

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



**EVALUACION Y PLANTEAMIENTO DE DISEÑO DEL SISTEMA  
DE DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE  
AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE CAYACAYA -  
PUTINA  
TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**MIDWARD FAUSTINO QUISPE HUISA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**

**EVALUACION Y PLANTEAMIENTO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE  
DOSIFICACION DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE  
DEL CENTRO POBLADO DE CAYACAYA - PUTINA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. MIDWARD FAUSTINO QUISPE HUISA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRICOLA**



V.º B.º  
*[Handwritten signature]*

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

**PRESIDENTE:**

*[Handwritten signature of Eduardo Flores Condori]*

Dr. EDUARDO FLORES CONDORI

**PRIMER MIEMBRO:**

*[Handwritten signature of Audberto Millones Chafloque]*

M. Sc. AUDBERTO MILLONES CHAFLOQUE

**SEGUNDO MIEMBRO:**

*[Handwritten signature of Alcides Hector Calderon Montalico]*

M. Sc. ALCIDES HECTOR CALDERON MONTALICO

**DIRECTOR / ASESOR:**

*[Handwritten signature of German Belizario Quispe]*

D. Sc. GERMAN BELIZARIO QUISPE

**ÁREA : Recursos Hídricos**

**TEMA : Evaluación y Diseño de Sistema de Cloración**

FECHA DE SUSTENTACION 20 DE AGOSTO DEL 2018

## DEDICATORIA

A Dios por brindarme cada día de vida y por haberme permitido llegar a este tan anhelado momento de mi vida.

A mi querida madre Lola Huisa Yanarico, por el gran sacrificio y amor incondicional que me brinda, por ser una gran madre luchadora por la que me siento muy orgulloso y hare lo posible para darte muchas alegrías con mis logros.

A mi padre Faustino Quispe Calderon que desde el cielo me cuida y camina junto a mí, sé que del lugar en donde te encuentres te siente feliz por estos momentos, porque tu querías ver a tu hijo profesional.

A mi esposa Cyntia que siempre está a mi lado brindándome su amor y apoyo, y a mi querido hijo Ramsé que es la razón que me motiva a ser una mejor persona y seguir luchando en la vida.

A mis hermanas Noelia y Daniza por su apoyo incondicional y moral en los momentos difíciles y también en los felices durante mi formación como profesional.

A mis familiares que siempre me acompañan en las buenas y en las malas, gracias por su apoyo.

Gracias por confiar en mi

Midward.....

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le doy gracias a Dios por darme cada día de vida y guiarme por el camino correcto y acompañarme por donde vaya.

A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por haber contribuido en mi formación profesional durante mis años de estudio.

Al D.Sc. German Belizario Quispe, director y asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo incondicional, valiosa enseñanza y acertada dirección.

Mis cordiales agradecimientos a cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme brindado sus conocimientos y experiencias durante los cinco años de estudio.

Agradecimiento sincero a todas las personas, amigos y familiares que de manera directa e indirecta motivaron y contribuyeron en la ejecución y culminación de la presente tesis de investigación.

Que Dios nos bendiga y proteja.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>12</b>
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS .....</b>	<b>14</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>16</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
1.2.1 Problema General .....	18
1.2.2 Problemas Específicos.....	19
<b>1.3 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>19</b>
1.3.1 Hipótesis General .....	19
1.3.1 Hipótesis Especificas.....	19
<b>1.4 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>21</b>
1.5.1 Objetivo General .....	21
1.5.2 Objetivos Específicos .....	22

<b>CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>23</b>
2.1.1. A nivel internacional .....	23
2.1.2. A nivel nacional.....	27
2.1.3. A nivel local .....	28
<b>2.2. REFERENCIAS TEORICAS .....</b>	<b>31</b>
2.2.1. Agua de manantiales.....	31
2.2.2. Utilización del agua en el mundo .....	31
2.2.3. El agua dulce como recurso limitado .....	32
2.2.4. Agua de consumo humano .....	33
2.2.5. Agua y salud.....	34
2.2.6. Abastecimiento de agua.....	36
2.2.7. Tipos de sistema de abastecimiento de aguas.....	37
2.2.8. Calidad del agua .....	39
2.2.9. Calidad de agua de consumo humano .....	41
2.2.10. Importancia de la calidad de agua .....	41
2.2.11. Infecciones transmitidas por el agua .....	44
2.2.12. Persistencia y proliferación en el agua .....	46
2.2.13. Impacto de la calidad del agua en la salud .....	47
2.2.14. Normas que garantizan la calidad de agua .....	48
2.2.15. Autoridades competentes de la calidad del agua para consumo humano....	52

2.2.16. Tratamiento de agua cruda .....	53
2.2.17. Organización y funciones de la JASS .....	54
2.2.18. Clasificación de la calidad de agua para consumo humano .....	55
2.2.19. Desinfección del agua.....	56
2.2.20. Cloración del agua de consumo humano.....	57
2.2.21. Los subproductos de la cloración .....	57
2.2.22. Como mata el cloro a los agentes patógenos.....	58
2.2.23. Elementos de vigilancia y control de calidad de agua.....	59
2.2.24. Monitoreo de calidad de agua.....	60
2.2.25. Control de calidad de agua en el medio rural .....	61
2.2.26. Control de desinfectante .....	61
2.2.27. Medición del cloro residual en el agua.....	62
2.2.28. Evaluación de la calidad de agua.....	63
2.2.29. Método de cloración por goteo usando solución madre y regulador.....	64
2.2.30. Criterios de diseño y saneamiento de sistema de cloración .....	65
<b>2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS .....</b>	<b>67</b>
2.3.1. Agua cruda.....	67
2.3.2. Agua tratada.....	67
2.3.3. Agua potable.....	67
2.3.4. Calidad de agua .....	68
2.3.5. Cloración .....	68

2.3.6. Cloro .....	68
2.3.7. Cloro residual libre .....	69
2.3.8. Colorímetro.....	69
2.3.9. Demanda de cloro.....	69
2.3.10. Descloracion .....	69
2.3.11. Desinfección .....	70
2.3.12. Desinfectante .....	70
2.3.13. Dosificador .....	71
2.3.14. DPD .....	71
2.3.15. Hipoclorito de calcio .....	71
2.3.16. Límite máximo permisible .....	71
2.3.17. Monitoreo operativo .....	72
2.3.18. Organización comunal.....	72
2.3.19. Organización Mundial de la Salud .....	72
2.3.20. Tratamiento.....	73
<b>CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>74</b>
<b>3.1. DESCRIPCION DEL AMBITO DE ESTUDIO .....</b>	<b>74</b>
3.1.1. Ubicación Política .....	74
3.1.2. Ubicación Geográfica .....	74
3.1.3. Ubicación Hidrográfica .....	74
3.1.4. Límites.....	75

3.1.5. Vías de comunicación y accesibilidad.....	75
<b>3.2. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....</b>	<b>75</b>
3.2.1. Materiales de escritorio e insumos .....	75
3.2.2. Equipos de cómputo, georeferenciales, audiovisuales y de servicios .....	76
<b>3.3. POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO .....</b>	<b>76</b>
3.3.1. Población de estudio.....	76
3.3.2. Muestra de estudio.....	77
<b>3.4. METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>78</b>
3.4.1. Recopilación de información básica.....	78
3.4.2. Evaluación de los parámetros de cloro libre residual en la red de distribución .....	79
3.4.3. Diagnostico técnico, físico y operacional del sistema de cloración .....	82
3.4.4. Conceptualización y planteamiento de diseño del sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable .....	83
<b>CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>87</b>
<b>4.1. RESULTADOS.....</b>	<b>87</b>
<b>4.1.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DESINFECCIÓN .....</b>	<b>87</b>
4.1.1.1. Características básicas .....	87
4.1.1.2. Administración del sistema .....	88
4.1.1.3. Operación y mantenimiento .....	88
4.1.1.4. Capacitación .....	89
4.1.2. CALIDAD DEL AGUA.....	89

4.1.2.1. Monitoreo de vivienda próxima al reservorio .....	90
4.1.2.2. Monitoreo de vivienda intermedia.....	92
4.1.2.3. Monitoreo de vivienda más alejada .....	94
<b>4.1.3. DEFICIENCIAS EN EL SISTEMA .....</b>	<b>96</b>
4.1.3.1. En la infraestructura del reservorio .....	97
4.1.3.2. En el sistema de cloración .....	97
<b>4.1.4. PROPUESTA DE DISEÑO MEJORADO PARA EL SISTEMA DE CLORACION DE CARGA CONSTANTE POR GOTEO .....</b>	<b>98</b>
4.1.4.1. Propuesta de diseño mejorado .....	98
4.1.4.2. Adecuación de la tubería de ingreso al reservorio.....	99
<b>4.2. DISCUSION.....</b>	<b>100</b>
<b>CAPITULO V CONCLUSIONES .....</b>	<b>102</b>
<b>CAPITULO VI RECOMENDACIONES.....</b>	<b>104</b>
<b>CAPITULO VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>109</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1</i> : Tipos de sistemas de abastecimiento de agua.....	39
<i>Figura N° 2</i> : Identificación de partes de la cloración por goteo.....	65
<i>Figura N° 3</i> : Grafica de control de cloro residual – vivienda inicial.....	92
<i>Figura N° 4</i> : Grafica de control de cloro residual – vivienda intermedia .....	94
<i>Figura N° 5</i> : Grafica de control de cloro residual – vivienda más alejada.....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1 :</b> <i>Relación entre el volumen de agua y el número de habitantes, expresados en % a nivel de continentes .....</i>	32
<b>Tabla N° 2 :</b> <i>Agentes Patógenos transmitidos por el agua .....</i>	45
<b>Tabla N° 3 :</b> <i>Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos .....</i>	50
<b>Tabla N° 4 :</b> <i>Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica</i>	51
<b>Tabla N° 5 :</b> <i>Reducciones de la carga de bacterias, virus y protozoos logrados mediante la desinfección. ....</i>	54
<b>Tabla N° 6 :</b> <i>Clasificación de las aguas para consumo humano .....</i>	56
<b>Tabla N° 7 :</b> <i>Parámetros bacteriológicos, parasitológicos y físicos .....</i>	60
<b>Tabla N° 8 :</b> <i>Vías de acceso desde Puno .....</i>	75
<b>Tabla N° 9 :</b> <i>Sistemas de abastecimiento de agua potable en ámbito rural con sistemas de cloración .....</i>	77
<b>Tabla N° 10 :</b> <i>Descripción de sistemas de cloración por goteo con carga constante ...</i>	84
<b>Tabla N° 11 :</b> <i>Caracterización del ámbito de estudio .....</i>	87
<b>Tabla N° 12 :</b> <i>Gestión del sistema .....</i>	88
<b>Tabla N° 13 :</b> <i>Gestión del servicio de agua potable .....</i>	88
<b>Tabla N° 14 :</b> <i>Conocimiento sobre operación y mantenimiento .....</i>	89
<b>Tabla N° 15 :</b> <i>Ubicación de viviendas de muestreo .....</i>	90
<b>Tabla N° 16 :</b> <i>Muestras diarias de cloro residual, vivienda más próxima al reservorio .....</i>	91
<b>Tabla N° 17 :</b> <i>Muestras diarias de cloro residual, vivienda intermedia .....</i>	93

<b>Tabla N° 18 :</b> <i>Muestras diarias de cloro residual, vivienda más alejada</i> .....	95
<b>Tabla N° 19 :</b> <i>Deficiencias en el reservorio</i> .....	97
<b>Tabla N° 20 :</b> <i>Deficiencias en la cloración</i> .....	97

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>AOM</b>	: Administración, Operación y Mantenimiento
<b>APRISABAC</b>	: Atención Primaria de Salud y Saneamiento Básico de Cajamarca
<b>ATM</b>	: Área Técnica Municipal
<b>CAF</b>	: Corporación Andina de Fomento
<b>CDC</b>	: Centro para Control y Prevención de Enfermedades
<b>CEPIS</b>	: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
<b>COSUDE</b>	: Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
<b>DIGESA</b>	: Dirección General de Salud Ambiental
<b>DIRESA</b>	: Dirección Regional de Salud
<b>DPD</b>	: Dietil Parafenileno Diamina
<b>EPA</b>	: Agencia de Protección del Medio Ambiente
<b>EPS</b>	: Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento
<b>FAO</b>	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>GPS</b>	: Sistema de Posicionamiento Global
<b>GRP</b>	: Gobierno Regional de Puno
<b>JASS</b>	: Junta Administradora de Servicios de Saneamiento
<b>LMP</b>	: Límite Máximo Permisible
<b>MINSA</b>	: Ministerio de Salud
<b>MVCS</b>	: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento
<b>NCAB</b>	: Norma de Calidad de Agua de Bebida
<b>OMS</b>	: Organización Mundial de la Salud
<b>ONG</b>	: Organización No Gubernamental
<b>ONU</b>	: Organización de las Naciones Unidas
<b>OPS</b>	: Organización Panamericana de la Salud

- PNSR** : Programa Nacional de Saneamiento Rural
- PNUD** : Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- PNUMA** : Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
- UNESCO** : Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
- UNICEF** : Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
- UTM** : Universal Transversal de Mercator

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en el Centro Poblado de Cayacaya – Putina - San Antonio de Putina - Puno; en el año 2017. 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 empleada fue la siguiente: primero se recopiló la información básica; segundo se evaluó el parámetro de cloro libre residual; tercero se hizo un diagnóstico técnico, físico y operacional del sistema de cloración; y cuarto se conceptualizó y planteó un diseño mejorado para el sistema de cloración. Del resultado de las 30 muestras tomadas por vivienda se tuvo que: en la vivienda más próxima al reservorio el 57% está dentro de los límites permisibles y el 43% se encuentra por debajo; en la vivienda intermedia de la red el 27% está dentro de los límites permisibles y el 73% se encuentra por debajo; y en la vivienda más alejada de la red el 3% está dentro de los límites permisibles y el 97% se encuentra por debajo. La infraestructura, organización y capacitación son deficientes para la operación. En tal razón se desarrolló la propuesta de un plano del diseño mejorado, en base a un cálculo hidráulico y adoptando criterios que permitan un mejor proceso de desinfección del agua potable actual. Finalmente se concluye que los beneficiarios del actual sistema de abastecimiento, utilizan agua no apta para consumo humano por estar fuera de los límites máximos permisibles establecidas por el Ministerio de Salud, debido también a que carecen de capacitación y sensibilización en los usuarios. También se ha planteado un diseño mejorado del sistema de cloración y un manual de operación, para que el servicio sea económico, eficiente, equitativo y ambientalmente sustentable.

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

## ABSTRACT

The research was carried out in the Cayacaya - Putina - San Antonio de Putina - Puno Town Center; in the year 2017. Whose 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 used was as follows: first, the basic information was collected; second, the residual free chlorine parameter was evaluated; third, a technical, physical and operational diagnosis of the chlorination system was made; and fourth was conceptualized and raised an improved design for the chlorination system. The result of the 30 samples taken per dwelling was: in the dwelling closest to the reservoir, 57% is within the permissible limits and 43% is below; in the intermediate dwelling of the network, 27% is within the permissible limits and 73% is below; and in the house farthest from the network, 3% is within the permissible limits and 97% is below. The infrastructure, organization and training are deficient for the operation. In this regard, the proposal of an improved design plan was developed, based on a hydraulic calculation and adopting criteria that allow a better disinfection process of the current drinking water. Finally, it is concluded that the beneficiaries of the current supply system use water not suitable for human consumption because they are outside the maximum permissible limits established by the Ministry of Health, also because they lack training and awareness in users. An improved design of the chlorination system and an operation manual have also been proposed, so that the service is economical, efficient, equitable and environmentally sustainable.

**Key words:** chlorination of water, evaluation of the chlorination system, residual free chlorine.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

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 de brindar agua de buena calidad apta para el consumo humano. El Ministerio de Salud establece mediante norma, el monitoreo del control de calidad del agua para que se garantice su potabilización.

En la actualidad la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda realizar la cloración del agua como una medida sanitaria positiva para lograr el abastecimiento de agua segura y prevenir enfermedades de transmisión hídrica.

#### 1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

La importancia que tiene la cloración del agua para que esta sea de buena calidad y apta para el consumo humano, nos lleva a plantear las siguientes interrogantes:

##### 1.2.1 Problema General

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

### **1.2.2 Problemas Específicos**

- ¿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 de cloro instalado, generan un proceso de cloración deficiente?

## **1.3 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION**

### **1.3.1 Hipótesis General**

- El sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable para su dotación al consumidor del Centro Poblado de Cayacaya no cumple con los parámetros de cloro libre residual dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Salud.

### **1.3.1 Hipótesis Específicas**

- El cloro libre residual existente en el agua de los puntos de entrega del sistema de distribución de agua potable no está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Salud.
- El actual sistema de dosificación de cloro tiene un diseño ineficiente.

## 1.4 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

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.

En referencia al agua apta para consumo humano. La OPS/OMS (2014), nos indica que la desinfección del agua antes de la distribución en los sistemas de abastecimiento de agua potable sigue siendo una de las medidas de salud pública más importantes que se puedan tomar para impedir brotes y epidemias de enfermedades.

La OPS/OMS (2014), también indica que respecto a la cloración, hay diversos métodos como gas cloro, los hipocloritos de calcio y sodio, cloraminas y algunos métodos para la generación de desinfectantes in situ. En la actualidad la tecnología de desinfección de mayor uso en Latinoamérica y el Caribe es la cloración.

