua Potable y asegurar su sostenibilidad y funcionamiento; el cual se usará de 1.679,60 gramos cada 14 días de recarga para el sistema de abastecimiento de agua potable. De manera económica, eficiente, socialmente justa y ambientalmente sustentable para asegurar el fin último de



la ejecución de proyectos de abastecimiento de agua potable y saneamiento, que es mejorar la calidad de vida de los beneficiarios, nos hemos esforzado en asegurar la prestación de un servicio de excelencia. De esta manera, se convierte en parte de la base de desarrollo.



## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda elaborar el Plan Anual de Operaciones para que puedan determinar la cuota familiar según lo requerido para la adecuada prestación del servicio de agua potable.

Se recomienda que las recaudaciones por cuota familiar sean adecuadamente utilizadas para garantizar la Operación y Mantenimiento, priorizando la operatividad a través de un responsable operacional (gasfitero)

Se recomienda, realizar mejoras en la operación y mantenimiento del sistema de agua potable (limpieza de captación y realizar prácticas de desinfección del agua en coordinación con el establecimiento de salud).

Articular mayores esfuerzos de los sectores de Vivienda, Salud, MINDIS y el gobierno local, para el fortalecimiento de capacidades operativas y administrativas de las JASS, así como fortalecer estrategias articuladas orientadas al consumo de agua segura



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akeju, T. J., Oladehinde, G. J., & Abubakar, K. (2018). An analysis of willingness to pay (WTP) for improved water supply in Owo local government, Ondo State, Nigeria. *Asian Research Journal of Arts & Social Sciences*, 1 - 15 p. <https://doi.org/10.9734/ARJASS/2018/39282>
- Arboleda, J., & Pertuz, R. (2013). *Teoría y práctica de la purificación del agua* (3 ed. ed.). McGraw-Hill.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta.* Episteme.
- Azqueta, D., Alviar, M., Domínguez, L., & O’Ryan, R. (2007). *Introducción a la economía ambiental. 2. a Edición.* McGraw Hill. [https://www.academia.edu/38621803/Introducci%C3%B3n\\_a\\_la\\_econom%C3%ADa\\_ambiental](https://www.academia.edu/38621803/Introducci%C3%B3n_a_la_econom%C3%ADa_ambiental)
- Barrios, C., Torres, R., Lampoglia, T. C., & Agüero, R. (2009). *Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades.* Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPIS - OPS / OMS.
- Bartkowski, B., Lienhoop, N., & Hansjürgens, B. (2015). Capturing the complexity of biodiversity: A critical review of economic valuation studies of biological diversity. *Ecological economics*, 113, 1 - 14 p.
- Basili, M., Di Matteo, M., & Ferrini, S. (2006). Analysing demand for environmental quality: A willingness to pay/accept study in the province of Siena (Italy). *Waste management*, 26(3), 209 - 219 p. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.12.027>
- Beauchamp, N., Delpla, I., Dorea, C., Bouchard, C., Thomas, M.-F., Thomas, O., & Rodriguez, M. (2022). Chapter 10 - Drinking water quality assessment and management. In O. Thomas & C. Burgess (Eds.), *UV-Visible Spectrophotometry*



- of Waters and Soils (Third Edition)* (pp. 321 - 345 p.). Elsevier.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90994-5.00015-0>
- Beltrán, D. F., Palomino, R. P., Moreno, E. G., Peralta, C. G., & Montesinos, D. B. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista peruana de biología*, 22(3), 335 - 340 p.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v22i3.11440>
- Blanco, E., Velarde, S., & Fernández, J. (1994). *Sistemas de Bombeo*. Universidad de Oviedo.
- Brar, K. K., Raza, H., Magdouli, S., & Brar, S. K. (2022). Chapter 14 - Role and importance of filtration system in modular drinking water treatment system. In S. Kaur Brar, P. Kumar, & A. Cuprys (Eds.), *Modular Treatment Approach for Drinking Water and Wastewater* (pp. 239 - 265 p.). Elsevier.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85421-4.00013-9>
- Campoverde, J. A. (2015). *Análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de agua no potable, mediante la determinación de cloro libre residual en aguas tratadas de las parroquias rurales del Cantón Cuenca* Universidad Estatal de Cuenca; Maestría en Toxicología Industrial y Ambiental]. Cuenca, EC.  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21794>
- Cañón, D. S., & Mora, M. A. (2016). *Propuesta de un sistema de abastecimiento de agua potable para el sector C de la vereda basconta en el municipio de Icononzo-Tolima* Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería]. Bogotá, CO. <http://hdl.handle.net/11349/5375>
- Castro, R., Pérez, R., & OPS. (2009). *Saneamiento rural y salud: Guía para acciones a nivel local*. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud. Oficina Regional para las Américas.
- Chaerul, M., Tanaka, M., & V Shekdar, A. (2007). Municipal solid waste management in Indonesia: status and the strategic actions. *岡山大学環境理工学部研究報告*, 12(1), 41 - 49 p. <https://doi.org/http://doi.org/10.18926/fest/11432>



