

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Diseño e instalación de sistema de cloración autocompensante en la
desinfección de agua para consumo humano en el centro poblado
Arizona, Vinchos, Ayacucho**

Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniero Químico

Presentado por:
Bach. Orlando Cardenas Lozano

Asesor:
M.Q. Ing. Abrahán Fernando Trejo Espinoza

Ayacucho - Perú

2024

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre presente en mi vida.
A mis padres y familiares por ayudarme. A mis
hijos por ser el motor y motivo de mi
superación.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme acogido en su recinto durante toda mi formación profesional y humanística; a la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia y a la Escuela Profesional de Ingeniería Química como una organización con verdadera vocación en la formación profesional y personal, lo demuestran con sus acciones dentro y fuera del salón de clases, y el personal que compone esta escuela que es un digno ejemplo de ello.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, desde lo más profundo, quienes compartieron sus conocimientos, brindaron atención y seguimiento, buen trato y respaldo para crecer como persona de bien; al asesor del presente trabajo de investigación, M.Q Ing. Abrahán Fernando TREJO ESPINOZA, al personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y al personal de la Municipalidad de Vinchos, por haberme brindado sus instalaciones y apoyo técnico en la realización de los diversos ensayos.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Delimitación del problema	13
1.3. Formulación del problema	13
1.3.1. Problema general	13
1.3.2. Problemas secundarios	13
1.4. Objetivos	14
1.4.1. Objetivo general	14
1.4.2. Objetivos específicos.....	14
1.5. Planteamiento de la hipótesis.....	14
1.5.1. Hipótesis general.....	14
1.5.2. Hipótesis específicas.....	14
1.6. Importancia y justificación.....	15
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes	16
2.1.1. Internacional.....	16
2.1.2. Nacional	17
2.1.3. Local.....	18
2.2. Bases teóricas.....	18
2.2.1. El agua	18
2.2.2. Distribución del agua en el mundo.....	19
2.2.3. Fuentes	19
a. Aguas subterráneas	20
b. Aguas superficiales	20
c. Agua potable	20
2.2.4. Importancia de la potabilización.....	20

2.2.5.	Consumo de agua	20
2.2.6.	Calidad del agua.....	24
2.2.7.	Parámetros fisicoquímicos.....	24
2.2.7.1	Sólidos totales	24
2.2.7.2	Turbidez	24
2.2.7.3	Color.....	24
2.2.7.4	Temperatura.....	24
2.2.7.5	pH	25
2.2.7.6	Dureza.....	25
2.2.7.7	Conductividad.....	25
2.2.7.8	Sulfatos	25
2.2.7.9	Cloruros.....	25
2.2.8.	Parámetros microbiológicos.....	26
2.2.8.1	Bacterias	26
2.2.8.2	Virus	26
2.2.8.3	Organismos de vida libre	26
2.2.9.	Limites máximo permisibles para el agua de consumo humano	26
2.2.10.	Calidad del agua para consumo humano.....	26
2.2.10.1	Control de desinfectante.....	27
2.2.11.	Agua potable en el ámbito rural.....	27
2.2.11.1	Sistema de agua por gravedad sin tratamiento.....	28
2.2.11.2	Sistema de agua por gravedad con tratamiento.....	28
2.2.11.3	Sistema de agua por bombeo sin tratamiento.....	29
2.2.11.4	Sistema de agua por bombeo con tratamiento.....	30
2.2.11.5	Cloración aplicada a zonas rurales	31
2.2.11.6	Cloración	31
2.2.12.	Sistema de cloración autocompensante	31
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	33
3.2.	Diseño de la investigación	33
3.3.	Población, muestra y muestreo	33
3.3.1.	Población.....	33
3.3.2.	Muestra	33
3.3.3.	Muestreo	33
3.4.	Variables e indicadores	33

3.4.1.	Variable independiente	33
3.4.2.	Variable dependiente.....	33
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5.1.	Técnicas	34
3.5.2.	Instrumentos.....	34
3.6.	Procedimientos y métodos	34
3.6.1.	Procedimiento de recolección de datos	35
3.7.	Diseño e instalación del sistema de cloración autocompensante.....	36
3.7.1.	Principios del diseño técnico del sistema de cloración por goteo autocompensante	39
3.7.1.1	Población futura para el diseño	40
3.7.1.2	Dotación promedio de agua.....	40
3.7.1.3	Caudal promedio diario por año (Q_m)	40
3.7.1.4	Caudal máximo por día ($Q_{max.d}$).....	41
3.7.1.5	Caudal máximo por hora ($Q_{max.h}$)	41
3.7.1.6	Determinación del caudal de goteo constante	41
3.7.1.7	Determinación del peso del hipoclorito de calcio ($P_{h.c}$).....	42
3.7.1.8	Determinación del tiempo de recarga del tanque clorador (t).....	42
3.7.1.9	Determinación de la Concentración de la Solución Madre (Cm)	42
3.7.1.10	Verificación de la Concentración de Hipoclorito de Calcio	43
3.7.1.11	Instalación del sistema de cloración por goteo autocompensante.....	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1.	Resultados	51
4.1.1.	Ubicación geográfica del área de estudio	51
4.2.	Caudal y calidad del agua captada para consumo humano del manantial Suranan.....	52
4.3.	Diseño del sistema de cloración por goteo autocompensante	54
4.3.1.	Población futura para el diseño	54
4.3.2.	Dotación promedio de agua.....	55
4.3.3.	Caudal promedio diario por año (Q_m).....	55
4.3.4.	Caudal máximo por día ($Q_{max.d}$)	55
4.3.5.	Caudal máximo por hora ($Q_{max.h}$)	56
4.3.6.	Determinación del caudal de goteo constante	57
4.3.7.	Determinación del peso del hipoclorito de calcio ($P_{h.c}$)	57
4.3.8.	Determinación del tiempo de recarga del tanque clorador (t).....	58

4.3.9. Determinación de la concentración de la solución madre (C_m)	58
4.3.10. Verificación de la concentración de hipoclorito de calcio	59
4.4. Nivel de cloro residual obtenido en la red utilizando el sistema de dosificación por goteo autocompensante.....	60
4.5. Discusión.....	67
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo.....	35
Tabla 2. Materiales para el sistema de cloración por goteo autocompensante.....	43
Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos comparados con los LMP (D.S. N°031-2010-SA).	53
Tabla 4. Parámetros Microbiológicos comparados con los LMP (D.S. N°031-2010-SA).	53
Tabla 5. Parámetros inorgánicos comparados con los LMP (D.S. N°031-2010-SA).	54
Tabla 6. Nivel de cloro residual del sistema de cloración autocompensante.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Distribución del agua en sus estados.</i>	19
Figura 2 <i>Consumo diario de agua en diversos países.</i>	21
Figura 3 <i>Evolución del consumo de agua en el mundo.</i>	22
Figura 4 <i>El agua en el Perú en cifras.</i>	23
Figura 5 <i>Usos del agua en el Perú.</i>	23
Figura 6 <i>Sistema de agua por gravedad sin tratamiento.</i>	28
Figura 7 <i>Sistema de agua por gravedad con tratamiento</i>	29
Figura 8 <i>Sistema de Bombeo sin tratamiento</i>	30
Figura 9 <i>Sistema de Bombeo con tratamiento</i>	30
Figura 10 <i>Sistema de Bombeo con tratamiento</i>	32
Figura 11 <i>Ubicación de los puntos de muestreo.</i>	36
Figura 12 <i>Sistema de abastecimiento de agua, centro poblado de Arizona.</i>	37
Figura 13 <i>Sistema de captación de Suranan.</i>	38
Figura 14 <i>Red de distribución centro poblado de Arizona.</i>	39
Figura 15 <i>Instalación de la caseta de producción.</i>	48
Figura 16 <i>Instalación del tanque de almacenamiento de la madre.</i>	48
Figura 17 <i>Kit dosificador para el tanque de 750 litros.</i>	49
Figura 18 <i>Prueba de flujo del tanque de almacenamiento de la solución madre.</i> ... 50	
Figura 19 <i>Centro poblado de Arizona. (Google Earth, 2023).</i>	51
Figura 20 <i>Ubicación del centro poblado de Arizona.</i>	52
Figura 21 <i>Concentración de cloro residual en el reservorio vs parámetro de control.</i>	62
Figura 22 <i>Concentración de cloro residual en 1ra vivienda vs parámetro de control.</i>	62
Figura 23 <i>Concentración de cloro residual en vivienda intermedia vs parámetro de control.</i>	63
Figura 24 <i>Concentración de cloro residual en vivienda final vs parámetro de control.</i>	63
Figura 25 <i>Detalles del volumen del tanque del sistema de cloración.</i>	64
Figura 26 <i>Diseño de la caseta de protección para el sistema de cloración.</i>	65
Figura 27 <i>Detalles de la instalación de los accesorios para el sistema de cloración.</i>	66

ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1	Limites máximo permisibles para agua de consumo humano (D.S. N°031-2010-SA)	78
Anexo 2	Estándares de calidad ambiental (ECA)	80
Anexo 3	Resultados de análisis de la calidad del agua del centro poblado de Arizona	82
Anexo 4	Control del nivel de cloro residual del centro poblado de Arizona	86
Anexo 5	Matriz de consistencia	90

RESUMEN

En las áreas rurales, como el centro poblado de Arizona-Vinchos, existe una marcada disparidad en la disponibilidad de agua segura en comparación con las áreas urbanas. En estas zonas rurales, el suministro de agua tratada es crítico, ya que la población consume agua con el grave riesgo que esto representa para su salud. La presente investigación tiene como objetivo diseñar e instalar un sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano del centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho. El tipo de investigación es tecnológica, el nivel explicativo y el diseño experimental. La metodología realizada fue la recopilación de datos, empleándose principalmente técnicas de observación y la toma de muestras utilizando equipos específicos como el Colorímetro Digital y el pH metro, y se aplicaron los principios de diseño técnico para el sistema de cloración por goteo autocompensante. Los resultados obtenidos indican que las condiciones adecuadas de diseño del sistema de cloración por goteo autocompensante, tiene como resultado una población futura de 283 habitantes, dotación promedio de agua de 50 L/hab./día, un caudal de goteo de 2,0 L/h, peso de hipoclorito a usar igual a 3 kg, con tiempo de recarga de 15 días y con una concentración de la solución madre de 2520 mg/L. Los niveles promedio de cloro residual obtenidos en el caso del reservorio, se registró un promedio de 1,8 mg/L, en la vivienda cercana fue de 1,3 mg/L, en la vivienda intermedia fue de 0,9 mg/L y en la vivienda final fue de 0,6 mg/L. Concluyéndose que estos valores demuestran la efectividad del cloro residual en el diseño e implementación de sistemas de cloración por goteo autocompensante.

Palabras clave: diseño e instalación, cloro residual, cloración autocompensante.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Millones de personas aún carecen de una fuente adecuada de agua potable e instalaciones seguras para la disposición y eliminación de heces en la Región de las Américas. En esta región, se estima que en 2017 había 28 millones de personas que no tenían acceso a una fuente de agua mejorada, 83 millones de personas que no tenían acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas y 15,6 millones de personas que todavía defecaban al aire libre. **(Organización Panamericana de la Salud, 2023).**

Según Nauca (2015), en el Perú, las enfermedades diarreicas se ubican en el tercer lugar como causa de enfermedad y muerte en niños, con aproximadamente 1600 fallecimientos anuales en menores de cinco años. Estas muertes podrían evitarse. La deshidratación y la desnutrición crónica son las principales causas de diarrea en los niños, y esta enfermedad es más común en áreas rurales donde el suministro de agua segura es un factor determinante.

En las áreas rurales, como el centro poblado Arizona-Vinchos, existe una fuerte diferencia en la disponibilidad de agua segura en comparación con las áreas urbanas. En estas zonas rurales, el suministro de agua tratada es crítico, ya que la población consume agua sin desinfectar sin ser consciente del grave riesgo que esto representa para su salud. Por ejemplo, muchos creen erróneamente que el agua de manantial está libre de bacterias y no requiere tratamiento. Sin embargo, es importante destacar que los sistemas de desinfección del agua se aplican generalmente en una etapa final del tratamiento del agua para garantizar su seguridad como fuente potable.

Según LENNTECH (2023), menciona que la desinfección del agua implica la eliminación o inactivación de los microorganismos patógenos presentes en ella. Al destruir o inactivar estos microorganismos, se impide su crecimiento y reproducción. Por lo tanto, si no se eliminan estos microorganismos, el agua no es apta para el consumo humano y puede causar enfermedades.

En algunas comunidades que han implementado sistemas de cloración, se ha observado inicialmente un rechazo por parte de los usuarios debido al "mal sabor" y "olor" que presenta el agua después de la dosificación de cloro. Lamentablemente, esto ha llevado a un rechazo total del sistema de cloración y a la falta de su utilización en la zona.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento se esfuerza por lograr la sostenibilidad de los proyectos de saneamiento en las áreas rurales a nivel nacional. Para lograr esto, se deben cumplir condiciones que abarcan aspectos técnicos, económicos y sociales, y que aseguren la mejor calidad del servicio de agua potable, sin que la continuidad y la calidad afecten negativamente la salud de los consumidores. Con el fin de proporcionar agua segura para el consumo humano en el centro poblado de Arizona y mejorar la calidad de vida de sus habitantes, se plantea como propuesta de investigación el "Diseño e instalación de un sistema de cloración autocompensante para la desinfección del agua destinada al consumo humano en el Centro Poblado de Arizona, Vinchos, Ayacucho".

1.2. Delimitación del problema

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro poblado de Arizona, distrito de Vinchos, región de Ayacucho; en un periodo de 6 meses.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo diseñar e instalar un sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano del centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho?

1.3.2. Problemas secundarios

- a) ¿Cuáles son las características fisicoquímicas, químicas y biológicas de las aguas de la fuente de captación del centro poblado Arizona Vinchos?
- b) ¿Cuáles son los parámetros del diseño del sistema de cloración autocompensante, para una eficiente desinfección?
- c) ¿Cómo instalar el sistema de cloración del sistema de cloración autocompensante?
- d) ¿Cómo poner en marcha y operación el sistema de cloración autocompensante?
- e) ¿Cuál es la evaluación de la calidad del agua clorada?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar e instalar un sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano del centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar las características fisicoquímicas, químicas y biológicas de las aguas de la fuente de captación del centro poblado Arizona Vinchos.
- b) Determinar los parámetros del diseño del sistema de cloración autocompensante, para una eficiente desinfección.
- c) Instalar el sistema de cloración del sistema de cloración autocompensante.
- d) Poner en marcha y operación el sistema de cloración autocompensante.
- e) Evaluar la calidad del agua clorada.

1.5. Planteamiento de la hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El diseño e instalación de un sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano del centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho; permitió cumplir con la normatividad vigente referida a desinfección de agua para consumo humano en la zona rural.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. Las características fisicoquímicas, químicas y biológicas de las aguas de la fuente de captación del centro poblado Arizona Vinchos, supera los límites máximos permisibles para agua de consumo humano.
- b. Los parámetros del diseño del sistema de cloración autocompensante son: concentración de solución desinfectante, caudal de solución desinfectante y el caudal del agua, para el sistema de desinfección autocompensante.
- c. La instalación del sistema de cloración autocompensante, se realiza con los parámetros de diseño calculados.
- d. La puesta en marcha y operación del sistema de cloración autocompensante, permite realizar los ajustes necesarios para un buen funcionamiento.
- e. La evaluación de la calidad del agua clorada del centro poblado Arizona, permitirá verificar la eficiencia del sistema de cloración autocompensante y si se encuentra dentro de los parámetros establecido de agua para el consumo humano.

1.6. Importancia y justificación

La investigación es importante, porque tiene como objetivo el diseño e instalación de un sistema de cloración autocompensante para la desinfección del agua destinada al consumo humano en el centro poblado de Arizona, Vinchos, Ayacucho. Su propósito principal es garantizar la salud de la población, especialmente de los niños y promover estilos de vida saludables.