En todos los proyectos de agua potable en el sector rural, para su tratamiento se utiliza como desinfectante el hipoclorito de calcio sea este granulado o en pastillas; es decir, el sistema es dependiente del operador y un deficiente control al momento de realizar este proceso conlleva a que los consumidores del líquido vital tiendan a sufrir alguna enfermedad resultado de ingerir agua que no cumpla con las condiciones necesarias para el consumo humano.

La presente investigación se ha realizado en el Centro Poblado de Cayacaya que tiene una población total de 597 habitantes al año 2017, la fuente de agua que abastece el sistema de agua potable en el Centro Poblado es un manantial tipo ladera denominado “Unotojio” y sus redes de suministro de agua potable fueron instaladas en el año 1992,

en la actualidad el sistema de agua potable beneficia a 80 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.

La presente investigación establecerá 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 permitirá 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 LA INVESTIGACION**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Evaluar y plantear un diseño del sistema para la dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable del centro poblado Cayacaya.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Evaluar técnicamente el actual sistema de dosificación de cloro en función a la calidad del agua.
- Plantear un diseño mejorado del sistema de dosificación de cloro para un proceso más eficiente de la cloración del agua.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

##### 2.1.1. A nivel internacional

La cloración de las aguas empezó a utilizarse a principios del siglo XX, hacia el año 1910, y fue en los años 40 y 50 cuando se extendió en gran parte de la población urbana. Hace ya muchos años que se conoce la relación entre la contaminación del agua y la aparición de numerosas enfermedades epidémicas. Las primeras investigaciones médicas al respecto se atribuyen al Dr. John Snow, quien en 1954 estableció una relación clara entre la salubridad del agua y la epidemia de cólera que en esa época asolaba Londres. (Berdonces, 2008, pág. 69)

Seis meses antes del estallido de cólera en América, se comentaba en un diario ecuatoriano que el 75% de las basuras de la ciudad de Guayaquil no se recogían e iban a parar a lugares que potencialmente podían contaminar el agua de bebida, obstruyendo los desagües municipales; mientras que después de la explosión del cólera, se tenía que ir a explicar a las barriadas pobres como eliminar los excrementos y las basuras sin contaminar los cursos de agua. Vemos pues que en estos casos es más importante la educación sanitaria y la inversión en infraestructuras sociales que el uso de medicamentos una vez que el problema se ha producido. (Berdonces, 2008, pág. 70)

En 1987, después de un brote de tifoidea, Sims Woodhead usó “solución de lejía” como una medida temporal para esterilizar las tuberías de distribución de agua potable en Maidstone, Kent (Inglaterra). (Christman, s.f., pág. 1)

La cloración continua del agua potable empezó a inicios del siglo XX en Gran Bretaña, donde su aplicación redujo grandemente las muertes por tifoidea. Poco después de este notable éxito, la cloración empezó en los Estados Unidos en la ciudad de Jersey, Nueva Jersey en 1908. Pronto la adopción por parte de otras ciudades y pueblos en los Estados Unidos dio lugar a la virtual eliminación de las enfermedades transmitidas por el agua, tales como el cólera, la tifoidea, la disentería y la hepatitis A. Antes que llegara la cloración para el tratamiento de agua potable, aproximadamente 25 de cada 100,000 personas morían anualmente en Estados Unidos a causa de la fiebre tifoidea. (Christman, s.f., pág. 2)

La alta incidencia de las infecciones intestinales y las numerosas muertes prematuras atribuibles al funcionamiento inadecuado de los sistemas de abastecimiento de agua y de las estructuras sanitarias exigen una acción urgente y cuidadosa. Estas deficiencias son responsables de que alrededor de 80,000 niños mueran cada año en América Latina. (OPS, 1999, pág. 1)

En América Latina y el Caribe, los riesgos epidemiológicos relacionados con el consumo de agua contaminada por gérmenes muy virulentos, como son los del cólera, las fiebres tifoideas o la hepatitis vírica; así como la existencia de otras enfermedades de origen hídrico resultante de la contaminación microbiológica de las aguas de consumo humano causan un gran impacto en la población. Por ejemplo, en 1991 surgió una

epidemia de cólera que se extendió a 21 países, ocasionando 1`207,000 casos hasta 1997. (OPS, 1999, pág. 2)

La desinfección de los abastecimientos comunitarios de agua es una medida esencial de salud pública que data de principios del siglo XX, y su importancia se ha demostrado tanto en la teoría como en la práctica. El tratamiento adecuado y la desinfección fiable de agua, permitieron reducir considerablemente la incidencia de la tifoidea y el cólera en muchos países antes que se descubrieran los antibióticos y las vacunas. En todos los lugares donde se ha realizado adecuadamente la desinfección del agua, se obtuvo beneficios en la salud de los usuarios. (OPS/COSUDE, 2007, pág. 4)

En los Estados Unidos, más de 98% de los sistemas de abastecimiento que desinfectan el agua potable usan cloro debido a su potencia germicida, economía y eficiencia. Además los únicos desinfectantes basados en cloro son los únicos desinfectantes importantes con las propiedades residuales duraderas que previenen un nuevo crecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante todo el proceso de distribución de la planta de tratamiento al hogar. (Christman, s.f., pág. 1)

La desinfección es importante, pero es crítica en las comunidades pequeñas y zonas rurales, donde puede ser la única forma de tratamiento asequible (OPS/COSUDE, 2007, pág. 4).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS), los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de los EE. UU. y la agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de los EE. UU., formaron una asociación el 10 de diciembre de 2004 denominada “Asociación entre la OPS/CDC/EPA para mejorar la salud pública ambiental de América Latina y del Caribe” con el objeto de trabajar con los sectores de

salud y medio ambiente en América Latina y el Caribe, mejorar las prácticas de salud pública ambiental y la coordinación entre los sectores de salud y medio ambiente. (OPS, 2015, pág. 4)

El acceso a agua potable y saneamiento básico en América Latina es insuficiente además su calidad es inadecuada. Esto repercute en impactos negativos en la salud pública. La capacidad financiera limitada de los organismos encargados de proveer estos servicios y la institucionalidad débil del sector son factores que limitan las posibilidades de mejorar el acceso y la calidad de agua potable y saneamiento en el continente; de esto se deriva que el 80% de consulta medicas externas en el centro de salud están relacionadas con el consumo de agua de mala calidad. (Florez, 2014, pág. 6)

En la mayor parte de los países no hay personal capacitado suficiente para operar y mantener los sistemas de agua potable urbanos y rurales. Entre 1990 y 2010, más de 179 millones de personas de América Latina y el Caribe lograron tener acceso a fuentes mejoradas y 169 millones, a saneamiento mejorado. (Florez, 2014, pág. 7)

La desinfección de los sistemas de abastecimiento de agua potable sigue siendo una de las medidas de salud pública más importantes que se puedan tomar para impedir brotes y epidemias de enfermedades. Existen varias opciones tecnológicas de desinfección entre las que se incluyen: cloración, ozonización, radiación solar y ultravioleta, entre otras. (OPS/OMS, 2014, pág. 3)

Respecto a la cloración, hay diversos métodos como gas cloro, los hipocloritos de calcio y sodio, cloraminas y algunos métodos para la generación de desinfectantes in situ. En la actualidad la tecnología de desinfección de mayor uso en Latinoamérica y el Caribe es la cloración. (OPS/OMS, 2014, pág. 3)

El tratamiento y desinfección del agua para consumo humano, es uno de los pasos requeridos para cumplir los requisitos de la calidad de los servicios de abastecimiento de agua potable y su impacto en la salud pública. Es importante la promoción de acciones que contribuyan al mantenimiento de la calidad del agua para consumo humano y en este punto es relevante el conocimiento y participación de los municipios y entidades prestadoras de agua potable y saneamiento básico y el sistema de salud, gerencias de red de salud y hospitales municipales. (OPS/OMS, 2014, pág. 3)

### **2.1.2. A nivel nacional**

Uno de los grandes retos que tienen los gobiernos de la Región de las Américas es proveer de servicios de abastecimiento de agua segura a la población rural, donde los déficits son significativos. En este contexto, el Perú hace denodados esfuerzos por aumentar la cobertura y a la vez brindar agua de calidad apropiada. (OPS/CEPIS, 1999, pág. 1)

En la necesidad de investigar los factores que afectan la calidad del agua en los sistemas rurales, especialmente aquellos que funcionan por gravedad y sin tratamiento. El Programa de Agua y Saneamiento de PNUD/Banco Mundial y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud, con el auspicio de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), efectuaron una investigación en 80 sistemas rurales de abastecimiento de agua en Ancash, Apurímac, Cajamarca y Cusco. (OPS/CEPIS, 1999, pág. 1)

Actualmente, el objetivo de la desinfección del agua es asegurar que el consumidor reciba agua esencialmente saludable mediante la destrucción de los agentes

patógenos y que mantenga una barrera protectora contra los gérmenes dañinos a la salud humana que se podría introducir en el sistema de abastecimiento, suprimiendo de esta manera la posterior contaminación microbiológica. (OPS/COSUDE, 2007, pág. 4)

Antes de la aparición del cólera en el Perú en 1991, casi todos los países de América Latina y el Caribe concentraban su atención en la cantidad antes que en la calidad del agua. Hoy en día, existe un mayor interés de las autoridades en el mejoramiento de la calidad del agua para el consumo humano y se presta mayor atención a los aspectos de vigilancia y control. Muchos países se han visto motivados para ejecutar programas de vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano como parte de las intervenciones de la salud destinadas a prevenir la transmisión de las enfermedades gastrointestinales. (Mendoza H. , 2013, pág. 3)

En el proyecto de investigación referente a la vigilancia de la calidad de agua para el consumo humano en zonas rurales desarrollado en la provincia de Moyobamba. Mendoza H. (2013), concluye que la gestión de los sistemas de abastecimiento de agua en las zonas rurales de la provincia de Moyobamba, es ineficiente dado que la responsabilidad de operación y mantenimiento no es uniforme en los niveles de responsabilidad que compete a la JASS, municipalidad y a la comuna local. Así mismo se debe al poco ingreso por aporte de los usuarios, falta de capacitación y la cobertura del servicio no es al 100%.

### **2.1.3. A nivel local**

La problemática de saneamiento existente en el ámbito de la Región Puno, caracterizada por los bajos niveles de cobertura en los servicios de agua y saneamiento, altas tasas de enfermedades ligadas a falta de acceso y deficiencia de estos servicios,

sobre todo en el ámbito rural, incide en las condiciones de salud y calidad de vida de la población. (GRP, 2012, pág. 1)

En este contexto, el Gobierno Regional, tiene al saneamiento como eje estratégico para alcanzar el desarrollo integral y luchar contra la pobreza. Por esta razón, viene implementando el modelo integral para la gestión del saneamiento, liderado por la Dirección de Vivienda y Construcción. El modelo considera la intervención integral a nivel comunitario, que comprende la dotación de servicios y el componente social, donde el fortalecimiento de las organizaciones comunitarias es clave para lograr la sostenibilidad. (GRP, 2012, pág. 1)

En tal sentido, se dispone de un programa de capacitación dirigido a las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento – JASS, orientado a la autogestión de los servicios, que comprende tres aspectos: organizativo, aspectos técnicos para la operación y mantenimiento y gestión de los servicios. (GRP, 2012, pág. 1)

Existen 05 Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS): EMSA PUNO S.A., SEDA JULIACA S.A., EMAPAY RSL, EPS NORPUNO S.A. y EPS AGUAS DEL ALTIPLANO SRL, para una población de 1'389,684 habitantes (2013) distribuidas en 13 provincias, siendo su cobertura según el IPE al 2012 de agua potable 63.2% y desagües 41.0%. Además existen JASS en centros poblados para administrar solamente provisión de agua segura, la mayoría no cuenta con sistema de tratamiento básico; unas con sistema de filtración solamente, otras con agua entubada, todas sin desinfección. (Florez, 2014, pág. 7)

El titular de la Dirección de Vivienda y Saneamiento, Leonardo Saravia Parra, manifestó que el cloro es una opción de tratamiento de bajo costo que se utiliza para

mejorar la calidad del agua, que a la vez elimina muchos microorganismos como bacterias y virus, razón por la cual se tiene como meta proyectada, operación y mantenimiento de sistemas de agua y saneamiento en ámbitos rurales y de instalar los sistemas de cloración en cada uno de los proyectos, beneficiara a 77 mil 730 habitantes de las zonas rurales de la Región Puno. (Diario Correo, 2016)

En el proyecto de investigación en donde se realizó la evaluación de calidad de agua en función de los parámetros de cloro residual y turbidez en la planta de tratamiento de SEDA JULIACA, para verificar si dicho proceso de tratamiento se encuentra bajo un control estadístico de calidad. Murillo (2015), determinó mediante control estadístico de calidad que la planta de tratamiento EPS SEDA JULIACA S.A. cumplen con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud durante el año 2015, concluyendo que dichos parámetros de evaluación se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

En el proyecto de investigación que se dio lugar en la comunidad de Carata del Distrito de Coata se realizó la evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano. Del cual Belizario (2011), concluye que de las 8 muestras de agua analizadas de los pozos elegidos aleatoriamente, el 25% son buenas (aptas), el 25% de las muestras es regular y el 50% de las muestras es deficiente (mala); encontrándose también una carencia de educación sanitaria. Por lo que recomienda identificar e implementar programas de educación sanitaria, con el uso de tecnologías apropiadas para la desinfección del agua.

## **2.2. REFERENCIAS TEORICAS**

### **2.2.1. Agua de manantiales**

Leal y Rodríguez (1998), determinaron que el agua de manantial es un flujo natural del agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área pequeña. Puede aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, riachuelos o ríos, lagunas o lagos. Los manantiales pueden ser permanentes o intermitentes, y tener su origen en el agua de lluvia que se filtra o tener un origen ígneo.

Leal y Rodríguez (1998), también nos indica que la composición del agua de los manantiales varía según la naturaleza del suelo o la roca de su lecho. El caudal de los manantiales depende de la estación del año y del volumen de las precipitaciones. Los manantiales de filtración se secan a menudo en periodos secos o de escasas precipitaciones; sin embargo, otros tienen un caudal copioso y constante que proporcionan un importante suministro de agua local.

### **2.2.2. Utilización del agua en el mundo**

UNESCO (2003), afirma que en un mundo globalizado como el actual, es importante destacar la relación que existe entre el agua dulce renovable y el número de habitantes de los diferentes continentes, además del estado actual en términos de calidad y acceso. De esta manera se estará en condiciones de entender mejor las posiciones políticas sobre el destino de este recurso a nivel mundial.

**Tabla N° 1 : Relación entre el volumen de agua y el número de habitantes, expresados en % a nivel de continentes**

<b>Continente</b>	<b>Agua %</b>	<b>Habitante %</b>
Asia	36	60
África	11	12
América del Norte y Central	15	8
América del Sur	26	6
Australia	4	1
Europa	8	13

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2003)

### 2.2.3. El agua dulce como recurso limitado

PNUMA (2003), señala que el agua cubre el 75% de la superficie terrestre; el 97.5% del agua es salada, solo el 2.5% es dulce. Los casquetes de hielo y los glaciares contienen el 74% del agua dulce del mundo. La mayor parte del resto se encuentra en las profundidades de la tierra o encapsulada en la tierra en forma de humedad. Solo el 0.3% del agua dulce del mundo se encuentra en los ríos y lagos. Para uso humano se puede acceder, a menos del 1% del agua dulce superficial subterránea del planeta.

PNUMA (2003), hace un pronóstico de que en 25 años, es posible que la mitad de la población del mundo, tenga dificultades para encontrar agua dulce en cantidades suficientes para consumo y para riego. En la actualidad, más de 80 países, (el 40% de la población mundial) sufren una escasez grave de agua. Las condiciones pueden llegar a empeorar en los próximos 50 años, a medida que aumenta la población y que el calentamiento mundial perturbe los regímenes de precipitaciones. Un tercio de la población mundial vive en zonas con escasez de agua, en las que el consumo supera el abastecimiento. Asia occidental es la región más amenazada. Más del 90% de la población de esa región, padece un gran estrés por escasez de agua y el consumo de agua supera en un 10% los recursos de agua dulce renovables.

#### 2.2.4. Agua de consumo humano

OPS/COSUDE (2007), señalan que el agua distribuida a través de los sistemas de abastecimiento debe ser inocua. Para ello, la calidad del agua debe cumplir con las condiciones físico químicas y bacteriológicas establecidas por el Ministerio de Salud, de tal manera que el consumo no dañe la salud de los usuarios.

OPS/COSUDE (2007), nos indica que los compuestos y elementos perjudiciales y peligrosos para la salud, además de bacterias patógenas, que se tomaran en cuenta para determinar la calidad de las aguas deben estar en concordancia con las normas y/o estándares de calidad del agua para consumo humano.

OMS (2006), la define como “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. Está implícito en esta definición el requerimiento de que el agua no debe de presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbológica que sea perjudicial a la salud humana.

Mendoza (2013), indica que los sistemas de abastecimiento de agua deben diseñarse, operarse y mantenerse para preservar y conservar la calidad del agua para consumo humano. Sin embargo, es común que se presenten situaciones fortuitas causadas por el estado de la infraestructura, lo que afecta la calidad del agua para el consumo humano. Los defectos o deficiencias de la infraestructura pueden ser consecuencia del mal diseño, de la mala construcción, de fallas en la supervisión de la construcción o del mantenimiento inadecuado, así como consecuencia de efectos naturales humanos, caso de terremotos, o desordenes civiles que conducen a que las estructuras del sistema de abastecimiento de agua no sean capaces de proteger y mantenerla calidad del agua de consumo humano.