- Chatterjee, P., Ali, U., & Kumar, P. (2022). Chapter 15 - Role of membrane filtration in modular drinking water treatment system. In S. Kaur Brar, P. Kumar, & A. Cuprys (Eds.), *Modular Treatment Approach for Drinking Water and Wastewater* (pp. 267-279). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85421-4.00004-8>
- Cheela, V. R. S., Ali, U., Kumar, P., & Dubey, B. K. (2022). Chapter 19 - Life cycle assessment drinking water supply and treatment systems. In S. Kaur Brar, P. Kumar, & A. Cuprys (Eds.), *Modular Treatment Approach for Drinking Water and Wastewater* (pp. 335-349). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85421-4.00001-2>
- Correa, A. J., & Cantera, M. I. (2021). *Cloro residual en el agua residual tratada de la industria láctea en Baños del Inca, Cajamarca, 2021* Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo; Facultad de Ingeniería; Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y de Prevención de Riesgos]. Cajamarca, PE. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/2187>
- Evsukoff, A. (2020). *Inteligência computacional: Fundamentos e aplicações*. E-papers. [http://www.e-papers.com.br/produtos.asp?codigo\\_produto=3168](http://www.e-papers.com.br/produtos.asp?codigo_produto=3168)
- Ferro, F. P., Ferró, P. F., & Ferró, A. L. (2019). Distribución temporal de las enfermedades diarreicas agudas, su relación con la temperatura y cloro residual del agua potable en la ciudad de Puno, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21, 69 - 80 p. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.446>
- Figueroa, S. A. (2019). *Propuesta de una adecuada instalación de tecnologías de cloración para sistemas de agua potable por gravedad y bombeo en el distrito de Salas, provincia y departamento de Lambayeque* Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola]. Lambayeque, PE. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4512>
- Gallardo, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación: Manual autoformativo interactivo*. Universidad Continental.
- Gámiz, J. F. (2020). *Contribución al modelado e implementación de un control avanzado para un proceso de cloración de una estación de tratamiento de agua potable*



- Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial]. Barcelona, ES. <http://hdl.handle.net/2117/347907>
- Gómez, S. (2012). *Metodología de la investigación*. Red Tercer Milenio S.C.
- Gonzales, E. (2017). *Control de calidad de agua potable en la Empresa Prestadora de Servicio de agua potable E.P.S NOR Puno S.A.* Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5554>
- Guanuchi, C. M., & Ordóñez, J. A. (2017). *Evaluación del cloro residual en la red de distribución de agua potable del Cantón Azogues a través de un modelo experimental* Universidad de Cuenca; Facultad de Ciencias Químicas; Escuela de Ingeniería Ambiental]. Cuenca, EC. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28012>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. J. (2014). Desarrollo de la perspectiva teórica: revisión de la literatura y construcción del marco teórico. In *Metodología de la Investigación* (pp. 58 - 87 p.). McGraw-Hill. [http://metabase.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2772/506\\_3.pdf?sequence=1](http://metabase.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2772/506_3.pdf?sequence=1)
- Huillcas, C. R., & Taipe, L. (2019). *Cloro residual libre en agua potable y los casos de enfermedades diarreicas agudas (edas) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli* Universidad Nacional de Huancavelica; Facultad de Ciencias de Ingeniería; Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria]. Huancavelica, PE. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2987>
- INEI. (2023). *Portal del INEI: Población y vivienda*. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Retrieved 30 de enero from <https://www.inei.gob.pe/>
- Jain, S. K., & Singh, V. P. (2019). *Engineering Hydrology: An Introduction to Processes, Analysis, and Modeling*. McGraw - Hill Education.
- Karamouz, M., Ahmadi, A., & Akhbari, M. (2020). *Groundwater hydrology: Engineering, planning, and management*. CRC press and Taylor & Francis Group.