En las viviendas rurales de la comunidad campesina de Arizona, el acceso a agua segura, el saneamiento y el tratamiento de aguas residuales suelen ser deficientes. Por lo tanto, la realización de investigaciones resulta importante, ya que brinda una tecnología aplicada y accesible que contribuye a minimizar el riesgo constante para la salud pública, especialmente la de los niños.

En la comunidad campesina de Arizona se ha instalado un sistema convencional de cloración con el fin de eliminar los microorganismos causantes de enfermedades presentes en el agua. Sin embargo, mediante el diseño e implementación del sistema de cloración autocompensante, se logra una mayor eficiencia en el proceso de cloración, lo que permite que la población y sus familias puedan acceder a agua limpia y segura, mejorando así su calidad de vida.

El sistema de cloración autocompensante en la desinfección del agua no solo se encarga de desinfectar los sistemas de agua en la comunidad campesina de Arizona, sino que también incorpora procedimientos establecidos para el monitoreo, limpieza general y mantenimiento preventivo de los sistemas de agua. Esto garantiza la eliminación de elementos patógenos en todas las etapas del sistema de abastecimiento de agua, desde la captación hasta la red de distribución en las viviendas familiares.

La implementación de este sistema permite reducir la incidencia de enfermedades infecciosas como el cólera y la sarna, así como las enfermedades intestinales. Esto tiene un impacto significativo en la calidad de vida de los pobladores de la comunidad de Arizona, ya que, disminuye el riesgo de enfermedades gastrointestinales. Además, se tiene un ahorro económico al reducir los gastos en medicamentos relacionados con enfermedades estomacales causadas por el consumo de agua contaminada debido a una cloración inadecuada. El desarrollo de la investigación ayuda a mejorar la calidad de vida de los pobladores al asegurar el consumo de agua tratada, previniendo enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada con patógenos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

- Según Zurita (2021), en su trabajo de investigación “Estrategia de potabilización de agua para consumo humano en la comunidad de Yayani Alto, (Municipio Morochata)” refiere que:

Este estudio propone una solución a esta problemática, planteando dos opciones. La primera opción, que considero la más adecuada, es la instalación de un clorador Pentair. Este equipo se coloca en la entrada del tanque de almacenamiento y utiliza pastillas de cloro para la cloración. Además, cumple con los requisitos necesarios de acuerdo a la ubicación geográfica, ya que cuenta con un dosificador de cloro con tabletas que facilita su uso y garantiza una dosificación adecuada de cloro, lo cual resulta aceptable para los usuarios del sistema de agua potable de la comunidad de Yayani Alto, en el Municipio de Morochata. Por otra parte, la segunda opción es el uso de un clorador tipo venturi, que también puede funcionar de manera eficiente. Este sistema es automatizado, por lo que no requiere de personal capacitado y se adapta al sistema existente.

- Castro (2011), en su investigación “Diseño de una propuesta de tratamiento y purificación del agua de consumo humano en el centro de experimentación y producción Salache (CEYPSA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi” indica:

El presente estudio tuvo como objetivo mejorar los estándares de calidad del agua de consumo humano y evaluar la calidad del agua en la comunidad de Salache-Angamarca y la Universidad Técnica de Cotopaxi (CEYPSA). Los resultados del análisis bacteriológico mostraron un grado significativo de contaminación, superando los límites máximos permitidos para los Aerobios Mesófilos y Colibacilos totales. En el análisis físico-químico, se encontró que los sólidos totales, los sólidos en suspensión, la alcalinidad total, los bicarbonatos, la dureza total y el magnesio excedieron los límites máximos permitidos. Por lo tanto, se concluye que el agua es dura y no apta para el consumo humano según la norma NTE INEN 1108. Se propone utilizar procesos físico-químicos como el intercambio catiónico y la filtración gruesa para tratar el agua y mejorar su calidad. Además, se sugiere la desinfección con cloro como método de desinfección. El diseño de la planta de tratamiento se ajusta a las condiciones geográficas y las necesidades de las comunidades de Salache-

Angamarca-CEYPSA.

2.1.2. Nacional

- Según Estela (2019), en investigación “Evaluación del agua para consumo humano en el anexo de Shalla Baja en el distrito de Umari, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco – 2019” menciona lo siguiente:

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de consumo humano en diferentes puntos del anexo de Shalla Baja, incluyendo la fuente de abastecimiento, el reservorio y varias viviendas. Durante los meses de mayo y junio, se recolectaron muestras de agua y se enviaron al laboratorio para su análisis físico, químico, microbiológico y parasitológico. Al comparar los resultados con los estándares de calidad ambiental establecidos por el D.S 004-2017-MINAM, se encontró que la mayoría de los parámetros cumplían con los límites establecidos, excepto el pH, que estaba por debajo del rango permitido, y la presencia de algas, protozoarios y nematodos, que superaban los estándares en la fuente de abastecimiento. En cuanto al reservorio y las viviendas, los resultados físico-químicos y bacteriológicos se compararon con el D.S 031-2010- MINSA, Reglamento de calidad del agua de consumo humano, y se determinó que los parámetros estaban dentro de los límites máximos permitidos para el consumo humano.

- Mientras Muñoz (2019), en su investigación “Eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo – Celendín” refiere que:

El objetivo principal fue determinar el grado de beneficio proporcionado por este sistema de cloración en zonas rurales donde la implementación de otras tecnologías resulta costosa. El sistema de cloración por goteo consistió en un depósito de 50 litros donde se disolvió hipoclorito de calcio de alta concentración, un flotador que aseguraba el movimiento constante del cloro y una venocllisis reguladora ubicada en la tapa del reservorio. El sistema fue instalado en el lateral del reservorio y protegido por una caseta. Durante un período de 31 días, se registraron los niveles de cloro residual, obteniendo resultados dentro del rango establecido por la OMS de 0,51 mg/L a 0,97 mg/L en diferentes puntos de la red, lo cual demuestra la eficacia del sistema de cloración por goteo implementado.

2.1.3. Local

- Según Tomaylla (2017), en su trabajo de investigación “Diseño, construcción y evaluación de un sistema de cloración por goteo en la desinfección de agua para consumo de la comunidad de Capillapata - Los Morochucos - Cangallo, Ayacucho – 2016” indica que:

El objetivo de este estudio fue crear, construir y evaluar una nueva tecnología para dosificar el cloro usando un sistema de goteo. Se analizaron diferentes condiciones de operación y se cuantificaron variables como la altura de carga del agua, el caudal de goteo de varios tipos de goteros comerciales utilizando el método volumétrico, la concentración de la solución desinfectante, el cloro residual, la temperatura, el pH y los coliformes termotolerantes. Los hallazgos demostraron que el sistema de cloración por goteo utilizando el emitter de gotas Jain era adecuado para las condiciones de la comunidad de Capillapata, con un caudal de goteo constante de $2,7778 \times 10^{-4}$ L/s durante todo el año y una altura de carga de agua de 73 cm. Se encontró una concentración anual promedio de 3124,529 mg/L de solución de hipoclorito de calcio a dosificar; esto requería un peso promedio de 3,348 kg de hipoclorito de calcio sólido comercial al 70 %. En la última vivienda, se alcanzó un nivel mínimo de cloro residual de 0,51 mg/L, un pH promedio de 7,12, una temperatura promedio de 11,06 °C y no se encontraron coliformes termotolerantes (0 UFC/100 mL). Con esto, se cumplió con la normativa (LMP) y se garantizó la calidad del agua, mejorando así la calidad de vida de los habitantes de la comunidad.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El agua

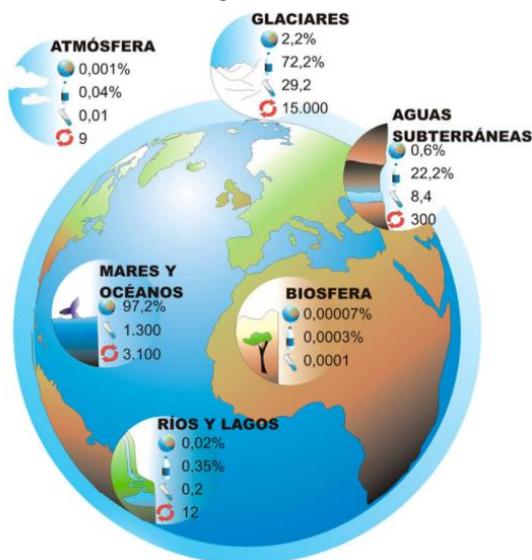
Según Barrenechea (2006), el agua es ampliamente reconocida como el solvente universal debido a su capacidad para disolver y dispersar una amplia variedad de sustancias con las que entra en contacto, ya sean sólidas, líquidas o gaseosas. Esta propiedad le permite formar iones, complejos solubles e insolubles, coloides y partículas dispersas de diferentes tamaños y pesos. En resumen, el agua tiene la capacidad de interactuar con diversas sustancias y modificar su estado físico y químico, lo que la convierte en un componente esencial en muchas reacciones químicas y procesos biológicos.