Mendoza (2013), realiza una comparación indicando que en el medio urbano, a diferencia del medio rural, la postura de la comunidad frente al sistema de abastecimiento de agua es más pasivo como consecuencia de que el servicio de abastecimiento de agua es administrado por una entidad prestadora de servicios, supervisada por el ente regulador y vigilada por el Ministerio de Salud, y que esta además sujeta a fiscalización por parte de organismos pertenecientes a la sociedad civil.

La calidad o nivel de servicio es un factor de suma importancia en el mejoramiento del nivel de salud de la población beneficiada con abastecimiento de agua potable apta para el consumo humano. Mendoza (2013), hace referencia que en una situación ideal, toda la población debe ser atendida en forma eficiente y efectiva. Sin embargo, la mayor parte de las veces se encuentra que el servicio de abastecimiento de agua tiene cobertura restringida y/o muy baja continuidad, lo que conduce a que una parte de la población tenga que recurrir a almacenarla para atender sus necesidades básicas. Esto desemboca en el deterioro de la calidad del agua para consumo humano con la consiguiente exposición de las personas a contraer enfermedades transmisibles relacionadas con ella.

#### **2.2.5. Agua y salud**

Mejía (2005), afirma que el hecho de disponer de agua limpia para todos los seres vivos de la tierra haría que muchas de las enfermedades ahora existentes se redujeran considerablemente debido a que la biología gira fundamentalmente en torno al problema del agua, pues no hay vegetal ni animal que pueda prescindir de este elemento.

Mejía (2005), indica que está probado que tales enfermedades adquieren mayor importancia sanitaria en los países que suelen considerarse como subdesarrollados,

precisamente por la insuficiencia de los abastos públicos de agua. Se considera que la contaminación de los abastos de agua con residuos públicos de agua. Se considera que la contaminación de los abastos de agua con residuos humanos es la causa de propagación de enfermedades entéricas. La experiencia vivida en algunos países, permite poner de manifiesto la eficiencia de instalaciones higiénicas de abastos de agua para evitar las enfermedades de origen hídrico.

Dichas enfermedades según Mejía (2005), son la tifoidea, paratifoidea, disentería (basilar y amébrica) y otras enfermedades infecciosas que constituyen la causa principal de muchas muertes, particularmente en infantes. En muchos países la diarrea representa la primera o segunda causa de muerte en niños. Lo peor de todo es que sucede con el conocimiento de la ciencia y que podía haberse evitado al contar con agua desinfectada. En el caso del cólera enfermedad que apareció en los años sesenta en Indonesia, Pakistán y la India, y que fue causa de grandes epidemias, la clave de su control se basa en el mejoramiento de las condiciones ambientales y suministro de agua pura.

Mejía (2005), nos indica que la importancia de agua pura para la vida y la salud de las personas, así como la economía de los países, no es totalmente reconocida por los gobiernos y personas encargadas de tomar decisiones. Por su puesto agua pura no evitara que la gente se continuo enfermando; esto debe ser acompañado de hábitos de higiene, saneamiento, control de vectores, y dietas balanceadas. Se tiene que reconocer que el desarrollo del agua requiere una amplia variedad de aportes políticos y tecnológicos para cumplir con los requerimientos de calidad establecidos.

### 2.2.6. Abastecimiento de agua

APRISABAC (1997), nos indica que el abastecimiento del agua consiste en el suministro en forma individual o colectiva de agua, requerida para satisfacer las necesidades de las personas que integran una localidad, evitando que puedan afectarse en su salud.

APRISABAC (1997), hace referencia que para efectuar el abastecimiento de agua se deben de realizar los siguientes pasos:

1. Ir a la fuente y captar el agua.
2. Transportarlo a la casa.
3. Pasarlo por un filtro casero.
4. Depositarlo en un recipiente.
5. Llevarlo a los diferentes sitios de consumo.
6. Utilizarlo para satisfacer sus necesidades.

APRISABAC (1997), establece que para las funciones anteriormente mencionadas se repiten para todos los casos y son:

1. Captación.
2. Conducción.
3. Tratamiento.
4. Almacenamiento.
5. Distribución.
6. Consumo.

### 2.2.7. Tipos de sistema de abastecimiento de aguas

APRISABAC (1997), indica los siguientes tipos de sistemas:

#### 1. Gravedad sin planta de tratamiento

La fuente de abastecimiento es un manantial o una galería filtrante. El sistema consta de:

- a. Captación.
- b. Conducción.
- c. Reservorio.
- d. Distribución.
- e. Conexión domiciliaria y/o pileta pública.

#### 2. Gravedad con planta de tratamiento

Cuando la fuente de abastecimiento por su calidad bacteriológica no constituye una fuente segura y que por consiguiente debe ser sometida a tratamiento. El sistema consta de:

- a. Captación.
- b. Conducción.
- c. Planta de Tratamiento.
- d. Reservorio.
- e. Distribución.
- f. Conexión domiciliaria y/o pileta pública.

### 3. Bombeo sin planta de tratamiento

El sistema cuenta necesariamente con un equipo de bombeo para elevar el agua hasta un reservorio y dar presión en la red, la fuente de abastecimiento puede ser un pozo, manantial, galería filtrante, ubicado en la parte baja de la población. El sistema consta de:

- a. Captación.
- b. Caseta de bombeo.
- c. Línea de impulsión.
- d. Reservorio.
- e. Distribución.
- f. Conexión domiciliaria y/o pileta pública.

### 4. Bombeo con planta de tratamiento

Son sistemas cuyas fuentes se encuentran en la parte baja de la población, lo cual requiere un sistema combinado (de bombeo y planta de tratamiento). El sistema consta de:

- a. Captación.
- b. Conducción.
- c. Planta de Tratamiento.
- d. Caseta y Equipo de Bombeo.
- e. Línea de Impulsión.
- f. Reservorio.
- g. Distribución.
- h. Conexión domiciliaria y/o pileta pública.

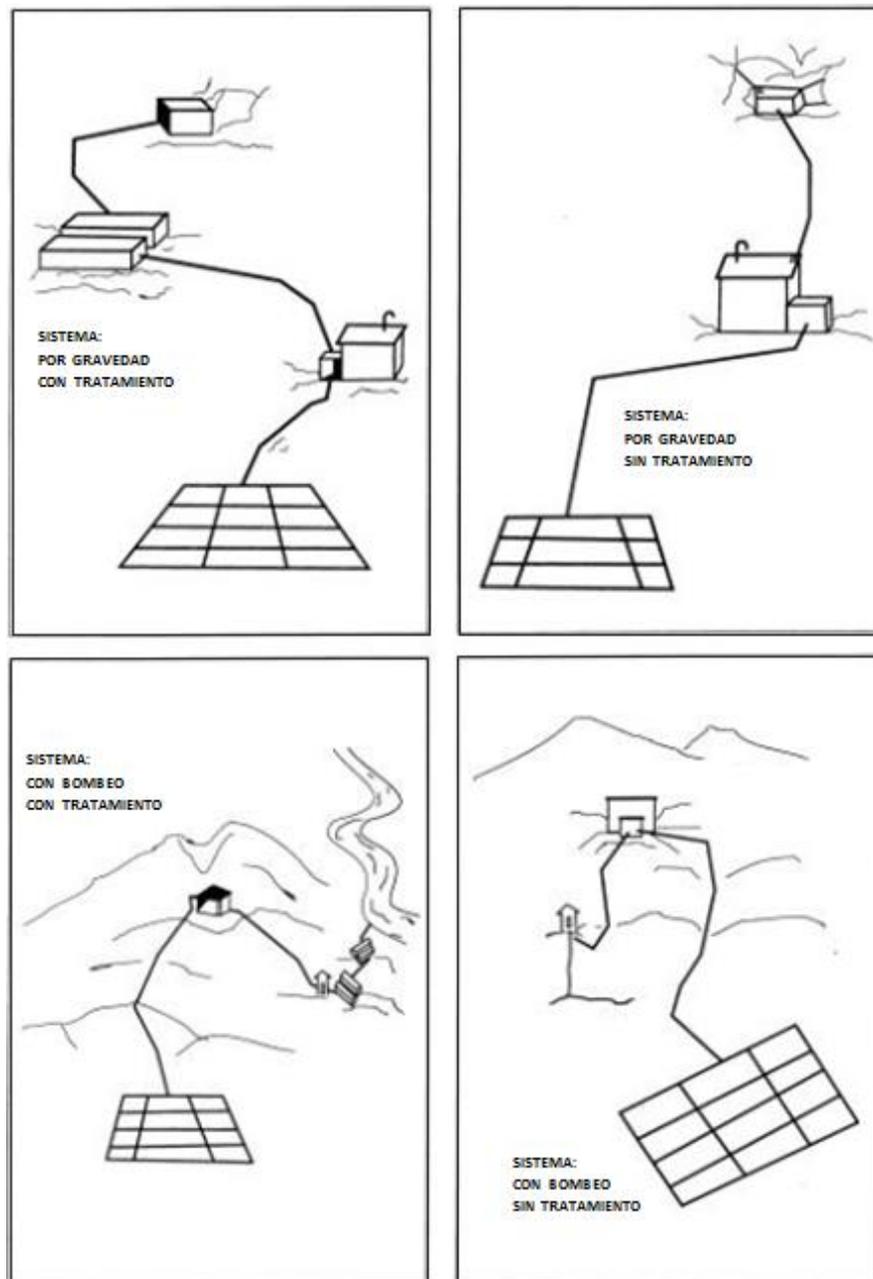


Figura N° 1 : Tipos de sistemas de abastecimiento de agua.

### 2.2.8. Calidad del agua

Mendoza (1996), afirma que el termino de calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: domestico, riego, recreación e industrias. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso

específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución.

Zea (2010), señala que un agua potable e inocua debe ajustarse a las siguientes características de calidad de agua. Debe ser o estar:

- Libre de organismos patógenos.
- Baja en concentración de compuestos muy tóxicos o que tengan efectos serios a largo plazo, tales como el plomo.
- Clara.
- No salina (salada).
- Libre de compuestos que provoquen un olor o sabor desagradable.
- No corrosiva, ni debe ocasionar incrustaciones en las tuberías o manchas en la ropa.

OPS/CEPIS (2004), señalan que el termino calidad de agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria.

OPS/CEPIS (2004), nos indica que para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función al uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

OMS/OPS (2007), señala que el termino calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un

término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

OMS/OPS (2007), nos dice que de acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua varían dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

### **2.2.9. Calidad de agua de consumo humano**

OMS (2006), indica que la calidad de agua de consumo humano determina que se encuentra libre de elementos de contaminación y conviertan en un vehículo para la transmisión de enfermedades. Por su importancia para la salud pública, la cantidad de agua merece especial atención. Sin embargo y sobre todo en países en desarrollo a este problema se le ha prestado poca atención, la cantidad y la cobertura son tan importantes como la calidad de la misma para prevenir las enfermedades de origen hídrico. El acceso a los servicios de agua potable debería ser garantía de que se está consumiendo agua segura, sin embargo en muchos casos no es así, porque el agua es de mala calidad y no cumple las normas de potabilidad, aunque se distribuya a través de redes entubadas y conexiones domiciliarias.

### **2.2.10. Importancia de la calidad de agua**

Vallejos (2001), lo define como un elemento vital y se usa como parte de la dieta para las necesidades hídricas del organismo. Desde el punto de vista bromatológico interesa por su abundante uso en la industria alimentaria y su uso como bebida. El agua como alimento debe reunir requisitos de composición química e higiene. El agua pura no interesa porque no es alimento. Interesan las aguas naturales con más iones,

concentrado de sustancias orgánicas y minerales que proceden del contacto del agua con la atmosfera y el suelo.

Randulovich (1997), afirma que cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incremento en el consumo per cápita, contaminación de las fuentes de agua en general y al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas.

Molina (2002), indica que la importancia del recurso hídrico para la sociedad está considerada como un bien esencial en el crecimiento económico y desarrollo social de las naciones. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 2002), un sector importante para la economía de muchos países como lo es la agricultura, utiliza alrededor del 70% del total del agua extraída, mientras que el sector industrial utiliza el 20% y el 10% restante es para consumo doméstico. Además de la disponibilidad, otro problema es la mala calidad del agua. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS 2000), hay más de 1000 millones de personas que carecen de acceso a agua no contaminada, siendo las zonas rurales donde al menos el 29% de los habitantes carecen de agua no contaminada y el 62% de sistemas de saneamiento, mientras que en los países en desarrollo, del 90% al 95% de las aguas residuales y el 70% de los desechos industriales se vierten sin ningún tipo de tratamiento en aguas superficiales, de modo que contaminan las existencias de agua utilizable. A su vez las actividades agrícolas, principalmente de países industrializados, ocasionan gran contaminación de los mantos freáticos y los cuerpos superficiales de agua, a través del escurrimiento de fertilizantes y plaguicidas y la lluvia acida.

Ongley (1997), señala aunque el recurso hídrico sea constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente, como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual genera el estrés hídrico. En la región centroamericana, la magnitud del problema de la contaminación es alarmante ya que a estas alturas es imposible solucionar el problema mediante la dilución por efecto del aumento del caudal.

OPS (1990), afirma que el peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocaran enfermedades en la salud pública. En el contexto de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen la principal causa la ingestión de agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, esta principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales.

OPS (1990), también establece que de acuerdo a lo anterior tiene una estrecha relación con la escorrentía superficial, una contaminación difusa o no localizada. La contaminación por fuentes no localizadas contribuye significativamente con niveles altos de agentes patógenos en las fuentes de aguas superficiales, especialmente por coliformes fecales de origen humano y animal. En este sentido, un suministro seguro de agua para agua potable en cantidad, calidad y continuidad, contribuye a la reducción de la probabilidad de enfermedades transmitidas por la vía fecal y oral.

### **2.2.11. Infecciones transmitidas por el agua**

OMS (2006), nos indica que existen diversos tipos de agentes patógenos que pueden transmitirse por el agua de consumo contaminada, la gama de agentes patógenos cambia en función de factores variables como el aumento de las poblaciones de personas y animales, el incremento del uso de aguas residuales, los cambios de hábitos de la población o de las intervenciones médicas, las migraciones y viajes de la población, y presiones selectivas que favorecen la aparición de agentes patógenos nuevos o mutantes, o de recombinaciones de los agentes patógenos existentes.

OMS (2006), también indica que existe una considerable variabilidad en la inmunidad de las personas, ya sea adquirida por contacto con un agente patógeno o determinada por factores como la edad, el sexo, el estado de la salud y las condiciones de vida.

**Tabla N° 2 : Agentes Patógenos transmitidos por el agua**

Agente Patógeno	Importancia para la salud	Persistencia en los Sistemas de Abastecimiento de Agua	Resistencia al cloro	Infectividad Relativa
<b>Bacterias</b>				
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	Baja	Puede proliferar	Baja	Baja
<i>Campylobacter jejuni, C. coli</i>	Alta	Moderada	Baja	Moderada
<i>Echerichia coli patogena</i>	Alta	Moderada	Baja	Baja
<i>E. coli enterohemorrágica</i>	Alta	Moderada	Baja	Alta
<i>Legionella spp.</i>	Alta	Prolifera	Baja	Moderada
<i>Microbacterias no tuberculosas</i>	Baja	Prolifera	Alta	Baja
<i>Pseudomonas aeruginosae</i>	Moderada	Puede proliferar	Moderada	Baja
<i>Salmonella Typhi</i>	Alta	Moderada	Baja	Baja
Otras salmonelas	Alta	Puede proliferar	Baja	Baja
<i>Shiguelia spp.</i>	Alta	Corta	Baja	Moderada
<i>Vibrio cholerae</i>	Alta	Corta	Baja	Baja
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Alta	Larga	Baja	Baja
<b>Virus</b>				
<i>Adenovirus</i>	Alta	Larga	Moderada	Alta
<i>Enterovirus</i>	Alta	Larga	Moderada	Alta
<i>Virus de la hepatitis A</i>	Alta	Larga	Moderada	Alta
<i>Virus de la hepatitis E</i>	Alta	Larga	Moderada	Alta
<i>Norvirus y Sapovirus</i>	Alta	Larga	Moderada	Alta
Rotavirus	Alta	Larga	Moderada	Alta
<b>Protozoos</b>				
<i>Acanthamoeba spp.</i>	Alta	Larga	Alta	Alta
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Alta	Larga	Alta	Alta
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Alta	Larga	Alta	Alta
<i>Entamoeba histolytica</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta
<i>Giardia intestinalis</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta
<i>Naegleria fowleri</i>	Alta	Puede proliferar	Alta	Alta
<i>Toxoplasma gondii</i>	Alta	Larga	Alta	Alta
<b>Helmintos</b>				
<i>Dracunculus medinensis</i>	Alta	Moderada	Moderada	Alta
<i>Schistosoma spp.</i>	Alta	Corta	Moderada	Alta

Nota: La transmisión por el agua de los agentes patógenos incluidos en la tabla ha sido confirmada mediante estudios epidemiológicos e historias clínicas. La comprobación de la patogenicidad se basa, en parte en la reproducción de la enfermedad en hospedadores adecuados. El valor de información de estudios experimentales en los que se expone a voluntarios a concentraciones conocidas de agentes patógenos es relativo; como la mayoría de los estudios se realizan con voluntarios adultos sanos, la información obtenida solo es aplicable a una parte de la población expuesta y la extrapolación a grupos más vulnerables debe de estudiarse más a fondo.