- Katam, K., & Bhattacharyya, D. (2022). Chapter 13 - Occurrence, fate, and persistence of per- and poly-fluoroalkyl substances (PFASs) in drinking water treatment systems. In S. Pilli, P. Bhunia, V. Tyagi, R. Tyagi, J. Wong, & A. Pandey (Eds.), *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 247-283). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99906-9.00014-0>
- Khurana, P., Pulicharla, R., & Brar, S. K. (2022). Chapter 16 - Modular drinking water systems: chemical treatment perspective. In S. Kaur Brar, P. Kumar, & A. Cuprys (Eds.), *Modular Treatment Approach for Drinking Water and Wastewater* (pp. 281-302). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85421-4.00012-7>
- Kulkarni, K., Raja, W., & Kumar, P. (2022). Chapter 13 - Introduction to modular drinking water treatment system. In S. Kaur Brar, P. Kumar, & A. Cuprys (Eds.), *Modular Treatment Approach for Drinking Water and Wastewater* (pp. 225 - 237 p.). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85421-4.00017-6>
- Kumar, P., Cuprys, A., & Brar, S. K. (2022). Chapter 18 - Application of solar energy in modular drinking water treatment. In S. Kaur Brar, P. Kumar, & A. Cuprys (Eds.), *Modular Treatment Approach for Drinking Water and Wastewater* (pp. 319-334). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85421-4.00014-0>
- Kurian, M., & McCarney, P. (2010). *Peri-urban water and sanitation services: Policy, planning and method*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9425-4>
- Lewis, M. (2023). Chapter 29 - Air–water systems and humidity charts. In M. Lewis (Ed.), *Food Process Engineering Principles and Data* (pp. 267-275). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821182-3.00050-9>
- Mackenzie, L. D. (2019). *Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice, Second Edition*. McGraw - Hill Education.
- Mamani, J. A. (2022). *Determinación del valor económico del agua para una mejora en el abastecimiento de agua potable de uso doméstico en la ciudad de Puno* Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Escuela de Posgrado, Doctorado en



- Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente]. Puno, PE.  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/18693>
- Metcalf, E., AECOM, Asano, T., Burton, F. L., Leverenz, H. L., Tsuchihashi, R., & Tchobanoglous, G. (2007). *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications* (First edition. ed.). McGraw-Hill Education.  
<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071459273>
- Mias, C. D. (2018). *Metodología de investigación, estadística aplicada e instrumentos neuropsicología: guía práctica para investigación*. Editorial Brujas.
- Miri, S., Ghanei, J., & Brar, S. K. (2022). Chapter 2 - Characteristic of wastewater and drinking water treatment. In S. Kaur Brar, P. Kumar, & A. Cuprys (Eds.), *Modular Treatment Approach for Drinking Water and Wastewater* (pp. 13-32). Elsevier.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85421-4.00007-3>
- Murillo, Y. B. (2015). *Control estadístico de la calidad del agua respecto al cloro residual y turbidez en la planta de tratamiento Seda Juliaca de 2015* Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Estadística e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería Estadística e Informatica]. Puno, PE.  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2378>
- OPS, & CEPIS. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS).
- Oseña, D., Huamán, E., Ramos, E., Shimbucat, F., Zevallos, K., & Barrera, M. (2015). *Teoría y Práctica de la Investigación Científica* (Vol. 1). Soluciones Gráficas SAC.
- Pérez, J., & Romero, M. (2017). *Determinación de la concentración de Cloro Residual y Trihalometanos (Thm's) y su impacto en la salud según sectores de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Moyobamba - 2015* Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto; Facultad de Ecología; Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria]. Moyobamba, PE. <http://hdl.handle.net/11458/2565>



- Quispe, M. F. (2018). *Evaluación y planteamiento de diseño del sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable del Centro Poblado de Cayacaya - Putina* Universidad Nacional del Altiplano; Facultad de Ingeniería Agrícola; Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7879>
- Rosas, S. L. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial para la parroquia Matus, cantón Penipe, provincia de Chimborazo* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Facultad de Recursos Naturales; Escuela de Ingeniería en Ecoturismo]. Riobamba, EC. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4238>
- Salazar, R. A. (2019). *Eficiencia de los sistemas de cloración convencional y goteo adaptado en el tratamiento de agua potable* Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil]. Cajamarca, PE. <https://hdl.handle.net/11537/14786>
- Shu, X., Kumar, P., & Brar, S. K. (2022). Chapter 17 - Modular drinking water treatment system using ozonation and UV. In S. Kaur Brar, P. Kumar, & A. Cuprys (Eds.), *Modular Treatment Approach for Drinking Water and Wastewater* (pp. 303 - 317 ). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85421-4.00006-1>
- Singh, V. P. (2018). *Entropy theory in hydrologic science and engineering* (H. Cui, B. Sivakumar, & V. P. Singh, Eds.). McGraw - Hill Professional.
- UNESCO. (2009). *Water in a changing world: the United Nations world water development report 3*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), World Water Assessment Programme UN-Water. <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=96&menu=1515>
- UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), World Water Assessment Programme UN-Water. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>