2.2.2. Distribución del agua en el mundo

Según el concepto de AGUABOOK (2016), el agua constituye aproximadamente el 70 % de la superficie terrestre, y si se extendiera uniformemente, formaría una capa de unos 3,000 metros de altura. Sin embargo, la mayor parte de esta agua, alrededor del 97 %, se encuentra en los océanos y mares, y es salada, lo que la hace inutilizable para beber y para muchas actividades humanas. El agua se encuentra distribuida en diferentes formas en siete reservorios: océanos, casquetes de hielo y glaciares polares, aguas subterráneas, lagos, ríos, mares interiores y atmósfera.

Figura 1

Distribución del agua en sus estados



Nota. La figura muestra la distribución del agua según el estado de agregación en el mundo. Adaptado de Distribución del agua en sus estados, por instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, s.f., Educalab (<http://educalab.es/recursos>). De la figura anterior es necesario comentar más a detalle sobre la tasa de renovación, ello se refiere a un “valor comparativo, calculado en años y que indica el tiempo que tarda el recurso en recuperar su estado y condiciones originales después de una contaminación..

2.2.3. Fuentes

Respecto a las fuentes de agua, estas se configuran como elemento esencial en el diseño de un sistema de abastecimiento y tratamiento de agua, cualquiera sea el diseño, por otra parte, la ubicación, el tipo; la cantidad y calidad definen el tipo de tratamiento a emplear. Según Ordoñez (2011), “las fuentes de agua se originan por un conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (subterránea y superficial)”.

a. Aguas subterráneas

Es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales (Ordoñez, 2011).

b. Aguas superficiales

Las aguas superficiales son aquellas que se mantienen sobre la tierra y en contacto con la atmósfera, es decir, en la superficie. Para identificarlas fácilmente podemos decir que son aquellas que podemos ver a simple vista o que no están bajo tierra. Estos cuerpos de agua recogen el agua de las lluvias, nacimientos de agua y de los escurrimientos que provienen de otras fuentes de agua. El destino final de las aguas superficiales que tienen salida es un cuerpo de agua más grande, como por ejemplo ocurre con los ríos que llegan hasta el océano. (Ordoñez, 2011)

c. Agua potable

Se refiere al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a su calidad no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales. Según las guías de la Organización Mundial de la Salud, se dice que el agua es potable si los componentes del mismo no suponen riesgo para la salud del consumidor si éste se bebe el agua durante toda su vida. (SAGUAPAC, 2016)

2.2.4. Importancia de la potabilización

Gonzales (2013), menciona que “Potabilizar el agua es esencial para reducir la presencia de microorganismos, mejorar su apariencia y sabor. Esto busca mejorar la calidad de vida de las personas y minimizar los efectos negativos de consumir agua contaminada. Es un derecho humano básico y vital para la salud”.

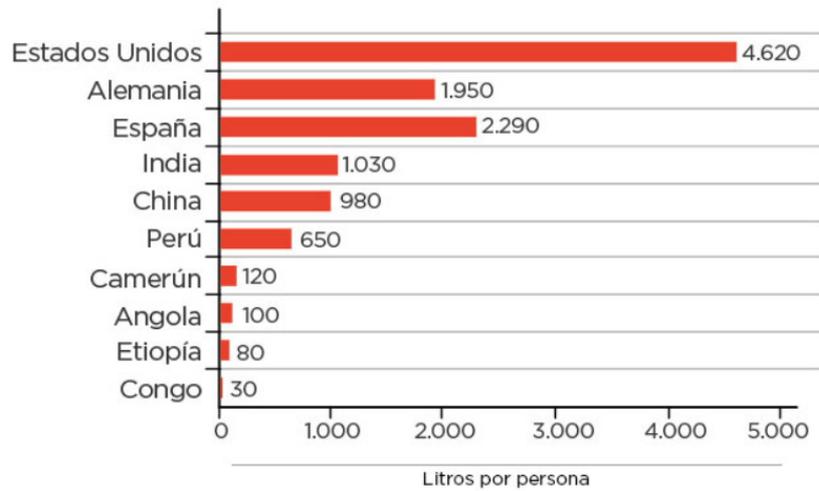
2.2.5. Consumo de agua

Respecto al consumo de agua, existen diferencias entre un consumo endosomático y exosomático. El endosomático se refiere al consumo de agua necesario para poder sobrevivir, en otras palabras, es aquella cantidad del recurso que es indispensable para que se desarrollen funciones vitales. Ahora veamos sobre el consumo exosomático que corresponde a los usos que se configuran como prescindibles desde el punto de vista biológico que están relacionados con factores culturales y

sociales. Por ejemplo, los usos deportivos o recreativos (Naciones Unidas, 2014).

Figura 2

Consumo diario de agua en diversos países



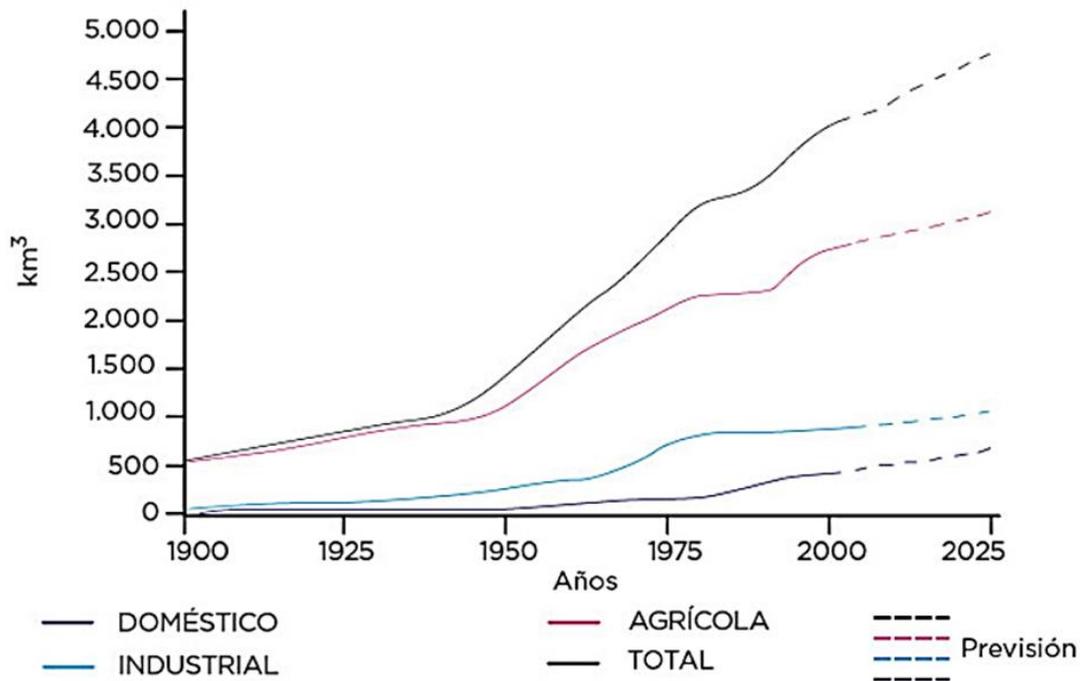
Nota. El gráfico representa el consumo de litros de agua por persona en diversos países. Adaptado del Informe de la ONU sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo, 2014.