Fuente: Guía para la calidad de agua potable, OMS, 2006.

OMS (2006), hace referencia a su vez que la transmisión por el agua de consumo es solo uno de los vehículos de transmisión de los agentes patógenos transmitidos por la vía fecal-oral. Puede ser también vehículo de transmisión los alimentos contaminados, las manos, los utensilios y la ropa, sobre todo cuando el saneamiento e higiene domésticos son deficientes. Para reducir la transmisión de enfermedades por la vía

fecal-oral es importante mejorar la calidad del agua y su disponibilidad, así como los sistemas de eliminación de excrementos y la higiene general.

### **2.2.12. Persistencia y proliferación en el agua**

La OMS (2006), nos dice que aunque los agente patógenos transmitidos por el agua típicos son capaces de sobrevivir en el agua de consumo, la mayoría no crecen ni proliferan en el agua. Microorganismos como E. coli y Campylobacter pueden acumularse en los sedimentos y movilizarse al aumentar el caudal de agua.

OMS (2006), indica que tras abandonar el organismo de su hospedador, la viabilidad y capacidad infecciosa de la mayoría de los agentes patógenos disminuyen gradualmente. Su número disminuye normalmente de forma exponencial, y transcurrido cierto tiempo no podrá detectarse su presencia. Los agentes patógenos con persistencia baja deben encontrar rápidamente nuevos hospedadores y es más probable su transmisión por contacto de persona a persona o por una higiene personal deficiente que por el agua de consumo.

La OMS (2006), también nos indica que los agentes patógenos y parásitos transmitidos por el agua más comunes son los que poseen una infectividad alta y/o pueden proliferar en el agua o poseen una resistencia alta fuera del organismo. Los virus y las formas latentes de los parásitos (quistes, ooquistes, huevos) no pueden multiplicarse en el agua. Por el contrario la presencia de cantidades relativamente altas de carbono orgánico biodegradable, junto con temperaturas cálidas y concentraciones residuales bajas de cloro, pueden permitir la proliferación de Legionella, V. cholerae, Naegleria fowleri, Acanthamoeba y organismos molestos en algunas aguas superficiales y en los sistemas de distribución de agua.

### 2.2.13. Impacto de la calidad del agua en la salud

OPS/OMS (2007), señala que el agua de consumo humano ha sido definida en las guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aquella “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores.

OPS/OMS (2007), reconoce al agua como vehículo de dispersión de enfermedades que data desde hace mucho tiempo. Las enfermedades prevalentes en los países en desarrollo, donde el abastecimiento de agua y el saneamiento son deficientes, son causadas por bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Estos organismos causan enfermedades que van desde ligeras gastroenteritis hasta enfermedades graves y fatales de carácter epidémico.

No obstante la OPS/OMS (2007), indica que la calidad del agua no es suficiente para asegurar los beneficios a la salud humana; es necesario que adicionalmente se satisfagan tres aspectos; cantidad, continuidad y costo razonable. Al margen de las responsabilidades del abastecedor, los consumidores deben tener conocimientos sobre el uso apropiado del agua, de la adecuada nutrición e higiene de los alimentos, así como de la correcta disposición de excrementos. Precisamente, los mensajes dirigidos a mejorar los hábitos y costumbres relacionados con el buen uso del agua, deben realizarse a través de programas educativos y en forma complementaria a las actividades propias del abastecedor para evitar la impresión de que la calidad del agua por sí sola, previene las enfermedades.

Se tiene conocimiento que desde hace tiempo se reconoce la existencia de una correlación entre la calidad y cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento

con la calidad de vida y la salud de la población. La OPS/OMS (2007), nos dice que la deficiencia de cobertura del agua potable y la desinfección inadecuada de los sistemas de abastecimiento de agua, aunada a una vigilancia sanitaria limitada, son factores que generan problemas de salud que requieren atención médica para combatirlos.

OPS/OMS (2007), nos hace referencia que las infecciones respiratorias y las enfermedades diarreicas continúan siendo la causa de enfermedades y muertes de niños menores de cinco años. Estas enfermedades son causas principales de morbilidad durante los cinco primeros años de vida y en conjunto constituyen el principal motivo de consultas ambulatorias en los servicios de salud y hospitalización. La mayor parte de las defunciones se han debido a enfermedades infecciosas y parasitarias, las que junto con las infecciones intestinales constituyen el grupo más importante.

Como experiencia la OPS/OMS (2007), indica que las epidemias y las enfermedades de origen hídrico tienden a desaparecer en los lugares bien saneados, donde además de alta cobertura en el suministro de los servicios, se dispone de calidad en el suministro de agua para consumo humano y en la recolección, tratamiento y disposición sanitaria de las aguas residuales y excretas.

#### **2.2.14. Normas que garantizan la calidad de agua**

OMS (2006), hace referencia que la importancia del agua, saneamiento y la higiene para la salud y el desarrollo han quedado reflejados en los documentos finales de diversos foros internacionales sobre políticas, entre los que cabe mencionar conferencias relativas a la salud, como la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud que tuvo lugar en Alma Ata, Kazajstán (ex Unión Soviética) en 1978, conferencias sobre el agua, como la Conferencia Mundial sobre el Agua de Mar de la Plata (Argentina) de 1977, que dio inicio al Decenio Internacional de Agua Potable y

del Saneamiento Ambiental, así como los Objetivos de Desarrollo del Milenio aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en 2000 y el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo de 2002. Más recientemente, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2005 a 2015 como Decenio Internacional para la acción “El agua, fuente de vida”.

OMS (2006), indica que la OMS ha elaborado las Guías para la Calidad del Agua Potable, dirigidas principalmente a los responsables de la elaboración y gestión de políticas en materia de agua y salud, y a sus asesores, para orientarles en la elaboración de normas nacionales. Muchas otras personas utilizan las Guías y documentos asociados como fuente de información acerca de la calidad del agua y la salud, así como sobre métodos de gestión eficaces.

OPS/CEPIS (2002), indica que desde el punto de vista institucional, la garantía de que el agua de bebida esté libre de riesgos microbiológicos es una responsabilidad de las autoridades sanitarias. Para ello cada país debe establecer un marco de referencia para evaluar si el agua está en buenas condiciones, si es segura o si está contaminada. Este instrumento se llama Norma de Calidad de Agua de Bebida (NCAB).

Villegas (1995), afirma que los indicadores deberían ser explicados bajo el concepto de sostenibilidad dentro de un proceso lógico, fusionando los aspectos ecológicos, económicos y sociales. Estos se definen ante una situación única y dentro de un escenario específico.

DIGESA (2011), establece a la Ley General de Salud Ley N° 26842, la propuesta de reglamentación de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de

asegurar la calidad del agua para consumo, cuyos valores permisibles se muestran en las tablas N° 2 y 3.

**Tabla N° 3 : Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos**

Parámetros	Unidad de medición	LMP
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml a 35 °C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 ml a 44.5 °C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 ml a 44.5 °C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/100 ml a 35 °C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/l	0
6. Virus	UFC/ml	0
7. Organismos de vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estados evolutivos.	N° org/l	0

UFC = Unidad formadora de colonias

LMP = Límite Máximo Permisible

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples =< 3/100 ml

Fuente: Valores establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, MINSA-DIGESA-Lima-Perú, 2010.

**Tabla N° 4 : Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica**

Parámetro	Unidad de Medición	Límite recomendado MINSA-DIGESA (2010)	Límite Máximo Permissible OMS (2005)
1. Olor	----	Aceptable	Aceptable
2. Sabor	----	Aceptable	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15	15
4. Turbiedad	UNT	5	5
5. pH	Valor de pH	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	2000
7. Sólidos totales disueltos	mg L <sup>-1</sup>	1000	1000
8. Cloruros	mg CL <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250	200 a 300
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	200	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500	250 - 500
11. Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	120	200 – 500
12. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1.5	1.5
13. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0.2	0.2
14. Calcio	mg Ca L <sup>-1</sup>	75	200
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2.0	1.0
16. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0.3	0.3
17. Magnesio	mg Mg L <sup>-1</sup>	125	150
18. Manganeseo	mg Mn L <sup>-1</sup>	0.4	0.5
19. Nitrato	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	<1	5
20. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200	200
21. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3.0	3.0 – 15.0

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Valores establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, MINSA-DIGESA-2010, OMS-2005.

### 2.2.15. Autoridades competentes de la calidad del agua para consumo humano

DIRESA PUNO (2015), hacen referencia de las siguientes autoridades competentes:

- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)

Órgano de línea del Ministerio de Salud encargada de normar, supervisar, controlar, evaluar y concertar con gobiernos Regionales, Locales de acuerdo al (Art. 9 del D.S. 031-2010-SA).

- Dirección Regional de Salud (DIRESA)

Realiza fiscalización sanitaria de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano de su jurisdicción de ser el caso aplica las sanciones que correspondan (Art. 29°, 78° del reglamento de calidad de agua del D.S. 031-2010-SA).

- Gobiernos locales, provinciales y distritales

Encargados de velar el sostenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua de acuerdo al (Art. 12° D.S. 031-2010-SA). Encargadas de administrar y reglamentar directa o por concesión el servicio de agua potable, desagüe, disposición de residuos sólidos (Incisos, 2.1, 4.1, Art. 80 de la ley orgánica de Municipalidades Ley N° 26338)

- Proveedor del agua para consumo humano

El D.S. 031-2010-SA, en su Art. 50, establece las obligaciones que debe cumplir el proveedor para satisfacer de agua potable a la población.

Suministrar agua para consumo humano cumpliendo con los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos de acuerdo al reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

#### **2.2.16. Tratamiento de agua cruda**

DIRESA PUNO (2015), nos indica que el proveedor suministrara agua para consumo humano previo tratamiento del agua cruda. El tratamiento se realizara de acuerdo a la calidad del agua cruda, en caso que esta provenga de una fuente subterránea y cumpla los límites máximos permisibles (LMP), deberá ser desinfectada previo al suministro a los consumidores.

OMS (2006), hace referencia que en caso de aguas de calidad muy alta, por ejemplo las aguas subterráneas de acuíferos confinados pueden utilizarse la protección del agua de origen y del sistema de distribución como medidas principales de control para el suministro de agua inocua. Sin embargo lo más frecuente es que sea necesario someter el agua a tratamiento para retirar o destruir los microorganismos patógenos. En muchos casos como aguas superficiales de calidad deficiente es preciso aplicar múltiples etapas de tratamiento como la coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

**Tabla N° 5 : Reducciones de la carga de bacterias, virus y protozoos logrados mediante la desinfección.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Grupo de microbios entéricos patógenos</b>	<b>Tasa de eliminación de referencia</b>
<b>Desinfección</b>		
Cloro	Bacterias	Ct <sub>99</sub> :0,08 mg*min/l a 1-2°C, pH 7; 3,3 mg*min/l a 1-2°C, pH 8,5
	Virus	Ct <sub>99</sub> :12 mg*min/l a 0-5°C; 8 mg*min/l a 10°C, ambos a pH 7-7,5
	Protozoos	Giardia Ct <sub>99</sub> :230 mg*min/l a 0.5°C; 100 mg*min/l a 10°C; 41 mg*min/l a 25°C, todos a pH 8,5 No destruye Cryptosporidium

Nota: Ct son para microorganismos en suspensión, no en el seno de las partículas ni en biopelículas.  
Fuente: Guía para la calidad de agua potable, OMS, 2006.

### 2.2.17. Organización y funciones de la JASS

Mariela (2015), indica que según el reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento D.S. N° 023-2005-Vivienda, las JASS deben de cumplir con:

- Registrarse ante su municipalidad distrital.
- Operar, administrar y mantener los servicios de saneamiento.
- Determinar la cuota familiar.
- Apoyar y supervisar la ejecución de proyectos.
- Realizar cobros relacionados con la prestación mediante personas autorizadas.
- Disponer de medidas correctivas, en caso de incumplimiento de sus obligaciones a los usuarios.
- Celebrar contratos y convenios con ONGs, Empresas, etc.

En el artículo 49-50 del D.S. 031-2010 SA, nos hacen referencia de que las JASS deben:

- Suministrar agua para consumo humano, cumpliendo los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos establecidos en la norma.
- Controlar la calidad del agua que suministra.
- Suministrar la información referida al control de la calidad, como declaración jurada.

Las responsabilidades de las JASS, son:

- Conformar su consejo directivo.
- Aprobar sus reglamentos y estatutos.
- Cobrar la cuota familiar.
- Administrar, operar y mantener los sistemas de saneamiento (agua potable y alcantarillado)
- Clorar el agua para consumo humano.
- Convocar a reuniones (asambleas y faenas)
- Rendir las cuentas de la administración, operación y mantenimiento.

#### **2.2.18. Clasificación de la calidad de agua para consumo humano**

Las aguas se clasifican en cuatro grupos (ver tabla 04), según su calidad para el consumo humano. Para hacer esta clasificación se usan unos 20 parámetros de los que los más importantes son: DQO, DBO<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NTK, conductividad, CL<sup>-</sup>, CN<sup>-</sup>, recuentos microbiológicos y algunos metales (Fe, Cu, Cr).

**Tabla N° 6 : Clasificación de las aguas para consumo humano**

<b>Tipo</b>	<b>Clasificación de las aguas para consumo humano</b>
A1	Aguas potabilizadas con un tratamiento simple como filtración rápida y desinfección.
A2	Aguas potabilizadas con un tratamiento físico-químico normal, como pre cloración, floculación, decantación, filtración y desinfección.
A3	Potabilización con un tratamiento adicional de la A2, tales como ozonización o carbón activo.
A4	Aguas no utilizables para suministro de agua potable, salvo casos excepcionales, y con un tratamiento intenso.
A5 *	Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
A6 *	Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

(\*) Clasificación de las aguas para otros usos: pesca, recreativa, deportiva y otros.

Fuente: [http://www.Teconologia/microbiologia2\\_parte2.htm](http://www.Teconologia/microbiologia2_parte2.htm).

### 2.2.19. Desinfección del agua

Acuña F. y Pacheco A. (2013), indican que la desinfección del agua para uso humano tiene por finalidad la eliminación de los microorganismos patógenos contenidos en el agua mediante la inclusión de cloro en el agua.

Acuña F. y Pacheco A. (2013), nos dicen que muchas veces, tratándose de agua de manantiales naturales o de pozo, la desinfección es el único tratamiento que se le da al agua para obtener agua potable. Por lo contrario al potabilizar el agua con un exceso de cloro las personas pueden estar induciendo en enfermedades de alto riesgo como el cáncer de hígado, estómago, riñón, colon, recto.

Debido a estas consecuencias Acuña F. y Pacheco A. (2013), hacen referencia que se ha comprobado que el cloro es beneficioso para la desinfección del agua y para el consumo humano siempre y cuando se mantenga entre los límites permisibles por lo que es importante revisar frecuentemente el cloro residual en el sitio de entrega al público.

### 2.2.20. Cloración del agua de consumo humano

GRP (2012), nos indica que es la aplicación de cloro al agua con el propósito de eliminar los microorganismos o gérmenes que producen enfermedades y que se encuentran contenidas en el agua. Es tratar el agua y hacer apta para el consumo humano.

Entre los requisitos para la cloración del agua de consumo humano tenemos:

- Reporte de análisis físico, químico y microbiológico.
- Parámetros básicos de campo.
- Identificación de riesgos (ficha PVICA).
- Caudal de agua a clorar.
- Operador/personal de JASS capacitada y entrenada.
- Cuidado ambiental.
- Sistema de agua potable acondicionado.
- Pago de cuota familiar. Que cubra gastos de AOM.

Si se cumple con todos estos requisitos se procede con la cloración del agua.

### 2.2.21. Los subproductos de la cloración

Villanueva (2001), hace referencia que el origen del agua y el tipo de desinfectante utilizado determinan la concentración de los subproductos de la cloración. Las aguas subterráneas, al tener una menor cantidad de precursores orgánicos y requerir una dosis inferior de cloro, darán lugar a concentraciones más reducidas de subproductos de la cloración que las aguas superficiales. Desinfectantes alternativos al

cloro como, por ejemplo, el dióxido de cloro, las cloraminas o el ozono, con similar o mayor poder desinfectante, producen menor cantidad de subproductos clorados. La presencia de dichos compuestos en el agua embotellada es mínima o inexistente.

Villanueva (2001), indica que los sub productos de la cloración son una mezcla compleja de diferentes sustancias con diversas propiedades fisicoquímicas y cancerígenas, a las que la población puede estar expuesta a través del agua potable. Entre los subproductos mayoritarios tenemos los trihalometanos formado por el cloroformo, bromodiclorometano, dibromoclorometano y bromoformo; y los ácidos acéticos halogenados que forman ácidos: cloroacetico, dicloroacetico, tricloroacetico, bromoacetico, dibromoacetico, tribromoacetico, bromocloroacetico, dibromocloroacetico y bromodicloroacetico. Y como productos minoritarios tenemos al MX (mutageno X).