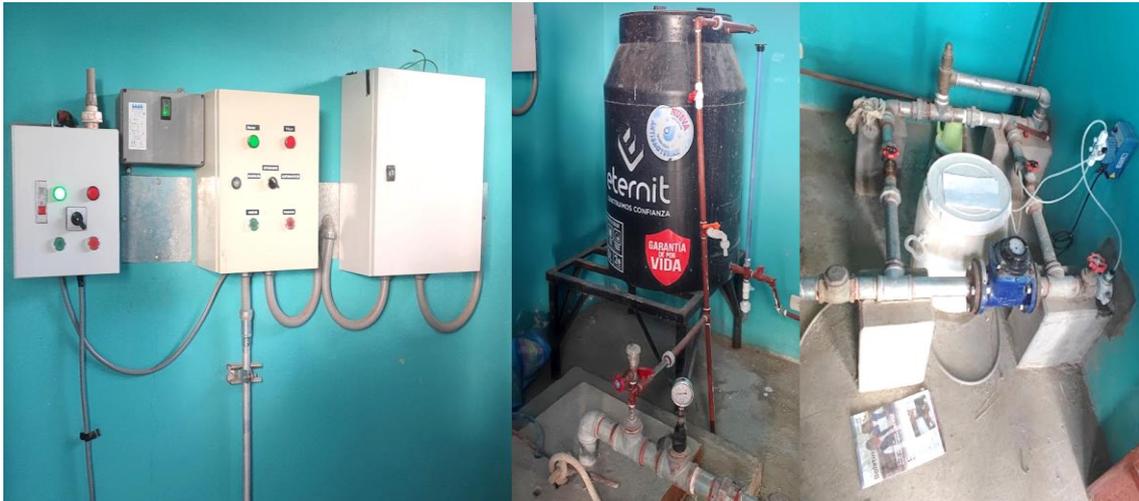
UNESCO. (2021). *The United Nations world water development report 2021: valuing water*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2021/>

Zheng, Z., Liu, R., Li, S., & Yang, H. (2020). Control of Ground Uplift Based on Flow-Field Regularity during Grouting in Fracture with Flowing Groundwater. *American Society of Civil Engineers (ASCE), International Journal of Geomechanics*, 20(3), 04020014.



## ANEXOS

## ANEXO 1. Panel fotográfico



**Figura 12.** Vista de la captación o caseta de bombeo



**Figura 13.** Vista de la toma de muestra en la captación



**Figura 14.** Vista de la toma de muestra en una vivienda



**Figura 15.** Vista de la toma de muestra



**Figura 16.** Vista de la toma de muestra en un pozo



**Figura 17.** Vista de la toma de muestra en un pozo tubular



**Figura 18.** Vista del análisis en el laboratorio

## **Anexo 2.** Resultados del laboratorio



LABORATORIO AMBIENTAL DE  
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

**ANÁLISIS**  
Físico - Químico - Microbiológico  
Agua, suelo, alimentos  
Medio ambiente  
Mecánica de suelos y otros.



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

**ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA CAP 01. ANTES ESTE 430687.123 NORTE 8228737.245**

PROCEDENCIA : COMUNIDAD HUILASIPE -DISTRITO ACORA -PROVINCIA PUNO DEPARTAMENTO PUNO.  
INTERESADO : MERY LUZ CHAMBILLA ESCOBAR  
PROYECTO : EVALUACION DE LA DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
MOTIVO : Análisis Físico-químico (para consumo humano).  
MUESTREO : 15/11/2022 (por el interesado)  
ANÁLISIS : 16/11/2022  
MUESTRA : CAPTACION 01 ANTES

**CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Líquido  
Color : Incoloro  
Olor : Inodoro  
Sabor : Insípido

**MUESTRA 01:**

**CARACTERISTICAS FISICOS:**

pH		7.10
C.E	mS/cm	1.02

**CARACTERISTICAS QUIMICOS:**

Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	513.00
Alcalinidad ( como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	210.71
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> )	mg/l	147.51
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	200.00
Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0.02
Calcio (como Ca <sup>++</sup> )	mg/l	101.84
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> )	mg/l	62.36
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.51
Cloro	mg/l	0.00

**INTERPRETACION:**

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

*Dr. Juan Carlos Luna Quecua*  
GRUPO NATIVO EXTERIORES S.A.C  
DIRECTOR GENERAL



LABORATORIO AMBIENTAL DE  
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS  
Físico - Químico - Microbiológico  
Agua, suelo, alimentos  
Medio ambiente  
Mecánica de suelos y otros.