Por lo tanto, mientras que el agua era un elemento de consumo endosomático para los seres humanos nómadas primitivos (cazadores y recolectores), para las sociedades modernas (y a medida que el modelo de sociedad se volvió más sedentario) se desarrollaron nuevos hábitos y pautas de consumo relacionados con usos exosomáticos. Desde la antigüedad, las comunidades humanas se han establecido y desarrollado en lugares donde abundaba el agua, como ríos y lagos, debido a la creciente necesidad de recursos hídricos. El consumo de agua endosomático aumenta directamente con el crecimiento demográfico, mientras que el consumo exosomático depende de los cambios en los hábitos sociales. (Naciones Unidas, 2014).

A continuación, presentamos la evolución del consumo del agua en el mundo por actividad.

Figura 3

Evolución del consumo de agua en el mundo



Nota. El gráfico representa la evolución del consumo de agua en diversas actividades. Adaptado del Informe de la ONU sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo, 2014.

Como podemos observar la agricultura es la actividad con mayor consumo de agua a través de los años, seguido por la industria y el uso doméstico. Ahora veremos cómo es el escenario en nuestro país. Según la Autoridad Nacional del Agua, conocido como ANA, nuestro país tiene el puesto ocho en el ranking mundial de países con mayor cantidad de agua. En el territorio peruano se encuentra amazonas, el río más caudaloso del mundo, y el lago navegable más alto del mundo que viene a ser el Titicaca. “Además, cuenta con miles de lagunas y cientos de ríos, con la mayor cantidad de glaciares tropicales del mundo y su costa del Pacífico posee una gran diversidad hidrobiológica”. Sin embargo, este escenario no nos exenta de preservarla, cuidarla y optimizar su uso. Asimismo, de la figura podemos mencionar que el 81 % de la energía eléctrica producida en el Perú es de origen hidráulico, el 71 % de “los glaciares tropicales del mundo se” encuentran en el Perú y que el 23,8 % de los hogares peruanos consumen agua procedente de un camión cisterna, de un pozo o del agua de río (Autoridad Nacional del Agua, 2013).

En este sentido, si bien es cierto contamos con una increíble riqueza hídrica pero la cobertura de abastecimiento es baja, muchos peruanos no cuentan con agua potable, y si es así, la calidad de la misma no es el adecuado.

Figura 4

El agua en el Perú en cifras

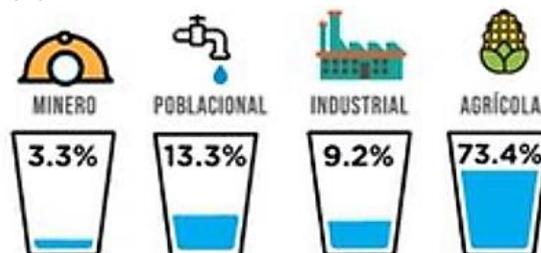


Nota. La figura representa la distribución del agua por regiones en el Perú. Adaptado del Informe de la Autoridad Nacional del Agua, 2013.

De la figura 5 se puede apreciar que el uso del agua en un primer orden es consumido por la agricultura que se traduce en un 73,4 %, luego con una significativa diferencia está el consumo de la población y en porcentajes menores al 10 % se encuentran la minería y la industria (Autoridad Nacional del Agua, 2013).

Figura 5

Usos del agua en el Perú



Nota. La figura muestra la cantidad del uso del agua por actividades en el Perú. Adaptado del Informe de la Autoridad Nacional del Agua (2013).

2.2.6. Calidad del agua

Según la OMS (2009), refiere que “El agua potable es segura para la salud a lo largo de toda la vida, considerando las sensibilidades individuales en cada etapa. Sus características varían según su origen y proceso, y pueden ser evaluadas y clasificadas en términos físicos, químicos y biológicos. Estas últimas determinan su calidad y su idoneidad para diferentes usos”.

2.2.7. Parámetros fisicoquímicos

2.2.7.1 Sólidos totales

Según la OMS (2009), menciona que, el agua se considera potable cuando su concentración de Sólidos Totales Disueltos (STD) es inferior a 600 mg/L, pero a concentraciones superiores a 1,000 mg/L, su potabilidad disminuye de manera significativa y progresiva. La presencia de altas concentraciones de STD puede generar incrustaciones en tuberías y aparatos, así como turbidez en el agua, lo cual puede ser considerado inaceptable por los consumidores.

2.2.7.2 Turbidez

Aunque el agua turbia puede presentar problemas, no existe un valor de referencia que se base en sus efectos sobre la salud. “Se considera aceptable que el agua tenga una turbidez de 5 UNT en términos de apariencia para los consumidores. Sin embargo, para una desinfección efectiva, la turbidez media debe ser inferior a 0,1 UNT” (OMS, 2009).

2.2.7.3 Color

La presencia de materia orgánica, metales y descomposición de materia son algunas de las causas del color en el agua. “Los consumidores pueden notar niveles de color superiores a 15 UCV en un vaso de agua. Por lo general, se considera aceptable un nivel de color inferior a 15 UCV, aunque la percepción puede variar” (OMS, 2009).

2.2.7.4 Temperatura

Según la OMS (2009), en altas temperaturas, puede haber un aumento en el crecimiento de microorganismos y problemas relacionados con el sabor, olor, color y corrosión del agua.

2.2.7.5 pH

Según la OMS (2009), indica que, es crucial mantener un pH entre 6,5 y 8,0 para que la desinfección con cloro sea efectiva.

Todas las etapas del tratamiento del agua requieren el control del pH para garantizar una clarificación y desinfección adecuadas. Durante la distribución, también se debe controlar el pH para evitar la corrosión y la formación de depósitos en las redes. Un pH bajo puede ser corrosivo..

2.2.7.6 Dureza

“El umbral de sabor del magnesio es probablemente menor que el del calcio, pero el umbral de sabor del calcio varía de 100 a 300 mg/L dependiendo del anión presente. Los consumidores pueden tolerar una dureza del agua superior en ocasiones a 500 mg/L” (OMS, 2009).

2.2.7.7 Conductividad

Según el Ministerio de Salud (2010), refiere que, la conductividad eléctrica del agua es su capacidad de conducir corriente debido a la presencia de sales inorgánicas disueltas. Por lo tanto, la conductividad es un indicador de la cantidad de sales presentes en el agua. Es importante destacar que el consumo humano de agua se recomienda con una conductividad eléctrica máxima de 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

2.2.7.8 Sulfatos

Según la DIGESA (2012), menciona que, los sulfatos son compuestos derivados de los ácidos sulfúricos y se encuentran en minerales utilizados en la industria química. Cuando el agua entra en contacto con suelos mineralizados, puede aumentar su concentración de sulfatos y transportarlos a otras superficies.

2.2.7.9 Cloruros

“A medida que las concentraciones de cloruro en el agua superan los 250 mg/L, es más probable que los consumidores perciban su sabor. No existen valores de referencia específicos basados en los efectos sobre la salud” (OMS, 2009).

2.2.8. Parámetros microbiológicos

2.2.8.1 Bacterias

“Las bacterias patógenas presentes en el agua pueden transmitir enfermedades graves y dañar el sistema respiratorio y el cerebro. Por esta razón, es fundamental garantizar la calidad del agua que se consume para evitar riesgos para la salud” (OMS, 2009).

2.2.8.2 Virus

Según la OMS (2009), refiere que, los virus transmitidos a través del agua son principalmente aquellos que pueden infectar el sistema digestivo y se encuentran en las heces de personas infectadas (virus entéricos). Estos virus suelen causar enfermedades agudas con un período de incubación corto.