#### **2.2.22. Como mata el cloro a los agentes patógenos**

Christman (s.f), hace referencia que en 1881, el bacteriólogo alemán Robert Koch demostró, bajo condiciones controladas de laboratorio, que el hipoclorito (lejía) podía destruir cultivos puros de bacterias. El grueso de la investigación sobre desinfección con cloro realizada desde los años cuarenta a los setenta, con énfasis en las bacterias, proporciono observaciones sobre la manera en que el cloro mata a estos microorganismos. Las informaciones que las células bacterianas dosificadas con cloro liberan ácidos nucleicos, proteínas y potasio; y las funciones de la membrana, tales como la respiración y el transporte activo, resultan más afectadas por el cloro que los procesos citoplasmáticos.

Christman (s.f), concluye que la exposición al cloro parece causar alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la pared de la célula. De esta manera se destruye la barrera protectora de la célula, con lo que concluyen las funciones vitales y se produce la muerte del microorganismo; lo que significa que ya no es capaz de crecer ni causar enfermedad alguna.

### **2.2.23. Elementos de vigilancia y control de calidad de agua**

Rojas (2005), indica que la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha definido tres elementos básicos que todo programa debe contener y que son perfectamente aplicables al control de la calidad del agua realizado por el abastecedor. Adicionalmente, existen otros elementos de los programas de vigilancia y control. Los elementos básicos son los siguientes:

- a) Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica.
- b) Inspección sanitaria y operacional.
- c) Evaluación institucional.

A su vez, los elementos complementarios o de apoyo son:

- a) Reglamentos y normas.
- b) Recursos humanos, materiales y económicos-financieros.
- c) Capacitación.
- d) Educación sanitaria, encuestas y flujo de información.

### 2.2.24. Monitoreo de calidad de agua

Leal J. y Rodriguez F. (1998), definen que el monitoreo es el procedimiento continuo de observación, medición, evaluación de las acciones del proyecto en forma objetiva, con el fin de identificar impactos ambientales y aplicar las medidas de control ambiental en el momento y en el lugar apropiado. La información recopilada es de importancia para temas de investigación y para prevenir impactos ambientales de proyectos similares.

DIGESA/MINSA (2011), nos indica que la calidad microbiológica del agua se evaluara mediante el monitoreo de los parámetros de cloro residual libre, turbiedad, coliformes termotolerantes y parásitos en el agua tratada, cada uno deberá cumplir con los siguientes valores:

**Tabla N° 7 : Parámetros bacteriológicos, parasitológicos y físicos**

Parámetro	Unidad	Valores
Cloro Residual Libre <sup>(1)</sup>	mg/l	≥ 0.5 mg/l – 1 mg/l
Turbiedad	UNT	< 5
E. Coli o Coliformes Termotolerantes.	UFC/100 ml a 44.5°C	0 <sup>(2)</sup>
Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/l	0

(1) En caso de que el valor de cloro residual libre es < 0.5mg/l tomar muestras de agua para el análisis microbiológico.

(2) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples ≤ 2.2/100 ml  
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

### 2.2.25. Control de calidad de agua en el medio rural

Mendoza (2013), nos indica que el control de la calidad del agua en el medio rural está dirigido a la evaluación del servicio como un todo, siendo los principales aspectos a ser considerados los siguientes:

- Calidad de agua para consumo humano.
- Nivel del servicio de abastecimiento de agua a la comunidad.
- Deficiencias de los componentes del sistema de abastecimiento que favorecen el deterioro de la calidad del agua.
- Estado de la gestión del sistema de abastecimiento de agua.
- Grado de sostenibilidad del servicio de abastecimiento de agua.
- Nivel de conducta sanitaria de los usuarios.
- Programas de educación sanitaria conducentes al mejoramiento del nivel de salud de los miembros de la comunidad atendida.
- Incidencia de enfermedades.
- Impacto económico.

### 2.2.26. Control de desinfectante

DIRESA PUNO (2015), nos indican que antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor realizara la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguno debe contener menos de  $0.3 \text{ mg L}^{-1}$ .

### 2.2.27. Medición del cloro residual en el agua

Alejandro C. y Julio P. (2013), nos indica que el material necesario para medir el cloro residual es el siguiente:

- Pastillas DPD N° 1
- Comparador de cloro residual.
- Cronometro o reloj con segundero.

Alejandro C. y Julio P. (2013), establece que para la medición del cloro residual se procede de la siguiente manera:

- Determinar los 3 puntos de muestreo en la red de distribución: en la parte alta, media y baja de la red de distribución.
- Disponga de un comparador de cloro y reactivos (pastillas DPD).
- Abrir el grifo o caño y dejar correr el agua por un periodo no menor a un minuto.
- Enjuagar el comparador de cloro residual varias veces (mínimo 3).
- Tomar la muestra de agua en el tubo del comparador dejando un centímetro libre.
- Echar media pastilla DPD a la muestra de agua contenida en el comparador, luego tapanlo.
- Agitar el comparador para mezclar bien y esperar aproximadamente 1 minuto.
- Transcurrido ese tiempo, comparar los resultados con la escala de colores (tabla) para cloro residual, ubicado lateralmente en el comparador de cloro, lo cual indica la cantidad de cloro residual en el agua (coloración roja).
- Los valores óptimos están en el rango de 0.4 a 0.6 mg/l; para el caso de un punto de consumo directo.

### 2.2.28. Evaluación de la calidad de agua

UNICEF (1999), precisa que la evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud.

OPS/CEPIS (2004), nos indica que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo y a las unidades y terminologías empleadas.

OPS/CEPIS (2004), también nos dice que para una correcta interpretación de los datos obtenidos, los resultados de los análisis deben manejarse estadísticamente, teniendo en cuenta la correlación de iones, los factores que gobiernan el comportamiento de los componentes del agua, etcétera. El uso de gráficos ayuda a mostrar las relaciones físicas y químicas entre el agua, las fuentes probables de contaminación o polución y el régimen de calidad y, por lo tanto, a realizar adecuadamente la evaluación de los recursos hídricos.

OMS (1993), afirma que la evaluación de la calidad de agua es un estudio técnico, que determina las características organolépticas, físicas, químicas y biológicas del agua en sistemas de abastecimiento público, redes de suministro, drenajes municipales o industriales, descargas de aguas residuales, cuerpos receptoras, canales y vasos de captación, etc.

OMS (1993), nos indica que para estos tipos de estudios, se incluyen la elaboración del programa de muestreo, las campañas de monitoreo, la caracterización analítica en situ y en laboratorio, la revisión de resultados y el dictamen sobre la calidad

de diferentes corrientes de agua de suministro y de los efluentes que se generan en centros urbanos y/o industriales, así como de cuerpos de agua territoriales y costeros con respecto a la normatividad vigente, criterios ecológicos o de aprovechamiento.

### **2.2.29. Método de cloración por goteo usando solución madre y regulador**

GRP (2012), nos indica que es un sistema de cloración recomendado para clorar el agua en caudales mayores a 1 litro por segundo.

GRP (2012), también nos dice que para su funcionamiento se requiere instalar:

- Una cámara de almacenamiento, donde se deposita la “solución madre”.
- Una cámara pequeña que hace las veces de regulador del ingreso de la solución madre al reservorio.

GRP (2012), hace referencia que para su instalación y funcionamiento se requiere:

- Constar con el apoyo técnico de un personal calificado conocedor del tema.
- Solicitar al técnico enseñe al Consejo Directivo de la JASS y al gasfitero o responsable de la cloración, los procedimientos para efectuar este trabajo.
- Después de la cloración, realizar la medición del cloro residual de acuerdo a lo señalado en el presente manual.
- Registrar la actividad realizada en la ficha de control.



**Figura N° 2 : Identificación de partes de la cloración por goteo**

### 2.2.30. Criterios de diseño y saneamiento de sistema de cloración

MVCS (2016), establece que para determinar el volumen de solución de hipoclorito, ya sea cálcico o sódico, a aplicar a un caudal de suministro o a un volumen de agua almacenado, se han de realizar los siguientes cálculos:

- Determinar el peso de hipoclorito de calcio o sodio necesario, según la siguiente expresión:

$$P = Q * d \dots \text{Ecuacion 1}$$

Dónde:

P = Peso de cloro en gr/h

Q = Caudal de agua a clorar en m<sup>3</sup>/h

d = Dosificación adoptada en gr/m<sup>3</sup>

- Determinar el peso del producto comercial en base al porcentaje de cloro de este:

$$P_c = \frac{P * 100}{r} \text{ Ecuacion 2}$$

Dónde:

$P_c$  = Peso producto comercial en gr/h

$r$  = Porcentaje de cloro activo que contiene el producto comercial (%)

- Calcular el caudal horario de solución de hipoclorito ( $q_s$ ) en función de la concentración de la solución preparada. El valor de  $q_s$  permite seleccionar el equipo dosificador requerido:

$$q_s = \frac{P_c * 100}{c} \dots \text{ Ecuacion 3}$$

Dónde:

$P_c$  = Peso producto comercial en kg/h

$q_s$  = Demanda horaria de la solución en l/h, asumiendo que la densidad de 1 litro de solución pesa 1 kg

$c$  = Concentración solución (%)

- Finalmente se calcula el volumen de la solución, en función del tiempo de consumo del recipiente en el que se almacena dicha solución:

$$V_s = q_s * t \dots \text{ Ecuacion 4}$$

Dónde:

$V_s$  = Volumen de la solución en litros l (correspondiente al volumen útil de los recipientes de preparación)

$t$  = Tiempo de uso de los recipientes de solución en horas h

Normalmente el tiempo  $t$  se ajusta a los ciclos de operación de 6 horas (4 ciclos), 8 horas (3 ciclos) y 12 horas (2 ciclos) correspondiente al vaciado de los recipientes y carga de nuevo volumen de solución.

## **2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS**

### **2.3.1. Agua cruda**

DIGESA (2011), nos indica que es aquella agua, que se encuentra en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento.

### **2.3.2. Agua tratada**

DIGESA (2011), lo definen como toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.

### **2.3.3. Agua potable**

OMS (2006), nos indica que el agua de consumo inocua (agua potable), según se define en las Guías, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que puedan presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los

lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal.

#### **2.3.4. Calidad de agua**

OPS/CEPIS (1999), define como agua de buena calidad aquella que reúne las condiciones mínimas tanto físico-químicas como bacteriológicas establecidas por la OMS permitiendo su consumo directo.

OPS/CEPIS (1999), indica también que se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industrias. La calidad del agua se define como un conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presenten en suspensión o en solución.

#### **2.3.5. Cloración**

Murillo (2015), se considera un método de desinfección del agua mediante la adición de cloro, cuyo propósito es destruir o inactivar los organismos patógenos que pudieran estar presente en el agua.

#### **2.3.6. Cloro**

OPS/COSUDE (2007), lo define como un elemento normalmente encontrado como un gas amarillento verdoso aproximadamente 2.5 veces más pesado que el aire.

### **2.3.7. Cloro residual libre**

DIGESA (2011), se entiende como la cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.

### **2.3.8. Colorímetro**

Murillo (2015), nos indica que es una herramienta que identifica el color y la matiz para una medida más objetiva del color, permite medir la absorbencia de una solución en una específica frecuencia de luz camilogeno a ser determinada. Es por eso, que hacen posible descubrir la concentración de un soluto conocido que sea proporcional a la absorción.

### **2.3.9. Demanda de cloro**

Comision Nacional del Agua (2007), nos indica que es la cantidad de cloro que consumen las sustancias reductoras y la materia orgánica. Cuantitativamente representa la cantidad que se agrega menos la que se conserva al término de la reacción (cloro residual) y se mide en mg/l, o en partes por millón. El tiempo de reacción generalmente se fija en 10 minutos para agua potable y de 15 a 30 minutos para agua residual.

### **2.3.10. Descloración**

Comision Nacional del Agua (2007), indica que la desinfección de agua negra tratada, por su poder residual, puede ser altamente toxica cuando se descarga a cuerpos de agua con vida acuática. Esta toxicidad no depende de la cantidad de cloro utilizado,

sino más bien, de la concentración y composición de cloro residual (libre o combinado), así como de factores como son la presencia de materia orgánica, el pH, la temperatura y el tiempo de contacto. Para controlarla se recurre a desclorar el agua antes de verterla a estos cuerpos receptores. Para ello, comúnmente se utiliza el dióxido de azufre o carbón activado.

### **2.3.11. Desinfección**

OMS (2006), indica que la desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro.

OMS (2006), también nos dice que la desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en agua superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema.

### **2.3.12. Desinfectante**

OPS/COSUDE (2007), indica que es un elemento químico que se utiliza para destruir o inactivar, dentro de un tiempo dado, las clases y números de microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua que se va a tratar.

### **2.3.13. Dosificador**

OPS/COSUDE (2007), lo define como un dispositivo que descarga un producto químico a una frecuencia predeterminada en el tratamiento del agua. La dosis se puede modificar manualmente o bien automáticamente por cambios en el caudal.

### **2.3.14. DPD**

Murillo (2015), nos dice que el DPD es una mezcla sólida homogénea que se emplea para determinar la presencia de cloro libre o cloro total en agua desinfectadas con insumos químicos clorados y se presenta en polvo, envasado en sachés de un material tr laminado que evita el contacto con la luz UV, la contaminación y la humedad.

### **2.3.15. Hipoclorito de calcio**

Comision Nacional del Agua (2007), lo define también como cloruro de cal, es producido al adicionar monóxido de cloro al agua y neutralizar con lechada de cal para crear una solución de hipoclorito de calcio. Posteriormente, se elimina el agua de la solución para dejar el hipoclorito de calcio en forma granular. El contenido de cloro activo varía del 30% al 70%.

### **2.3.16. Límite máximo permisible**

DIGESA (2011), nos indican que son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.

### **2.3.17. Monitoreo operativo**

OMS (2006), indica que las medidas de control son medidas aplicadas en el sistema de abastecimiento de agua de consumo que impiden, reducen o eliminan la contaminación y se definen en la evaluación del sistema. Incluyen, por ejemplo, las medidas de gestión de la cuenca de captación, el zócalo que rodea un pozo, los filtros y las infraestructuras de desinfección, y los sistemas de distribución de agua por tuberías. Si funcionan correctamente en conjunto, garantizan el cumplimiento de las metas de producción de salud.

### **2.3.18. Organización comunal**

DIGESA (2011), se dice que son las juntas administradoras de servicios de saneamiento, asociación, comité u otra forma de organización, elegidas voluntariamente por la comunidad constituidas con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento.

### **2.3.19. Organización Mundial de la Salud**

Murillo (2015), define que la OMS se encarga de mejorar la calidad del agua potable y la salud humana y establecer las pautas, las cuales son adoptadas e impuestas por algunos países voluntariamente, ya que cada país es libre de establecer sus propias normas, las cuales pueden ser menores, iguales y/o más estrictas que las recomendadas por la OMS.

### 2.3.20. Tratamiento

OMS (2006), nos indica que tras la protección del agua de origen, las siguientes barreras contra la contaminación del sistema de abastecimiento de agua de consumo son las operaciones de tratamiento del agua, incluidas la desinfección, y la eliminación de contaminantes por medios físicos.

Murillo (2015), define que se denomina estación de tratamiento de agua potable al conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. DESCRIPCION DEL AMBITO DE ESTUDIO

##### 3.1.1. Ubicación Política

- Centro Poblado : Cayacaya
- Distrito : Putina
- Provincia : San Antonio de Putina
- Departamento : Puno
- Región : Puno

##### 3.1.2. Ubicación Geográfica

- Región Natural : Sierra Andina o Suni
- Altitud : Oscila por los 3862 msnm
- Latitud Sur : 14°59'8''
- Longitud Oeste : 69°50'48.4''

##### 3.1.3. Ubicación Hidrográfica

- Hoya Hidrográfica : Lago Titicaca
- Cuenca : Rio Huancané

### 3.1.4. Límites

- Por el este : Distrito de Ananea
- Por el oeste : Distrito de Muñani
- Por el norte : Distrito de Potoni y Crucero
- Por el sur : Distrito de Huatasani e Inchupalla

### 3.1.5. Vías de comunicación y accesibilidad

El acceso al lugar del proyecto de investigación desde la ciudad de Puno es como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N° 8 : Vías de acceso desde Puno**

Tramo		Tipo de Vía	Vehículo	Distancia (km)	Tiempo (min)
DE	A				
Puno	Juliaca	Asfaltada	Combis	56	45
Juliaca	Putina	Asfaltada	Combis	92	85
Putina	Cayacaya	Asfaltada	Propio	10	12

Fuente: Elaboración propia.

## 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

Los materiales y equipos utilizados para la obtención de información de campo y procesamiento de datos para el presente trabajo de investigación son los siguientes:

### 3.2.1. Materiales de escritorio e insumos

- 01 Libreta de campo.
- 05 Lapiceros de tinta seca.
- 04 Millares de papel bond A-4.
- 04 Pomos pequeños de tinta Epson (negro, cian, magenta y amarillo).

- 25 Unidades de folder manila A-4.
- 01 Caja de 100 unidades de pastillas DPD.
- Bibliografía consultada.

### **3.2.2. Equipos de cómputo, georeferenciales, audiovisuales y de servicios**

- 01 Laptop Core i7.
- 01 Impresora Epson TX-315 (sistema de tinta continuo).
- 01 Escáner A-4.
- 01 USB.
- 01 GPS Garmin Etrex-30.
- 01 Cámara fotográfica digital.
- 01 Cronómetro.
- 01 Flexómetro de 5m.
- 01 Comparador de cloro residual.
- 01 Moto lineal.
- Ambiente para trabajos de gabinete.
- Escritorio.
- Fotocopias y anillados.