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA CASA 01 ESTE 430744.442 NORTE 8228795.281

PROCEDENCIA : COMUNIDAD HUILASIPE -DISTRITO ACORA- PROVINCIA PUNO -DEPARATAMENTO PUNO  
INTERESADO : MERY LUZ CHAMBILLA ESCOBAR  
PROYECTO : EVALUACION DE LA DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
MOTIVO : Análisis Físico-químico (para consumo humano).  
MUESTREO : 15/11/2022 (por el interesado)  
ANALISIS : 16/11/2022  
MUESTRA : CASA 01

**CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Líquido  
Color : Incoloro  
Olor : Inodoro  
Sabor : Insípido

**MUESTRA 01:**

**CARACTERISTICAS FISICOS:**

pH		7.26
C.E	mS/cm	1.06

**CARACTERISTICAS QUIMICOS:**

Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	497.80
Alcalinidad ( como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	188.53
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> )	mg/l	139.00
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/l	172.00
Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0.00
Calcio (como Ca <sup>++</sup> )	mg/l	112.48
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> )	mg/l	52.27
Solidos Disueltos Totales	g/l	0.53
Cloro	mg/l	1.40

**INTERPRETACION:**

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

*Dr. Juan Carlos Luna Quecaño*  
GRUPO NATIVO EXTERIORES S.A.C  
DIRECTOR GENERAL



LABORATORIO AMBIENTAL DE  
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS  
Físico - Químico - Microbiológico  
Agua, suelo, alimentos  
Medio ambiente  
Mecánica de suelos y otros.



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

**ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA CASA 02 ESTE 431151.888 NORTE 8228427.624**

PROCEDENCIA : COMUNIDAD HUILASIPE -DISTRITO ACORA- PROVINCIA PUNO -DEPARTAMENTO PUNO  
INTERESADO : MERY LUZ CHAMBILLA ESCOBAR  
PROYECTO : EVALUACION DE LA DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
MOTIVO : Análisis Físico-químico (para consumo humano).  
MUESTREO : 15/11/2022 (por el interesado)  
ANALISIS : 16/11/2022  
MUESTRA : CASA 02

**CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Líquido  
Color : Incoloro  
Olor : Inodoro  
Sabor : Insípido

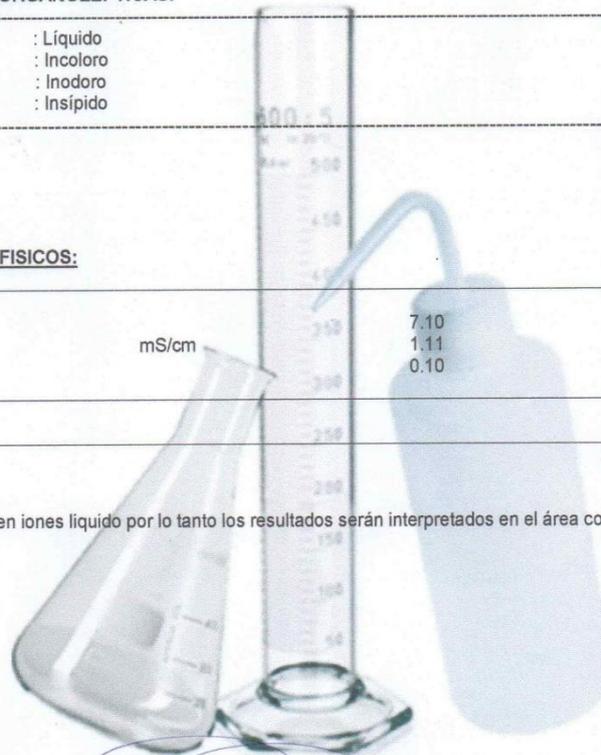
**MUESTRA 01:**

**CARACTERISTICAS FISICOS:**

pH		7.10
C.E	mS/cm	1.11
CLORO		0.10

**INTERPRETACION:**

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.



*Dr. Juan Carlos Luna Quecaño*  
GRUPO NATIVO EXTERIORES S.A.C.  
DIRECTOR GENERAL



LABORATORIO AMBIENTAL DE  
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS  
Físico - Químico - Microbiológico  
Agua, suelo, alimentos  
Medio ambiente  
Mecánica de suelos y otros.