2.2.8.3 Organismos de vida libre

Según la OMS (2009), menciona que, los protozoos y helmintos son causas comunes de infecciones y enfermedades en humanos y animales. El agua desempeña un papel importante en la transmisión de estos patógenos. Controlar su transmisión es desafiante debido a la resistencia de los quistes, coquistes y huevos a los procesos de desinfección y filtración del agua.

2.2.9. Límites máximo permisibles para el agua de consumo humano

En Perú, se estableció el Decreto Supremo N°031-2010-SA, que regula la calidad del agua para consumo humano. Su propósito es asegurar la seguridad del agua, prevenir riesgos sanitarios y proteger la salud de la población. El reglamento busca garantizar el acceso sostenible y adecuado a agua potable segura para los consumidores, ver anexo 1.

2.2.10. Calidad del agua para consumo humano

Es relevante destacar los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que se exigen a las aguas de bebida para ser consideradas potables. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, vigente desde el 26 de setiembre del 2010, a través del D.S. N° 031-2010-SA, establece los límites máximos permisibles. Este reglamento como instrumento de gestión tiene por finalidad garantizar la calidad del agua a través de la inocuidad en el consumo y por consiguiente prevenir los factores

de riesgo sanitarios así como proteger y promover la salud y bienestar de la población; contiene 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales y 5 anexos; no solamente regula los límites máximos permisibles en el agua a través de los parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y radiactivos están incluidos. Además, establece responsabilidades a los Gobiernos Regionales en la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano y faculta a la DIGESA como autoridad sanitaria en estos asuntos...

2.2.10.1 Control de desinfectante

El Reglamento de calidad del agua para consumo humano (2010) exige que el proveedor desinfecte el agua antes de distribuirla con un desinfectante efectivo para eliminar todos los microorganismos, dejando un residuo para proteger el agua de cualquier contaminación microbiológica que pueda ocurrir en el proceso de distribución. Si se utiliza cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución no deberían contener menos de 0,5 mg/L de cloro residual libre en un mes. El 10% restante no debe contener más de 0,3 mg/L y la turbiedad no debe ser inferior a 5 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

2.2.11. Agua potable en el ámbito rural

La mayoría de las veces, los proyectos de agua y saneamiento a nivel rural son llevados a cabo por el Municipio, con la ayuda de consultores contratados con fondos de las agencias de implementación o por el propio Municipio. La gestión de los sistemas de agua en las comunidades rurales está a cargo de la organización comunitaria a través de juntas o comités elegidos democráticamente para la gestión adecuada de los servicios (Mejía, Castillo, & Vera, 2016).

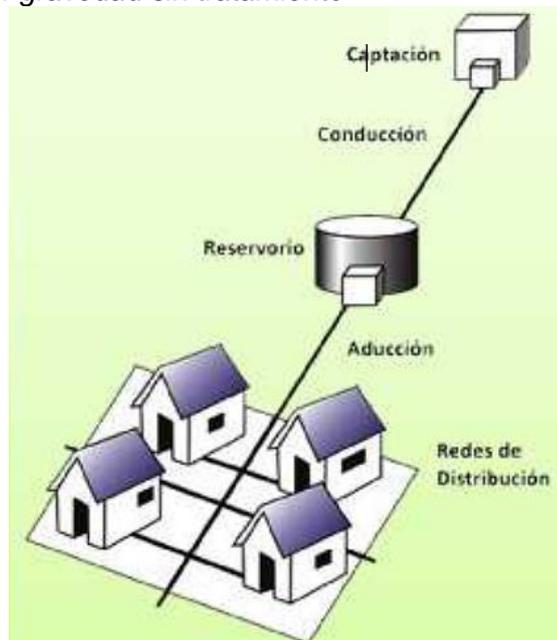
Los procedimientos para la elección de un sistema de agua en los países de América Latina son similares y dependen básicamente del tipo de fuente de agua (determinando que el sistema funcione por gravedad o por bombeo), el caudal disponible, que definirá el nivel de servicio (pileta pública, conexión domiciliaria) y el tamaño y grado de concentración de la comunidad. También se encuentran algunos sistemas no convencionales, como la captación de agua de lluvia y la protección de manantiales (Mejía, Castillo, & Vera, 2016).

2.2.11.1 Sistema de agua por gravedad sin tratamiento

Según Consorcio Proyectos Rurales (2013), este sistema utiliza manantiales o galerías filtrantes como fuente de abastecimiento. Se emplea cuando el agua de estas fuentes es de calidad adecuada y no requiere tratamientos adicionales, excepto la desinfección. La fuente de agua se encuentra a una elevación más alta que la comunidad, lo que permite que el agua se transporte mediante tuberías utilizando la gravedad.

Figura 6

Sistema de agua por gravedad sin tratamiento



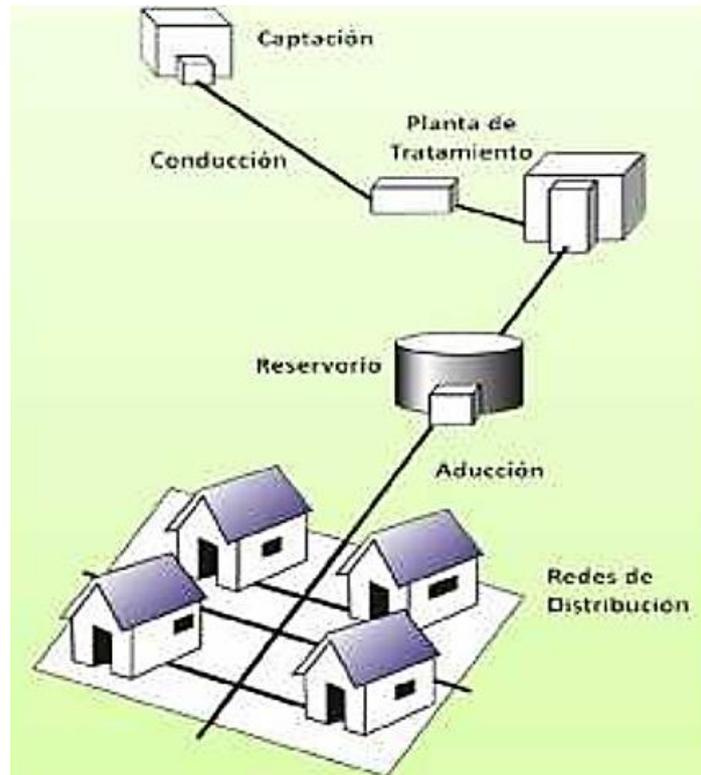
Nota. En esta figura se muestra el sistema que se utiliza en la zona rural; según el Consorcio Proyectos Rurales (2013).

2.2.11.2 Sistema de agua por gravedad con tratamiento

Según (Consorcio Proyectos Rurales, 2013), este sistema utiliza aguas superficiales captadas de canales, acequias, ríos u otras fuentes similares como fuente de abastecimiento. Se emplea cuando el agua necesita ser tratada y desinfectada antes de distribuirla. Dado que las aguas superficiales no son adecuadas para consumo humano, este sistema, que opera por gravedad, cuenta con estructuras que garantizan el tratamiento y desinfección antes de su consumo.

Figura 7

Sistema de agua por gravedad con tratamiento



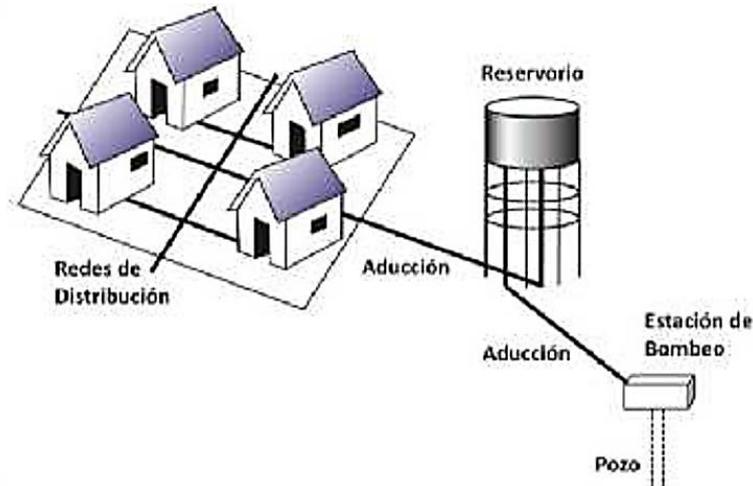
Nota. En la figura se presenta el sistema de agua por gravedad con tratamiento en las zonas rurales. Según el Consorcio Proyectos Rurales (2013).