## **3.3. POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO**

### **3.3.1. Población de estudio**

Para la identificación de todos los sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural del distrito de Putina que cuenta con sistema de cloración, se le solicito la información a la Área Técnica Municipal (ATM) de la Municipalidad Provincial de San

Antonio de Putina, quienes son los encargados de formalizar y capacitar a las JASS, a la vez realizar un diagnóstico situacional del abastecimiento de agua potable en el medio rural, quienes realizan un trabajo conjunto con el Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR).

La población de estudio está conformado por las redes de suministro de agua potable con sistema de cloración en la zona rural del Distrito de Putina, como se detalla a continuación.

**Tabla N° 9 : Sistemas de abastecimiento de agua potable en ámbito rural con sistemas de cloración**

Ítem	Comunidad Campesina	Nombre de JASS	Sistema de Cloración
01	Cayacaya	JASS-C.C. de Cayacaya	Por Goteo
02	Alegria Llancahuahua	JASS-C.C. de Alegria Llancahuahua	Por Goteo
03	Santa Rosa de Uyuni	JASS-C.C. de Santa Rosa de Uyuni	Por Goteo
04	Pichani	JASS-C.C. de Pichani	Por Goteo
05	Cascada Muñani Chico	JASS-C.C. de Cascada Muñani Chico	Por Goteo

Fuente: ATM de la Provincia de San Antonio de Putina.

### 3.3.2. Muestra de estudio

#### a. Tamaño de la muestra

Se determinó el tamaño de la muestra por 01 unidad integral de abastecimiento de agua potable con sistema de cloración y su correspondiente JASS.

#### b. Tipo de muestreo

Se ha realizado el tipo de muestreo probabilístico sistemático bajo el criterio de accesibilidad a la zona.

El centro poblado de Cayacaya por ubicarse a un lado de la vía asfaltada principal que comunica Juliaca con Putina y por ser la más próxima a la ciudad de Putina, se le ha considerado como muestra de estudio para el presente proyecto de investigación.

### **3.4. METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO**

El tipo de estudio para el diseño de la investigación es de tipo descriptivo cualitativo. Para lo cual en el presente proyecto de investigación se ha planteado un proceso metodológico que comprende de las siguientes etapas:

#### **3.4.1. Recopilación de información básica**

Actividades:

- **Identificación del actual sistema de abastecimiento de agua potable.**

La JASS – C.C. Cayacaya, perteneciente al Centro Poblado de Cayacaya, es la organización encargada de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento de su comunidad.

En coordinación con el presidente de la JASS, se realizó 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 Provincial de San Antonio de Putina.

- **Identificación del área usuaria del proyecto.**

Se priorizo una reunión con la junta directiva de la JASS – C.C. Cayacaya, en donde se indago sobre el estado situacional en el que se encuentra la organización. Revisando la documentación existente, nivel de organización, capacitaciones con las que cuentan, el cumplimiento de las acciones de operación y mantenimiento, entre otros.

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

Actividades:

- **Identificación de puntos de muestreo.**

La DIGESA mediante la R.D. N° 160-2015-DIGESA-SA. “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; utilizándose para el registro de la información.

La ubicación de los puntos de muestreo para determinar el cloro libre residual, dentro del sistema de abastecimiento de agua potable sin planta de tratamiento del centro poblado, se consideró en base a la referencia que se tiene del sistema y a los siguientes criterios:

- a. Se ubicó un punto, localizando un grifo de la vivienda más cercana al reservorio que se abastece de la red de distribución, debido a que no se cuenta con un grifo a la salida de la tubería de la infraestructura de almacenamiento (reservorio).
  
- b. Se ubicaron dos puntos en las áreas intermedias y extremos más alejados de la red de distribución, considerando que área de estudio se encuentra en el medio rural y es una red abierta, el primer punto de muestreo se ubicó en las áreas intermedias de la red de distribución y el segundo punto en los ramales al final de ellas, teniendo en consideración el recorrido de agua más largo.

- **Medición de cloro residual.**

La DIGESA mediante el D.S. N° 031-2010-SA. “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, nos 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 de los parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, dentro de uno de los 6 parámetros se encuentra el cloro libre residual, para ello se establece los rangos que son de 0.5 mg/l hasta 1 mg/l.

Según la OMS el rango apto para consumo humano es hasta 5 mg/l, pero una vez superado los 1 mg/l en el cloro residual, son detectables por el olor y sabor, lo que hace que sea rechazada por el usuario o consumidor.

El cloro residual se obtuvo mediante el método colorimétrico con DPD, el cloro libre reacciona instantáneamente con la DPD produciendo un complejo de color rosa, la intensidad de este es proporcional a la cantidad de cloro libre presente en la muestra.

Para la toma de muestras y medición de cloro residual in situ utilizando el comparador de disco de cloro residual, se procedió de la siguiente manera:

- 1° Se determinó los 3 puntos de muestreo en la red de distribución: la primera vivienda más cercana al reservorio, la segunda en el salón comunal y la tercera en la última vivienda más baja de la red.
- 2° Se abrió el grifo para dejar correr el agua por el periodo de 3 minutos, con el objetivo de limpiar la salida y descargar el agua que ha estado almacenada en la tubería.
- 3° Se enjuago 3 veces el comparador de cloro, para luego proceder a tomar la muestra de agua en el tubo del comparador dejando un centímetro libre.
- 4° Se procedió a echar un sobre de DPD a la muestra de agua contenida en el comparador, luego se tapó para poder agitar el comparador logrando una mezcla homogénea y se esperó 1 minuto para que se cumpla la reacción.
- 5° Transcurrido el tiempo de espera, se compararon los resultados con la escala de colores para cloro residual adherida al comparador, lo cual te indica la cantidad de cloro residual en el agua (coloración rosácea).

En el desarrollo del trabajo de investigación para el muestreo se tomó una (01) muestra diaria en cada punto de muestreo durante todo el mes de setiembre de 2017, con un total de 30 muestras por punto.

Para la interpretación de resultados se construyeron gráficas de control del cloro residual, mediante el software de Microsoft Excel 2017.

### **3.4.3. Diagnostico técnico, físico y operacional del sistema de cloración**

Actividades:

- **Caracterización del actual sistema de cloración.**

En coordinación con el presidente de la JASS – C.C. Cayacaya se realizó una visita in situ en donde se caracterizó el estado del actual sistema de cloración, realizando un diagnostico físico en función de los siguientes criterios:

- a. Se determinó el tipo de sistema de cloración con el que cuenta.
- b. Se identificó las partes conformantes del actual sistema.
- c. Se verificó el material y estado en el que se encuentran los componentes que conforman el sistema de cloración.

- **Evaluar la operación del sistema de cloración.**

En coordinación con el responsable de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable, se realizó la evaluación de los factores que influyen en la operación del sistema de cloración, en función de los siguientes criterios:

- a. Se evaluó las deficiencias con las que cuenta el actual sistema de cloración, en razón a su funcionalidad y operación, identificando las deficiencias en cuestión del diseño del sistema instalado, su vulnerabilidad en la operación y los inadecuados accesorios que imposibilitan un correcto funcionamiento del sistema.
- b. Se evaluó el conocimiento del personal encargado, referente a la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable, realizando una encuesta para determinar si el personal encargado de la operación y mantenimiento se encuentra debidamente capacitado para cumplir eficientemente sus funciones.

**3.4.4. Conceptualización y planteamiento de diseño del sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable**

Actividades:

- **Investigar sobre los 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 en el reservorio, ya sea este a nivel de una solución convencional o no convencional.

Existen diferentes equipos dosificadores de cloro, dentro de ellos y de mayor uso habitual para los sistemas de abastecimiento de agua en el ámbito rural con poblaciones que no sobrepasen los dos mil (2,000) habitantes, son los hipocloradores por goteo.

**Tabla N° 10 : Descripción de sistemas de cloración por goteo con carga constante**

<b>Equipos Dosificadores</b>	<b>Descripción de la tecnología</b>
Hipoclorador de Goteo de carga constante de un recipiente	Es un modelo de un solo recipiente, que funciona a la vez como tanque preparador y como dosificador. Al balde de volumen conocido, se instala un conducto flexible que termina en una boya, y dotado en su otro extremo de un cuentagotas que permite la regulación del caudal de ingreso. Requiere de mantenimiento constante. Se recomienda el uso para una población menor a 25 familias y un caudal menor a 0.25 l/s.
Hipoclorador por goteo con flotador	Al hipoclorador por goteo se le adiciona un flotador, constituido de tuberías y accesorios de PVC de 3/4”, se coloca dentro del tanque dosificador. Al penetrar en el orificio, la solución clorada fluye dentro de una manquera de plástico flexible que lo conduce hasta la salida del tanque y en secuencia gotea en el reservorio de almacenamiento. Se recomienda el uso para una población entre 26 a 100 familias y un caudal entre 0.26 y 1 l/s.
Hipoclorador de Goteo de carga constante de doble recipiente	El recipiente superior contiene la solución más concentrada de hipoclorito o “solución madre”, y en el segundo recipiente, más pequeño, se encuentra el dosificador, que cuenta con una salida por goteo de la solución de cloro. En el dosificador se mantiene una carga constante mediante una válvula flotador. Se recomienda el uso para una población mayor a 100 familias para caudales mayores a 1 l/s.

Fuente: Elaboración propia.

- **Diseñar una alternativa eficiente para el sistema de cloración.**

Para el sistema de abastecimiento de agua potable del Centro Poblado de Cayacaya, en función al padrón existente y caudal de aforo determinado, corresponde a un sistema de cloración por goteo de carga constante de doble recipiente. Recientemente se instaló el sistema de cloración que corresponde pero con varias deficiencias.

Para el diseño de la alternativa propuesta mejorada se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- a. Contar con un suministro de agua de flujo constante, de conexión directa al tanque superior para la preparación de la solución madre.
- b. Contar con un recipiente de dosificación de carga constante con válvula de cierre automático en el ingreso.
- c. Dotar de una válvula de precisión para la salida por goteo de la solución de cloro.
- d. Ubicar el ingreso de la solución clorada lo más próxima posible al ducto de inspección del reservorio, para que permita realizar el control del caudal por goteo según el diseño hidráulico que corresponda.
- e. Adaptar una válvula de cierre automático al ingreso dentro del reservorio, evitando la desinfección innecesaria cuando los usuarios no den uso al sistema.
- f. Adaptar el ingreso de agua de la línea de conducción al reservorio para lograr un nivel estático y así evitar la pérdida de agua desinfectada del reservorio.

- g. Evitar la vulnerabilidad con respecto a la manipulación de personas externas y deterioro de los materiales por agentes climatológicos, como el sol, la lluvia, el viento, las granizadas, entre otros.
- h. Realizar la instalación con los materiales y accesorios adecuados para un funcionamiento correcto.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DESINFECCIÓN

Para la obtención de la información general tanto del sistema de abastecimiento de agua potable como del sistema de cloración, se elaboró un formato denominado “Información General sobre la Localidad y el Sistema”, que se adjunta en los anexos. Del cual se obtuvieron los siguientes resultados dentro del ámbito de intervención del proyecto.

##### 4.1.1.1. Características básicas

**Tabla N° 11 : Caracterización del ámbito de estudio**

<b>Criterios</b>	<b>Resultado de evaluación</b>
Beneficiarios	80 familias según padrón de beneficiario
Antigüedad del Sistema	El sistema se instaló en 1992
Abastecimiento de Agua Potable	80 conexiones domiciliarias
Nivel de servicio de Saneamiento	Letrinas
Institución ejecutora	FONCODES
Institución supervisora	MINSA

Fuente: Elaboración propia.

Mediante la Tabla N° 11, se realizó una descripción del sistema de agua potable en referencia a la ejecución del proyecto. Donde se evidencia que el sistema ya cumplió con su vida útil.

#### 4.1.1.2. Administración del sistema

**Tabla N° 12 : Gestión del sistema**

<b>Criterios</b>	<b>Resultado de evaluación</b>
Tipo de administración	JASS
Permanencia en el cargo	Menos de 2 años
Instrumentos de gestión	Padrón de usuarios, libro de caja, herramientas y libro de actas
Pago del servicio	S/. 10.00 (cuota familiar)
Puntualidad de pago	20 – 30%
Cloración del sistema	Permanente
Disponibilidad del desinfectante	Dependencias del MINSA

Fuente: Elaboración propia.

Mediante la Tabla N° 12, se puede ver que el encargado de brindar el servicio de agua potable es la JASS, quienes carecen de un plano de replanteo de la obra para la identificación de sus componentes, no cuentan con documentación de referencia para la Administración, Operación y Mantenimiento del sistema. También se puede ver la falta de sensibilización en la población sobre la importancia de la desinfección del agua como indicador de potabilización.

#### 4.1.1.3. Operación y mantenimiento

**Tabla N° 13 : Gestión del servicio de agua potable**

<b>Criterios</b>	<b>Resultado de evaluación</b>
Operación y condición salarial	Existe y es remunerado
Remuneración mensual	S/. 600.00
Tareas del operador	Reparación, mantenimiento, desinfección e inspección sanitaria
Control de actividades de operación y mantenimiento	No se realiza
Continuidad de servicio	Continuo
Restricción del servicio	Algunas partes

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla N° 13, se puede ver que el encargado de la operación y mantenimiento percibe una remuneración mensual por sus servicios, pero no se cuenta con la correcta administración por parte de la JASS, restringiéndose aun el acceso al servicio a una gran parte de la población del Centro Poblado.

#### 4.1.1.4. Capacitación

**Tabla N° 14 : *Conocimiento sobre operación y mantenimiento***

<b>Criterios</b>	<b>Resultado de evaluación</b>
Institución capacitadora	ATM de San Antonio de Putina
Operadores capacitados	No capacitados
Administradores capacitados	Medianamente capacitados
Oportunidad de capacitación	Después de la entrega de obra
Veces que se capacito	1 ves

Fuente: Elaboración propia.

En base a la Tabla N° 14, se evidencia una falta de capacitación al personal administrativo y técnico con el que cuenta la JASS, por un desconocimiento de sus deberes y funciones. La ATM y la DIRESA competentes sobre el sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento, deberían de capacitar correctamente a la JASS, para que puedan brindar un buen servicio y de calidad.

#### 4.1.2. CALIDAD DEL AGUA

En el actual sistema se realiza la cloración en forma permanente. Para el monitoreo de control de calidad, con referencia al parámetro de cloro residual, se identificaron los tres puntos de muestreo como se puede apreciar en la figura de “Identificación de las viviendas de muestreo” (Anexo 2, Fig. 2.1). del cual se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla N° 15 : Ubicación de viviendas de muestreo**

Punto de muestreo	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
Vivienda más próxima al reservorio	8343605	408503
Vivienda intermedia	8343226	408835
Vivienda más alejada de la red	8343277	409163

Fuente: Elaboración propia.

Para el monitoreo de la calidad del agua, se elaboró un formato denominado “Monitoreo del parámetro de cloro residual”, que se adjunta en los anexos. Del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

#### **4.1.2.1. Monitoreo de vivienda próxima al reservorio**

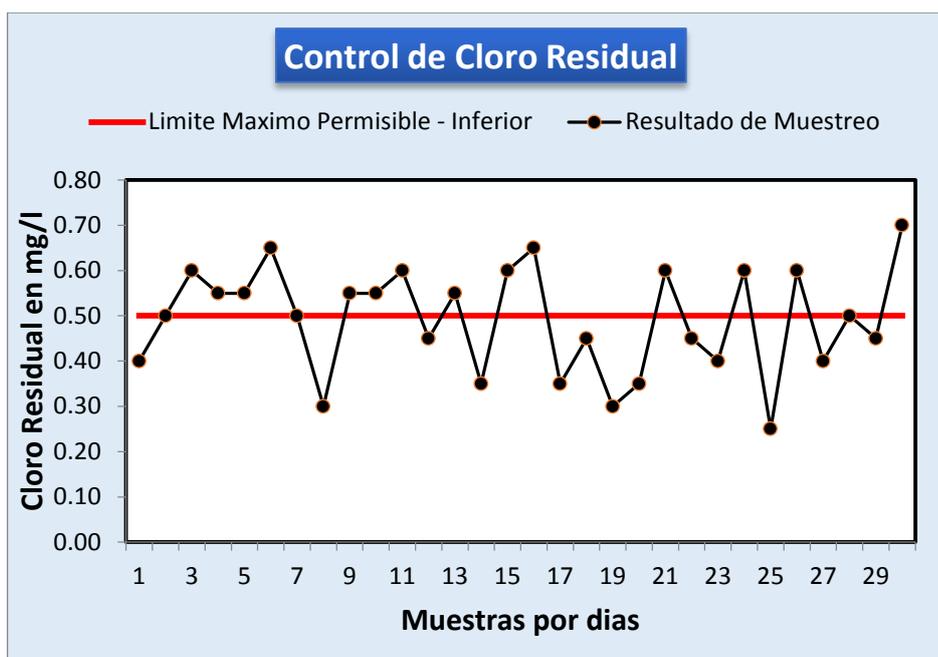
Para el análisis del cloro residual del agua de la primera vivienda más próxima al reservorio, se elaboró una tabla del registro diario correspondiente al mes de Setiembre de 2017, que se muestra a continuación:

**Tabla N° 16 : Muestras diarias de cloro residual, vivienda más próxima al reservorio**

Muestra	Fecha	Parámetro de Control	Límite Máximo Permissible (LMP)	Resultado
1	01/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
2	02/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.50 mg/l
3	03/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.60 mg/l
4	04/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.55 mg/l
5	05/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.55 mg/l
6	06/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.65 mg/l
7	07/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.50 mg/l
8	08/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.30 mg/l
9	09/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.55 mg/l
10	10/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.55 mg/l
11	11/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.60 mg/l
12	12/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.45 mg/l
13	13/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.55 mg/l
14	14/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.35 mg/l
15	15/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.60 mg/l
16	16/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.65 mg/l
17	17/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.35 mg/l
18	18/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.45 mg/l
19	19/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.30 mg/l
20	20/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.35 mg/l
21	21/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.60 mg/l
22	22/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.45 mg/l
23	23/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
24	24/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.60 mg/l
25	25/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.25 mg/l
26	26/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.60 mg/l
27	27/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
28	28/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.50 mg/l
29	29/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.45 mg/l
30	30/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.70 mg/l
$\Sigma$				<b>14.75 mg/l</b>
$\bar{X}$				<b>0.492 mg/l</b>

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 16, se construyó un gráfico de control de las variables cuantitativas, para verificar si el proceso de cloración fue capaz de tener el agua con cloro dentro de los LMP, la que se muestra a continuación.