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA CASA 03 ESTE 431349.924 NORTE 8229182.453

PROCEDENCIA : COMUNIDAD HUILASIPE- DISTRITO ACORA -PROVINCIA PUNO -DEPARTAMENTO PUNO  
INTERESADO : MERY LUZ CHAMBILLA ESCOBAR  
PROYECTO : EVALUACION DE LA DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
MOTIVO : Análisis Físico-químico (para consumo humano).  
MUESTREO : 15/11/2022 (por el interesado)  
ANÁLISIS : 16/11/2022  
MUESTRA : CASA 03

**CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Líquido  
Color : Incoloro  
Olor : Inodoro  
Sabor : Insípido

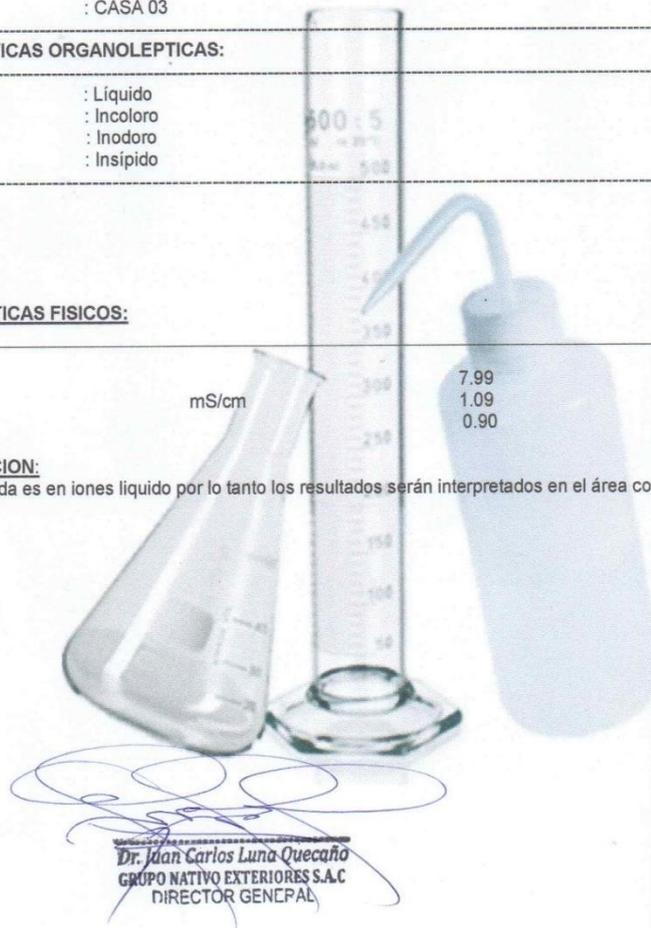
**MUESTRA 01:**

**CARACTERISTICAS FISICOS:**

pH		7.99
C.E	mS/cm	1.09
CLORO		0.90

**INTERPRETACION:**

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.





LABORATORIO AMBIENTAL DE  
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS  
Físico - Químico - Microbiológico  
Agua, suelo, alimentos  
Medio ambiente  
Mecánica de suelos y otros.



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA CASA 04 ESTE 431829.575 NORTE 8229421.996

PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
INTERESADO : MERY LUZ CHAMBILLA ESCOBAR  
PROYECTO : EVALUACION DE LA DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
MOTIVO : Análisis Físico-químico (para consumo humano).  
MUESTREO : 15/11/2022 (por el interesado)  
ANALISIS : 16/11/2022  
MUESTRA : CASA 04

**CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Líquido  
Color : Incoloro  
Olor : Inodoro  
Sabor : Insípido

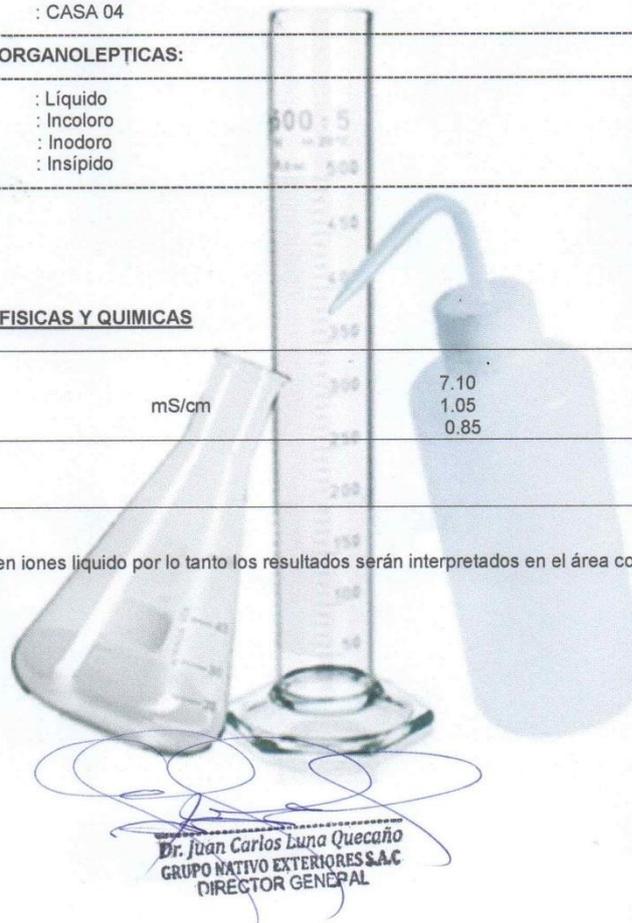
**MUESTRA 01:**

**CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS**

pH		7.10
C.E	mS/cm	1.05
CLORO		0.85

**INTERPRETACION:**

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.





LABORATORIO AMBIENTAL DE  
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS  
Físico - Químico - Microbiológico  
Agua, suelo, alimentos  
Medio ambiente  
Mecánica de suelos y otros.



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA CASA 5 ESTE 430635.603 NORTE 8229406.608

PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
INTERESADO : MERY LUZ CHAMBILLA ESCOBAR  
PROYECTO : EVALUACION DE LA DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
MOTIVO : Análisis Físico-químico (para consumo humano).  
MUESTREO : 15/11/2022 (por el interesado)  
ANALISIS : 16/11/2022  
MUESTRA : CASA 05

**CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Líquido  
Color : Incoloro  
Olor : Inodoro  
Sabor : Insípido

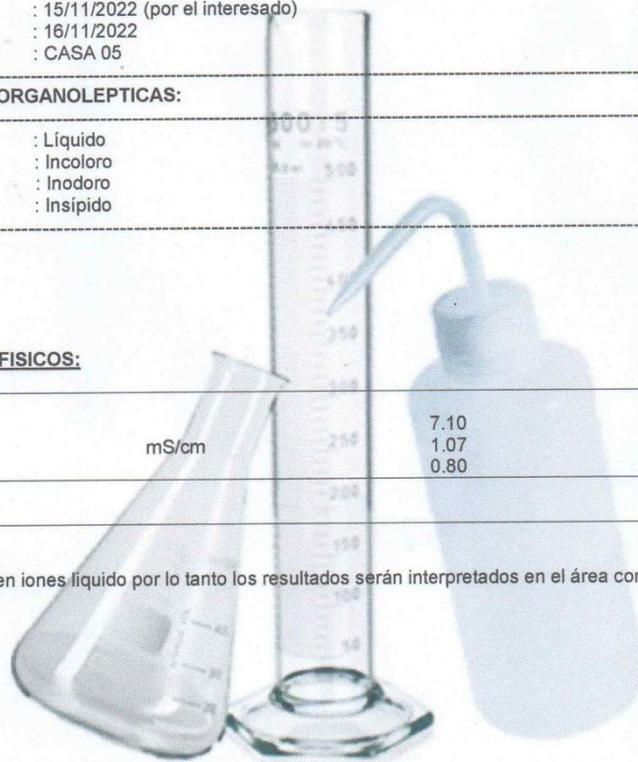
**MUESTRA 01:**

**CARACTERISTICAS FISICOS:**

pH		7.10
C.E	mS/cm	1.07
CLORO		0.80

**INTERPRETACION:**

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.



*Dr. Juan Carlos Luna Quecaño*  
GRUPO NATIVO EXTERIORES S.A.C  
DIRECTOR GENERAL



LABORATORIO AMBIENTAL DE  
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS

Físico - Químico - Microbiológico  
Agua, suelo, alimentos  
Medio ambiente  
Mecánica de suelos y otros.



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA POZO 01 ESTE 430090.446 NORTE 8229036.036

PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
INTERESADO : MERY LUZ CHAMBILLA ESCOBAR  
PROYECTO : EVALUACION DE LA DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
MOTIVO : Análisis Físico-químico (para consumo humano).  
MUESTREO : 15/11/2022 (por el interesado)  
ANALISIS : 16/11/2022  
MUESTRA : CASA 05

**CARACTERISTICAS FISICOS:**

pH		7.09
C.E	mS/cm	1.42

**CARACTERISTICAS QUIMICOS:**

Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	703.00
Alcalinidad ( como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	288.34
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> )	mg/l	204.25
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )	mg/l	140.00
Nitratos (como NO <sub>3</sub> )	mg/l	0.02
Calcio (como Ca <sup>++</sup> )	mg/l	144.00
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> )	mg/l	82.53
Solidos Disueltos Totales	g/l	0.55
Cloro	mg/l	0.00

**CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto	: Líquido
Color	: Incoloro
Olor	: Inodoro
Sabor	: Insípido

**INTERPRETACION:**

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

*Dr. Juan Carlos Luna Quecaña*  
GRUPO NATIVO EXTERIORES S.A.C  
DIRECTOR GENERAL



LABORATORIO AMBIENTAL DE  
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

**ANÁLISIS**  
Físico - Químico - Microbiológico  
Agua, suelo, alimentos  
Medio ambiente  
Mecánica de suelos y otros.



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

**ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA CASA 6 ESTE 430815.657 NORTE 8228331.007**

PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
INTERESADO : MERY LUZ CHAMBILLA ESCOBAR  
PROYECTO : EVALUACION DE LA DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
MOTIVO : Análisis Físico-químico (para consumo humano).  
MUESTREO : 15/11/2022 (por el interesado)  
ANALISIS : 16/11/2022  
MUESTRA : CASA 05

**CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Líquido  
Color : Incoloro  
Olor : Inodoro  
Sabor : Insípido

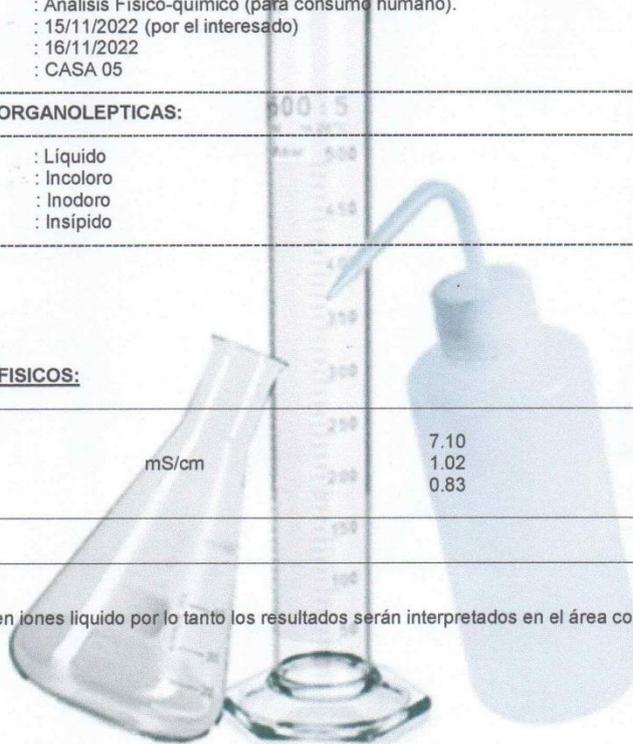
**MUESTRA 01:**

**CARACTERISTICAS FISICOS:**

pH		7.10
C.E	mS/cm	1.02
CLORO		0.83

**INTERPRETACION:**

El agua analizada es en jones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.



*Dr. Juan Carlos Luna Quecaño*  
GRUPO NATIVO EXTERIORES S.A.C  
DIRECTOR GENERAL



LABORATORIO AMBIENTAL DE  
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

**ANÁLISIS**  
Físico - Químico - Microbiológico  
Agua, suelo, alimentos  
Medio ambiente  
Mecánica de suelos y otros.



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA POZO 02 ESTE 430815.657 NORTE 8228331.007

PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
INTERESADO : MERY LUZ CHAMBILLA ESCOBAR  
PROYECTO : EVALUACION DE LA DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CENTRO POBLADO DE HUILASIPE- ACORA  
MOTIVO : Análisis Físico-químico (para consumo humano).  
MUESTREO : 15/11/2022 (por el interesado)  
ANALISIS : 16/11/2022  
MUESTRA : CASA 05

**CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Líquido  
Color : Incoloro  
Olor : Inodoro  
Sabor : Insípido

**MUESTRA 01:**

**CARACTERISTICAS FISICOS:**

pH		7.10
C.E	mS/cm	1.02
		0.83

**CARACTERISTICAS QUIMICOS:**

Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	969.00
Alcalinidad ( como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	465.78
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> )	mg/l	249.64
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/l	216.00
Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0.03
Calcio (como Ca <sup>++</sup> )	mg/l	220.40
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> )	mg/l	100.87
Solidos Disueltos Totales	g/l	0.54
Cloro	mg/l	0.00

**INTERPRETACION:**

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

*Dr. Juan Carlos Luna Quecaño*  
GRUPO NATIVO EXTERIORES S.A.C.  
DIRECTOR GENERAL