2.2.11.3 Sistema de agua por bombeo sin tratamiento

Este sistema utiliza agua subterránea como fuente de abastecimiento. Se emplea cuando el agua de estas fuentes es de alta calidad y no necesita tratamiento adicional, solo desinfección. En este tipo de sistemas, la fuente de agua está a una altura más baja que la comunidad, por lo que se requiere una bomba para elevar el agua a una estructura de almacenamiento y luego distribuirla a las viviendas de la comunidad (Consorcio Proyectos Rurales, 2013).

Figura 8

Sistema de Bombeo sin tratamiento.



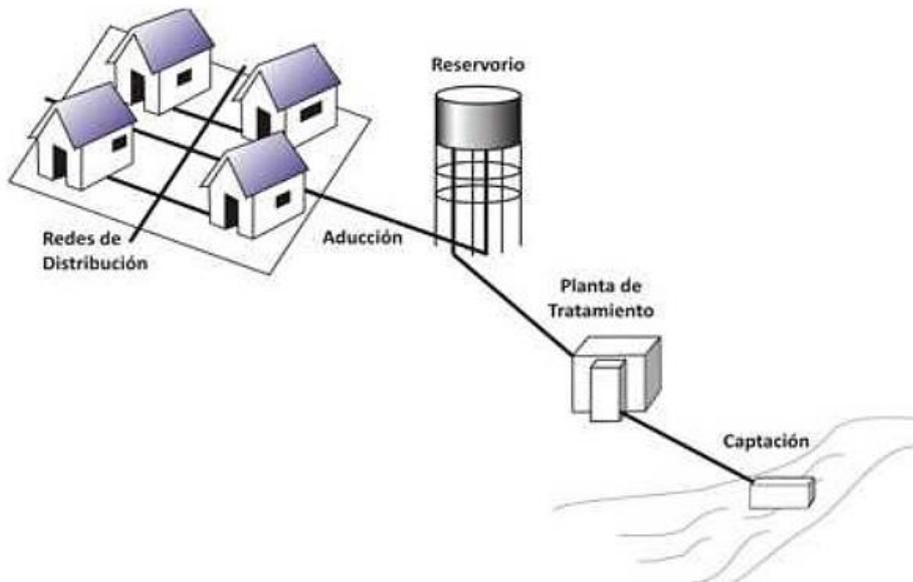
Nota. En la figura se muestra el sistema de bombeo sin tratamiento en las zonas rurales, según el Consorcio Proyectos Rurales (2013).

2.2.11.4 Sistema de agua por bombeo con tratamiento

Este sistema utiliza agua superficial como fuente de abastecimiento. Se emplea cuando la calidad del agua no es adecuada para el consumo humano, por lo que se necesita una planta de tratamiento para ajustar sus características a los estándares de calidad.

Figura 9

Sistema de Bombeo con tratamiento.



Nota. En la figura se muestra el sistema de bombeo con tratamiento en las zonas rurales, según el Consorcio Proyectos Rurales (2013).

Estos sistemas aprovechan el agua de una fuente superficial que se encuentra a un nivel inferior a la comunidad, por lo que se requiere una bomba para elevar el agua y distribuirla, además del tratamiento necesario (Consortio Proyectos Rurales, 2013).

2.2.11.5 Cloración aplicada a zonas rurales

Según León (2019), refiere que, el cloro se puede utilizar como desinfectante en forma de gas, hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio. Su poder desinfectante es similar en todas sus formas, pero la elección depende de la complejidad del manejo. En entornos rurales y áreas con poblaciones pequeñas, se prefieren los hipocloritos debido a su mayor estabilidad, concentraciones más bajas de cloro y facilidad de manejo, lo que los hace más adecuados para su aplicación en estas áreas.

2.2.11.6 Cloración

Según PROAGUA (2017), conceptualiza que, la cloración es un método de desinfección eficaz en áreas rurales, pero su aplicación incorrecta puede ser riesgosa. Es importante considerar otros aspectos que determinan su efectividad y minimizar los riesgos para la salud humana asociados a la cloración.

2.2.12. Sistema de cloración autocompensante

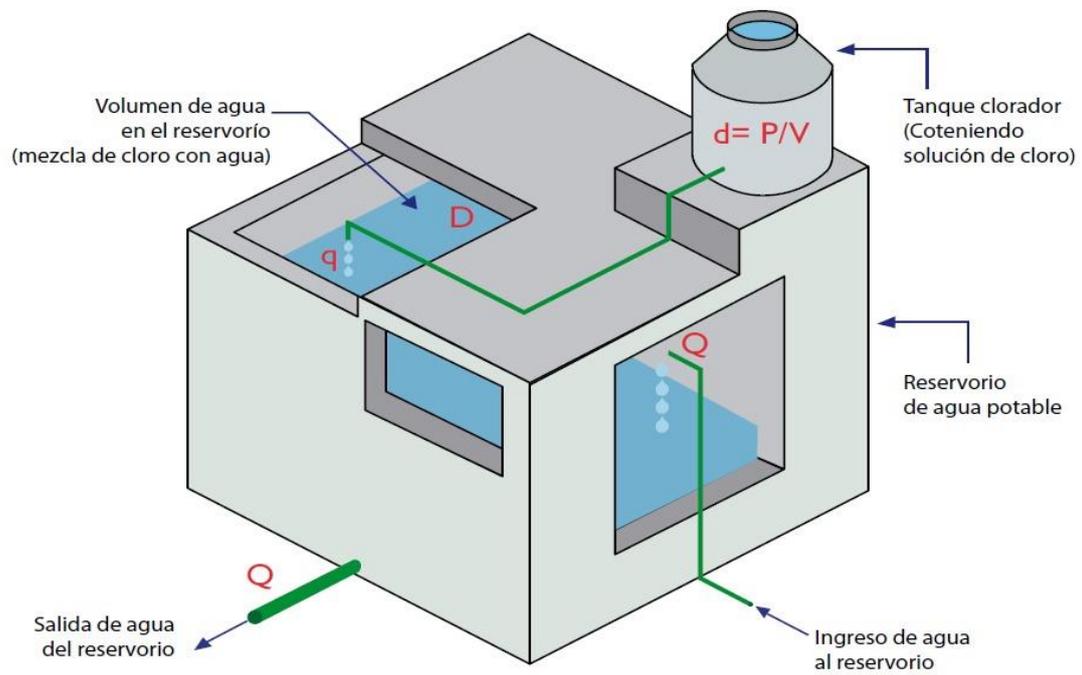
Según Fustamante (2017), La cloración por goteo autocompensante es un método para desinfectar el agua potable mediante la dosificación constante de pequeñas cantidades de solución clorada (en forma de gotas o chorro) en la cámara de cloración o directamente en el reservorio. El objetivo es lograr una desinfección efectiva del agua y garantizar que la cantidad de cloro residual libre se cumpla con la norma actual.

Los componentes básicos del sistema de cloración por goteo son:

- El tanque clorador de volumen conocido (generalmente 750 litros) donde se realiza la preparación y almacenamiento de la solución clorada.
- El elemento de dosificación que entrega la dosis de solución clorada en el punto de cloración. Generalmente mediante un caudal conocido (usualmente de 1, 2, 4, 6 y 8 litros por hora) y por descarga libre.

Figura 10

Esquema general del sistema de cloración por goteo autocompensante implementado por la GIZ – FPA.



Nota. En la figura se presenta el esquema general del sistema de cloración por goteo autocompensante implementado por la GIZ – FPA. Adaptado de Fustamante (2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación es tecnológico y el nivel es explicativo. El método es deductivo y analítico.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación ha sido experimental, porque se ha manipulado las variables independientes en el sistema de cloración autocompensante y su resultado en la desinfección de agua para consumo humano. El enfoque es cuantitativo, ya que se realizó la cuantificación de las variables.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Agua captada no tratada para consumo humano en el Centro Poblado de Arizona, Vinchos, Ayacucho.