**Figura N° 3 : Grafica de control de cloro residual – vivienda inicial**

De la Figura N° 3, se observa que del total de las 30 muestras tomadas en ese punto de muestreo el 57% de las muestras están dentro del rango para el cloro libre residual de 0.5 a 1 mg/l y el 43% de las muestras están por debajo del LMP inferior de 0.5 mg/l. Lo que nos daría a entender que los usuarios de las viviendas próximas al reservorio estarían consumiendo agua medianamente potable.

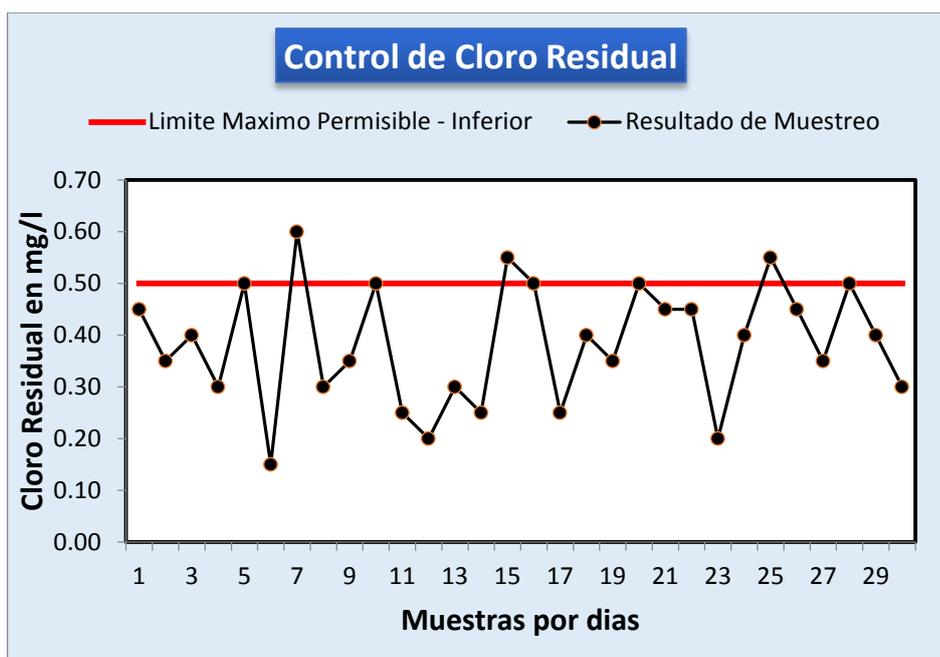
#### 4.1.2.2. Monitoreo de vivienda intermedia

Para el análisis del cloro residual del agua de la vivienda intermedia considerada, se elaboró una tabla del registro diario correspondiente al mes de Setiembre de 2017, que se muestra a continuación:

Tabla N° 17 : *Muestras diarias de cloro residual, vivienda intermedia*

Muestra	Fecha	Parámetro de Control	Límite Máximo Permissible (LMP)	Resultado
1	01/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.45 mg/l
2	02/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.35 mg/l
3	03/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
4	04/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.30 mg/l
5	05/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.50 mg/l
6	06/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.15 mg/l
7	07/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.60 mg/l
8	08/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.30 mg/l
9	09/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.35 mg/l
10	10/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.50 mg/l
11	11/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.25 mg/l
12	12/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.20 mg/l
13	13/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.30 mg/l
14	14/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.25 mg/l
15	15/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.55 mg/l
16	16/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.50 mg/l
17	17/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.25 mg/l
18	18/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
19	19/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.35 mg/l
20	20/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.50 mg/l
21	21/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.45 mg/l
22	22/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.45 mg/l
23	23/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.20 mg/l
24	24/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
25	25/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.55 mg/l
26	26/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.45 mg/l
27	27/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.35 mg/l
28	28/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.50 mg/l
29	29/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
30	30/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.30 mg/l
$\Sigma$				<b>11.50 mg/l</b>
$\bar{X}$				<b>0.383 mg/l</b>

De la Tabla N° 17, se construyó un gráfico de control de las variables cuantitativas, para verificar si el proceso de cloración fue capaz de tener el agua con cloro dentro de los LMP, la que se muestra a continuación.



**Figura N° 4 : Grafica de control de cloro residual – vivienda intermedia**

De la Figura N° 4, se observa que del total de las 30 muestras tomadas en ese punto de muestreo el 27% de las muestras están dentro del rango para el cloro libre residual de 0.5 a 1 mg/l y el 73% de las muestras están por debajo del LMP inferior de 0.5 mg/l. Lo que nos daría a entender que los usuarios de las viviendas intermedias de la red de distribución estarían consumiendo agua con baja concentración de cloro que no se considera apta para consumo humano.

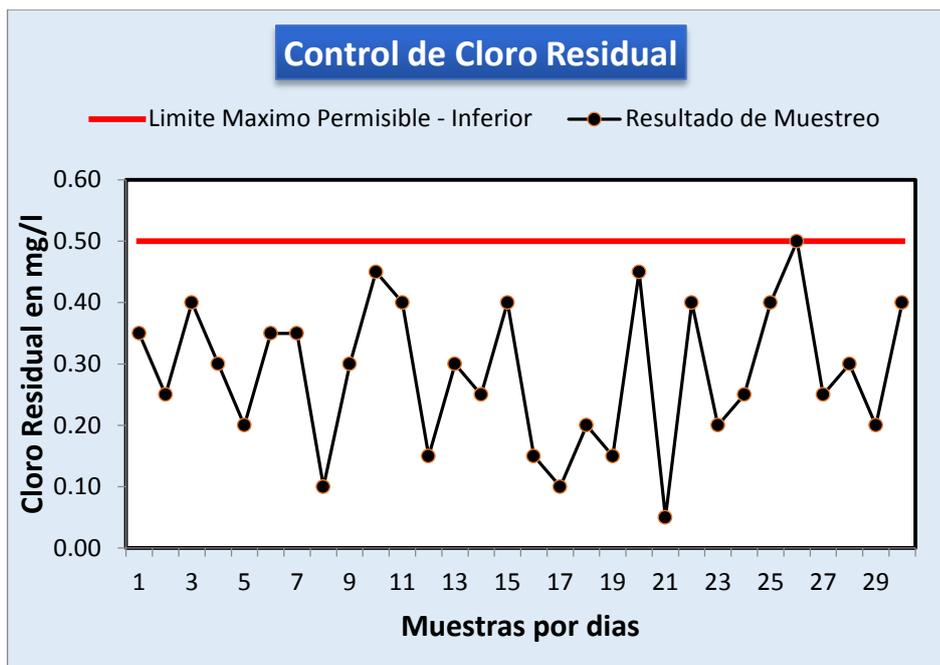
#### 4.1.2.3. Monitoreo de vivienda más alejada

Para el análisis del cloro residual del agua de la vivienda que se encuentra más alejada dentro de la red de distribución que se consideró, se elaboró una tabla del registro diario correspondiente al mes de Setiembre de 2017, que se muestra a continuación:

Tabla N° 18 : *Muestras diarias de cloro residual, vivienda más alejada*

Muestra	Fecha	Parámetro de Control	Límite Máximo Permissible (LMP)	Resultado
1	01/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.35 mg/l
2	02/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.25 mg/l
3	03/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
4	04/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.30 mg/l
5	05/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.20 mg/l
6	06/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.35 mg/l
7	07/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.35 mg/l
8	08/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.10 mg/l
9	09/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.30 mg/l
10	10/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.45 mg/l
11	11/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
12	12/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.15 mg/l
13	13/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.30 mg/l
14	14/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.25 mg/l
15	15/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
16	16/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.15 mg/l
17	17/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.10 mg/l
18	18/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.20 mg/l
19	19/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.15 mg/l
20	20/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.45 mg/l
21	21/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.05 mg/l
22	22/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
23	23/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.20 mg/l
24	24/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.25 mg/l
25	25/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
26	26/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.50 mg/l
27	27/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.25 mg/l
28	28/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.30 mg/l
29	29/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.20 mg/l
30	30/09/2017	Cloro Residual	0.50 mg/l – 1 mg/l	0.40 mg/l
$\Sigma$				<b>8.55 mg/l</b>
$\bar{X}$				<b>0.285 mg/l</b>

De la Tabla N° 18, se construyó un gráfico de control de las variables cuantitativas, para verificar si el proceso de cloración fue capaz de tener el agua con cloro dentro de los LMP, la que se muestra a continuación.



**Figura N° 5 : Grafica de control de cloro residual – vivienda más alejada**

De la Figura N° 5, se observa que del total de las 30 muestras tomadas en ese punto de muestreo el 3% de las muestras están dentro del rango para el cloro libre residual de 0.5 a 1 mg/l y el 97% de las muestras están por debajo del LMP inferior de 0.5 mg/l. Lo que nos daría a entender que los usuarios de las últimas viviendas de la red estarían consumiendo agua de mala calidad no potable.

#### 4.1.3. DEFICIENCIAS EN EL SISTEMA

Para la obtención de la deficiencia en el reservorio y en el sistema de cloración, también se tomó en cuenta parte del formato denominado “Información General sobre la Localidad y el Sistema”, que se adjunta en el Anexo 1. Del cual se obtuvieron los siguientes resultados.

#### 4.1.3.1. En la infraestructura del reservorio

**Tabla N° 19 : Deficiencias en el reservorio**

Descripción	Deficiencias
En diseño y construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta cerco de protección que evite el acceso de personas y animales.</li> <li>- Tapa de inspección sin seguro.</li> <li>- Rebose y ventilación no protegidos.</li> </ul>
En operación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los accesorios están en mal estado.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla N° 19, se puede evidenciar que el reservorio se encuentra en mal estado, no cumpliendo con los criterios de protección que se establecen según norma, debido por una parte a su antigüedad porque cuenta con más de 20 años de servicio, habiendo cumplido ya con su vida útil.

#### 4.1.3.2. En el sistema de cloración

**Tabla N° 20 : Deficiencias en la cloración**

Descripción	Deficiencias
En diseño y construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta caseta de protección.</li> <li>- La verificación del caudal por goteo dentro del reservorio es inadecuada.</li> <li>- Se instaló de manera empírica.</li> <li>- Hay pérdida de solución madre por fuga en tubería de conexión y accesorios.</li> <li>- Se desperdicia el agua clorada del reservorio por el rebose, por falta de consumo.</li> </ul>
En operación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es permanente pero ineficiente.</li> <li>- Desconocimiento de componentes del sistema y su funcionalidad.</li> <li>- Falta de capacitación.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Para una mejor ilustración de las deficiencias con las que cuenta el actual sistema de cloración, se desarrolló un gráfico denominado “Deficiencias del actual sistema de cloración” (Anexo 2, Fig. 2.2) que se adjunta en los anexos.

#### **4.1.4. PROPUESTA DE DISEÑO MEJORADO PARA EL SISTEMA DE CLORACION DE CARGA CONSTANTE POR GOTEO**

Para el Centro Poblado de Cayacaya por tener una población mayor a 100 familias y un caudal de aforo mayor a 1 l/s, se recomienda el Hipoclorador de Goteo de carga constante de doble recipiente, como sistema de cloración adecuado. Que consta de un recipiente superior que contiene la “solución madre”, y un segundo recipiente, más pequeño, que cumple la función de dosificador, que cuenta con una salida por goteo de la solución de cloro. En el dosificador se mantiene una carga constante mediante una válvula flotador.

En tal sentido a continuación se propone un diseño mejorado del sistema de cloración y la adecuación del reservorio para una potabilización de agua eficiente.

##### **4.1.4.1. Propuesta de diseño mejorado**

El diseño de la alternativa mejorada propuesta, tomando en cuenta todos los criterios descritos más abajo, se plasmaron en los planos denominados “Diseño de sistema de cloración mejorado” y “Flujograma del Sistema de Cloración Mejorado”, que se adjunta en el Anexo 5 de planos.

Criterios considerados en el plano:

- Suministro de agua de flujo constante, de conexión directa al tanque de la solución madre.
- Recipiente de dosificación de carga constante con válvula de cierre automático.
- Válvula de precisión para el suministro por goteo.
- Ingreso próximo al ducto de inspección del reservorio.
- Válvula de cierre automático al ingreso dentro del reservorio.
- Caseta de protección.
- Materiales y accesorios adecuados.

#### **4.1.4.2. Adecuación de la tubería de ingreso al reservorio**

Se ha desarrollado una propuesta, para evitar la pérdida de agua desinfectada en el reservorio. Adaptando el ingreso de agua de la línea de conducción al reservorio para lograr un nivel estático y así evitar la pérdida de agua desinfectada del reservorio.

Consiste en manejar una cierta presión de llegada al reservorio, de la línea de conducción, de tal manera que cuando se tenga el máximo nivel de agua dentro del reservorio, el agua deje de ingresar al reservorio y fluya a través del cono de rebose acondicionado como se observa y detalla en el plano de referencia “Adecuación de ingreso al reservorio”, que se adjunta en el Anexo 5 de planos. A la propuesta se le conoce como diseño de un reservorio, trabajando con un nivel estático.

## 4.2. DISCUSION

Aun se suscita la preocupación por el suministro mas no por la calidad del agua en el Centro Poblado de Cayacaya. Al igual que antes de la aparición del cólera en el Perú de 1991, en donde todos los países se concentraban en la cantidad antes que la calidad del agua.

El personal administrativo y técnico de la JASS – C.C. de Cayacaya, evidencian una falta de capacitación en la administración, operación y mantenimiento del sistema de agua potable que repercute para brindar un buen servicio y de calidad. Lo cual también concluyo Mendoza en el año 2013 indicando que la gestión de los sistemas de abastecimiento de agua en las zonas rurales de la provincia de Moyobamaba, era ineficiente en la operación y mantenimiento por parte de la JASS; también con una falta de capacitación y cobertura.

Los pobladores del dentro poblado de Cayacaya podrían estar contrayendo progresivamente enfermedades de origen hídrico por una deficiente desinfección. Así como el gobierno regional de Puno en el año 2012 dio a conocer sobre la problemática de saneamiento que existe por los bajos niveles de cobertura en los servicios de agua y saneamiento, relacionando las altas tasas de enfermedades con la falta de acceso y deficiencia de estos servicios sobre todo en el ámbito rural.

El contenido de cloro libre residual varia en los puntos de consumo de la red de distribución, conforme los puntos de consumo se van alejando del punto de cloración, la concentración de cloro disminuye. En un estudio realizado por Murillo en el año 2015 determina que la planta de tratamiento EPS SEDA JULIACA S.A. cumple con los parámetros de cloro libre residual establecidas por el Ministerio de Salud, pero en dicho trabajo de investigación solo se realizó el monitoreo dentro de la planta mas no en los

puntos de consumo de la red de distribución, donde existe la probabilidad que no se cumpla con los parámetros para la calidad del agua.

La cloración del agua es el último paso de tratamiento de potabilización antes de su distribución, por lo cual es recomendable realizar un análisis físico, químico y bacteriológico del agua para ver si cumple con los parámetros que establece el Ministerio de Salud. Porque podría pasar como el estudio que realizó el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente en el año de 1999, en donde determino que de 80 sistemas rurales de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento en los departamentos de Anchas, Apurímac, Cajamarca y Cusco; el 37.5% de los sistemas visitados realizaban la cloración del agua y a pesar de eso se encontraron coliformes termotolerantes en muestras tomadas en sus componentes, habiéndose encontrado un 12% en las redes de distribución y elevándose a un 67% en el nivel intradomiciliario.

Christman hace referencia que la cloración continua del agua potable empezó a inicios del siglo XX en Gran Bretaña, donde su aplicación redujo gradualmente las muertes por tifoidea. Y antes que llegara la cloración para el tratamiento de agua potable, aproximadamente 25 de cada 100,000 personas morían anualmente en Estados Unidos a causa de la fiebre tifoidea. Es por eso que se debe de contar con un sistema de cloración adecuado, con una correcta capacitación, una población sensibilizada y un monitoreo permanente por parte de las ATM de cada municipalidad y así buscar la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

Se concluye con la aceptación de la hipótesis planteada del trabajo de investigación, de acuerdo a los límites máximos permisibles, 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”; de los objetivos planteados se concluye:

Primero.- En la evaluación técnica al actual sistema de dosificación de cloro, se determinó que no cumple con su función a cabalidad, debido a que la calidad del agua que suministra dicho sistema en los puntos de consumo está fuera del rango de los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Salud. Encontrándose un déficit en el valor del parámetro de control de calidad como es el cloro libre residual en los puntos de suministro, ya que es menor al valor mínimo requerido de 0.5 mg/l. Evidenciándose un consumo de agua de mala calidad, no potable que repercutiría en el estado de la salud de las personas, sobre todo en los menores de edad que es la población más vulnerable.

Segundo.- Se ha planteado un diseño mejorado del sistema de cloración de carga constante por goteo con la propuesta de la tecnología adecuada que permita cumplir con las disposiciones de las normas referentes al abastecimiento de agua potable, garantizando su sostenibilidad y funcionamiento. Se ha buscado asegurar una prestación de servicio económica, eficiente, socialmente equitativa y ambientalmente sustentable, a fin de garantizar el objetivo final de la ejecución de los proyectos de abastecimiento de

agua potable y saneamiento, que es mejorar la calidad de vida de la población beneficiada y de esta manera ser parte de la base del desarrollo.

## CAPITULO VI

### RECOMENDACIONES

Se recomienda a las personas que conforman la JASS – C. C. Cayacaya, tener un mayor cuidado y responsabilidad en el tratamiento con cloración del agua antes de distribuirlas a los domicilios. Ya que si el agua no se potabiliza podrían producirse problemas epidémicos y si se excede los límites máximos permisibles podría causar efectos nocivos sobre la salud. También promover y fortalecer la participación activa de los usuarios y sensibilizarlos en el cambio de comportamiento sanitario con programas de asistencia técnica, capacitación y educación sanitaria.

Implementar el diseño del sistema de cloración de carga constante por goteo y la adaptación de la tubería de ingreso al reservorio propuesto en el presente trabajo de investigación. Luego evaluar los cambios generados por la implementación del sistema mejorado con el apoyo del Manual de Operación del Sistema de Cloración Mejorado que se encuentra anexo, para posteriormente poder implementarlos dentro de los proyectos de inversión pública referentes a agua potable y saneamiento. Debido a que ahora tanto el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y la DIGESA por parte del Ministerio de Salud exigen contar dentro del proyecto la implementación del sistema de cloración para la potabilización del agua.

También se recomienda a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, seguir realizando trabajos de investigación referentes a la calidad de agua, ya que el acceso al agua apta para el consumo humano sin poner en riesgo la salud del consumidor, es uno de los problemas relevantes que se viene suscitando año tras año en el medio rural.

## CAPITULO VII

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña F. y Pacheco A. (2013). *Implementacion de un sistema de control y monitoreo de cloracion de agua en forma remota mediante tecnologia Zigbee para la planta de potabilizacion "El Calzado" de la EPMAPAL*. Ecuador.
- Alejandro C. y Julio P. (2013). *Manual de operacion y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad sin planta de tratamiento en zonas rurales*. Lima, Peru: Tarea Asociacion Grafica Educativa.
- APRISABAC. (1997). *Manual de procedimientos tecnicos en saneamiento*. Cajamarca, Peru.
- Belizario, E. (2011). *"Evaluacion de la calidad de agua subterranea para fines de consumo humano de la comunidad de Carata del distrito de Coata" (tesis de pregrado)*. Puno, Peru: Universidad Nacional del Altiplano.
- Berdonces, J. (2008). *Problematica del tratamiento de agua potable*. España: Medicina Naturista.
- Comision Nacional del Agua. (2007). *Desinfeccion para sistemas de agua potable y saneamiento*. Coyoacan, Mexico: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Christman, K. (s.f.). *Cloro*. Arglington, Virginia.
- Diario Correo. (31 de Octubre de 2016). *Sistemas de cloracion de agua como alternativa contra la anemia*. Obtenido de <http://diariocorreo.pe/edicion/puno/puno-sistema-de-cloracion-del-agua-412>

- DIGESA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima, Peru: 1ra Edicion, J. B. GRAFIC.
- DIGESA/MINSA. (2011). *Implementacion, Operacion y Mantenimiento del "Sistema de Tratamiento Intradomiciliario de Agua para Consumo Humano - MI AGUA"*. Lima, Peru: 1ra Edicion, J. B. Grafic.
- DIRESA PUNO. (2015). *Calidad sanitaria de agua del distrito de Puno actividad 2013-2014*. Puno, Peru.
- Florez, R. (2014). Analisis del problema de agua potable y saneamiento: Ciudad de Puno. *Investigacion Altoandina*, 16(1), 5-8.
- GRP. (2012). *Desinfeccion del sistema y cloracion del agua*. Puno, Peru: Altiplano E.I.R.L.
- GRP. (2012). *Desinfeccion del Sistema y Cloracion del Agua*. Puno: Altiplano.
- Leal J. y Rodriguez F. (1998). *Guia para la evaluacion de impacto ambiental de proyectos de desarrollo local*. Cusco, Peru: Centro de Bartolome de las casas.
- Mariela, S. (2015). *Roles y competencias de actores en agua y saneamiento*. Puno, Peru: Gobierno Regional de Puno.
- Mejia, M. (2005). *Analisis de la calidad del agua para consumo humano y percepcion local de las tecnologias apropiadas para su desinfeccion a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limon, San Jeronimo, Honduras*. Costa Rica.
- Mendoza, H. (2013). *Vigilancia para la calidad de agua para consumo humano en zonas rurales de la Provincia de Moyobamba - 2012, (tesis de pregrado)*. Moyobamba, San Martin, Peru: Universidad Nacional de San Martin.

- Mendoza, M. (1996). *Impacto de la tierra, en la calidad del agua de la microcuenca rio Salados de la cuenca del rio San Jose*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Molina, J. (2002). *La importancia del recurso hidrico para la sociedad*. Costa Rica.
- Murillo, Y. (2015). *"Control estadistico de la calidad del agua respecto al cloro residual y turbidez en la Planta de Tratameinto SEDA JULIACA de 2015"* (tesis de pregrado). Puno, Peru: Universidad Nacional del Altiplano.
- MVCS. (2016). *Guias de opciones tecnologicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ambito rural*. Lima, Peru: R.M. 173-2016-VIVIENDA.
- OMS. (2006). *Guias para la Calidad de Agua Potable*. Tercera Edicion.
- OMS/OPS. (2007). *Guia para mejorar la calidad del agua en el ambito rural y de las pequeñas localidades*. Lima, Peru.
- Ongley, E. (1997). *Lucha contra la contaminacion agricola de los recursos hidricos*. Roma, Italia: FAO.
- OPS. (1999). *La desinfeccion del agua*. Washington D. C.
- OPS. (2015). *Implementacion de 4 planes de seguridad de agua (PSA) en los sistemas de agua potable Comasagua, La Libertad, San Luis Talpa, La Paz, Metalio y comunidad Villa Centenario, Acajutla, Sonsonante, El Salvador*. America Latina.
- OPS/CEPIS. (1999). *Estudio de la calidad del agua en sistemas de Abastecimiento Rural*. Lima, Peru.

- OPS/CEPIS. (2002). *Guia para elaborar normas de calidad del agua de bebida en los paises en desarrollo*. Lima, Peru.
- OPS/CEPIS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano: plantas de filtracion rapida*. Lima, Peru.
- OPS/COSUDE. (2007). *Guia para la instalacion de sistemas de desinfeccion*. Lima, Peru.
- OPS/OMS. (2014). *Desinfeccion del agua para consumo humano*. La Paz, Bolivia: PGD.
- PNUMA. (2003). *Derecho Humano al Agua Potable*. Costa Rica.
- Randulovich, R. (1997). Sostenibilidad en el uso del agua en America Latina. *Revista Forestal Centroamericana*, 15-20.
- Rojas, R. (2005). *Vigilancia de la calidad de agua para consumo humano*. Lima, Peru.
- UNICEF. (1999). *Manual sobre comunicacion en materia de agua, medio ambiente y saneamiento*. Nueva York, Estados Unidos de America.
- Vallejos, M. (2001). *Las aguas subterranas en el altiplano de Puno - Peru*. Puno, Peru.
- Villanueva, C. (2001). *Cloracion del agua y efectos sobre la salud*. Barcelona, España: Med Clin.
- Villegas, J. (1995). *Evaluacion de la calidad de agua en la Cuenca del Rio Reventado, Cartago, Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Zea, N. (2010). *Tecnologia de aguas - tratamiento y control de calidad*. Puno: 3ra Edicion, ECONOCOPY.

## ANEXOS

# **ANEXO 1**

---

## **FORMATOS EMPLEADOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACION**

**INFORMACION GENERAL SOBRE LA LOCALIDAD Y EL SISTEMA**

**I. Información General**

Categoría..... Distrito .....

Provincia ..... Departamento .....

Población Total ..... Nº viviendas ..... Nº de familias .....

**II. Servicios de Saneamiento**

	SI	NO
Agua Potable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alcantarillado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tanque Séptico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Letrinas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**III. Institución Supervisora de los Servicios de Saneamiento**

No hay  MINSA  Municipio  EPS  Otra  .....

Distancia: Local  < 10 km  entre 10 y 20 km  20 y 50 km  + 50 km

Actividades respecto a:

	SI	NO	Mensual	Bimestral	Trimestral	Semestral	Anual	Otra
Agua Potable	<input type="checkbox"/>							
Alcantarillado	<input type="checkbox"/>							
Administración	<input type="checkbox"/>							

**IV. Establecimiento Educativo de Mayor Nivel**

PRONOEI  Primaria  Secundaria  Otros  .....

**V. Del sistema de agua potable**

Aspectos Generales:

Fecha de Ejecución .....

Ejecutor ..... Financiadore .....

Componentes del Sistema:

	SI	NO	Nº	Metros	Diámetros
Captación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....		
Buzón de Reunión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....		
Línea Conducción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....		
C.R.P. en Línea Conducción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....		
Reservorio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....		

Equipo de Cloración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Línea de Aducción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Red de Distribución	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
C.R.P. en Red	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Piletas Publicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Conexiones Domiciliarias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Unidades Sanitarias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....

**VI. Inspección Sanitaria**

**Reservorio:**

CARACTERISTICAS	RESERVORIO
¿Hay cerco que evita el acceso de personas y animales?	
¿Está la estructura en buen estado, sin rajaduras ni fugas?	
¿Existe cubierta de protección?	
¿Tiene tapa sanitaria de inspección?	
¿Tiene seguro en la tapa?	
¿Hay cámara de válvulas?	
¿Están los accesorios completos?	
¿El rebose y desagüe no forman charcos?	
¿Están el rebose y la ventilación protegidos?	
¿Los accesorios están en buen estado de mantenimiento?	
¿Hay ausencia de materiales extraños en el interior?	
¿Hay ausencia de elementos contaminantes en las cercanías?	

Observaciones

.....

.....

**Cloración:**

Cloración del sistema: Permanente  Eventual  Nunca

Condiciones de almacenamiento adecuadas: Si  No

Motivos para no clorar: Ignoran necesidad  Sabor del agua  Costo

Dificultad de compra  Otro  .....

Compra de cloro:

Lugar: Dependencia MINSAs  Ferretería  EPS  Otro  .....

Frecuencia: Mensual  Bimestral  Trimestral  Semestral  Anual  A demanda



CARACTERISTICAS	RESERVORIO
¿Efectúan la cloración regularmente?	
¿Existe equipo de cloración?	
¿Está el equipo en buen estado?	
¿Está el equipo en uso en el momento de la visita?	
¿Es suficiente la cantidad de cloro?	

Observaciones

.....  
 .....

**VII. De la Información**

Fecha .....

Personas Entrevistadas

Nombre

Cargo

.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

Entrevistador .....

Firma.....

**MONITOREO DEL PARAMETRO DE CLORO RESIDUAL**

**I. UBICACIÓN**

Localidad/Anexo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Distrito \_\_\_\_\_ Provincia \_\_\_\_\_ Departamento \_\_\_\_\_

**II. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

a. Administrador del sistema de abastecimiento de agua

Municipalidad \_\_\_\_\_ JASS \_\_\_\_\_

(anotar el nombre)

(anotar el nombre)

b. Tipo de sistema de abastecimiento de agua

\_\_\_\_\_

Tipos de sistema: 1) Gravedad simple, 2) Gravedad con tratamiento, 3) Bombeo sin tratamiento, 4) Bombeo con tratamiento

**III. MEDICION DEL CLORO RESIDUAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

a. Reservorio

N <sup>o</sup>	Punto de toma de la muestra	Coordenadas UTM		Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Cloro Residual (mg/l)	
		Norte	Este			< 0.5 mg/l	≥ 1.0 mg/l
1							

b. Red de Distribución

N <sup>o</sup>	Punto de toma de la muestra	Coordenadas UTM		Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Cloro Residual (mg/l)		Firma del Usuario
		Norte	Este			< 0.5 mg/l	≥ 1.0 mg/l	
1								
2								
3								

**IV. OBSERVACIONES**

1.	
2.	

Presidente de la JASS

\_\_\_\_\_

(firma)

Responsable técnico

\_\_\_\_\_

(firma)

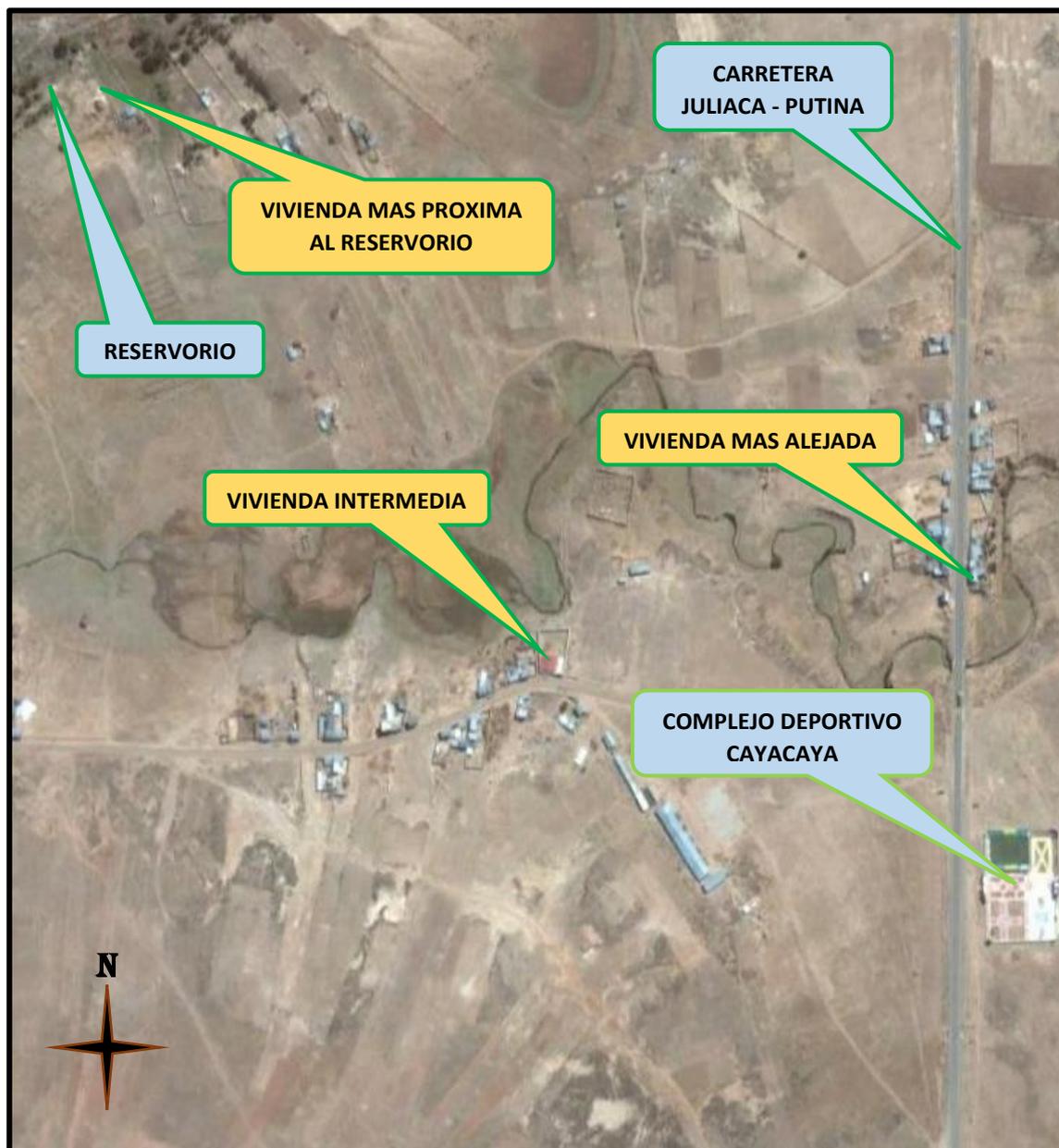
fecha: / /2017

## **ANEXO 2**

---

### **FIGURAS**

CENTRO POBLADO DE CAYACAYA



**Figura 2.1: Identificación de las viviendas de muestreo**



Figura 2.2: Deficiencias del actual sistema de cloración



**ANEXO 3**

---

**MANUAL DE OPERACION  
DEL SISTEMA DE  
CLORACION**

**ANEXO 4**

---

**DISEÑO HIDRAULICO DEL  
SISTEMA DE CLORACION  
POR GOTEO**

# **ANEXO 5**

---

## **PLANOS**