3.3.2. Muestra

Alícuota de agua mensuales con cloro residual en el reservorio y en 3 viviendas del centro poblado de Arizona, seleccionadas según su proximidad al reservorio (vivienda más cercana, intermedia y más lejana).

3.3.3. Muestreo

No probabilístico intencional de acuerdo a protocolo, estas muestras constituyeron los puntos de monitoreo.

3.4. Variables e indicadores

3.4.1. Variable independiente

Sistema de cloración autocompensante.

Indicadores

- Concentración de solución desinfectante.
- Caudal de solución desinfectante.
- Caudal del agua.

3.4.2. Variable dependiente

Calidad del agua para el consumo humano.

Indicadores

- Cloro residual
- pH
- Temperatura
- Coliformes termotolerantes.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas

- Observación
- Métodos de ensayos de campo y laboratorio
- Diseño del equipo

3.5.2. Instrumentos

- Ficha de recolección de datos
- Equipos para ensayos de campo y laboratorio
- Normas técnicas

3.6. Procedimientos y métodos

En la recopilación de datos, se emplearon principalmente técnicas de observación y la toma de muestras utilizando equipos específicos como el Colorímetro Digital y el pH metro. Estos equipos cumplen con tres criterios fundamentales: confiabilidad, validez y objetividad.

Se emplearon diversos instrumentos y equipos para la recolección de datos, entre los cuales se encuentran:

- Colorímetro digital
- Multiparámetro Hanna
- GPS
- Fichas de registros
- Cooler
- Preservantes químicos
- Cámara fotográfica
- EPP (mascarilla y guantes quirúrgicos) y recipientes de muestreo.

3.6.1. Procedimiento de recolección de datos

Todos los puntos de muestreo deben estar marcados con precisión en los mapas para que sea fácil volver a ellos. Debe tomar fotografías del lugar y registrar algunas características geográficas permanentes. Un hito debe colocarse en la orilla si es factible (Autoridad Nacional del Agua, 2013).

Se eligieron tres viviendas de la red del sistema de agua potable en el centro poblado de Arizona para el monitoreo. Estas viviendas fueron seleccionadas en función de su ubicación con respecto al punto de control de cloro residual libre: la más cercana, la intermedia y la más alejada del lugar de cloración. Cada vivienda seleccionada se registró con su ubicación precisa.

En la tabla 1 se presenta las coordenadas UTM, altura de los puntos de muestreo.

Tabla 1

Ubicación de los puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM		Altura m.s.n.m.
	Este	Sur	
Reservorio	572023,00	8527937,00	3372
Vivienda cercana	571636,19	8528028,08	3272
Vivienda intermedia	571523,92	8528123,72	3256
Vivienda más alejada	571388,25	8528205,36	3249

En la figura 11 se muestra la ubicación de los puntos de muestreo.

Figura 11

Ubicación de los puntos de muestreo.



Nota: Obtenido de Google Earth, 2023.

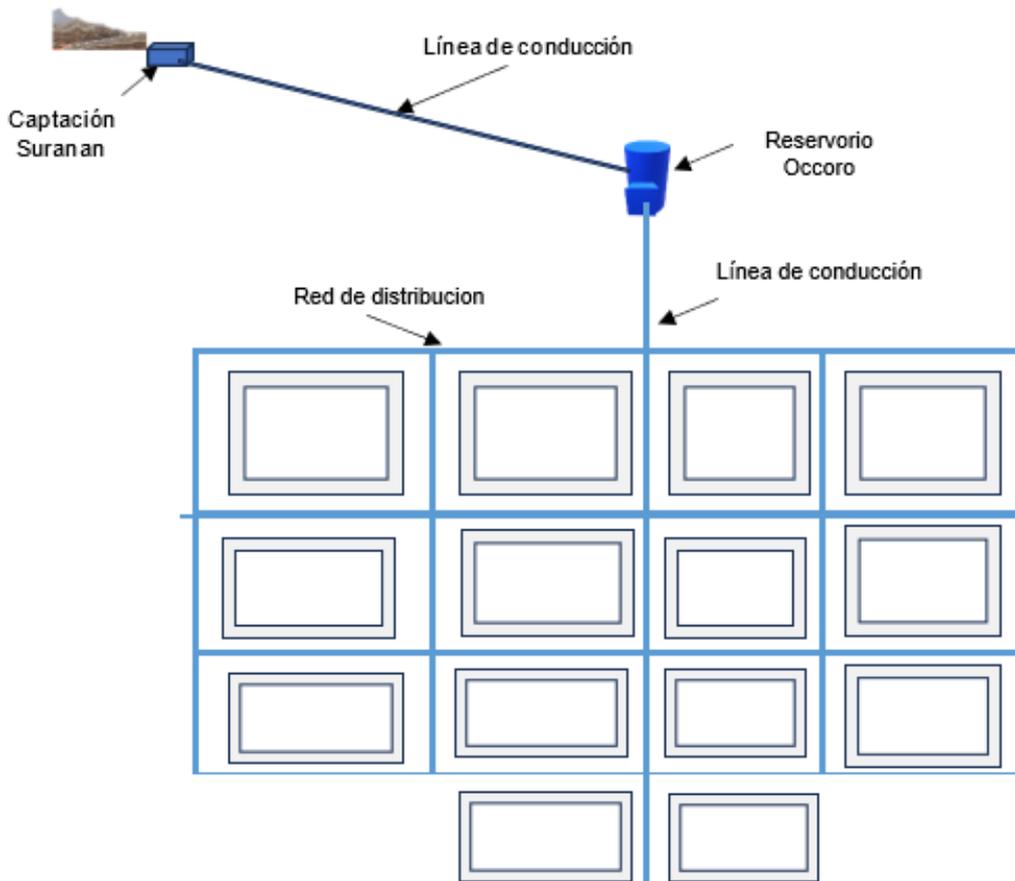
3.7. Diseño e instalación del sistema de cloración autocompensante

En la presente investigación se eligió diseñar e implementar el sistema de cloración por goteo autocompensante como una alternativa de mejora debido a que este sistema ha demostrado ser efectiva, como en: la reducción de costo de implementación, no requiere la verificación constante de la dosificación, reduce la mano obra del operador, garantiza la sostenibilidad de la desinfección, el filtro no deja pasar residuos contaminantes, funciona como pequeño tanque de carga constante que garantiza volumen constante, presión constante, goteo uniforme de la solución desinfectante, reduce el tramo de recorrido de la solución desinfectante. Se adaptó a la infraestructura existente en el centro poblado de Arizona, que actualmente recibe agua del manantial Suranan, siguiendo las pautas de la Guía del Programa Nacional de Saneamiento y los criterios de diseño para agua de consumo humano.

En la figura 12 se muestra el sistema de abastecimiento de agua, centro poblado de Arizona.

Figura 12

Sistema de abastecimiento de agua, centro poblado de Arizona.



A continuación, se describen los elementos del sistema, los cuales se enumeran a continuación:

a. Captación

La fuente de captación, conocida como "Suranan", tiene un caudal de 1,4 L/s en época lluviosa y 0,98 L/s, su infraestructura presenta un estado regular. Se localiza a unos 10 km de la plaza principal del Centro Poblado de Arizona, a una altitud de 3644 m.s.n.m. y coordenadas UTM: 8527342,81 S y 573123,60 E. Es relevante mencionar que los accesorios se encuentran en buen estado.

En la figura 13 se muestra el sistema de captación de Suranan.

Figura 13

Sistema de captación de Suranan.



b. Línea de conducción 1

El sistema de distribución está formado por tuberías de PVC con un diámetro de 2 pulgadas y una longitud aproximada de 6 km. Esta línea, que va desde la captación en Suranan hasta el reservorio Occoro, atraviesa terrenos de cultivo y pendientes.

c. Reservorio

El reservorio actual está situado a una distancia de 4 km de la plaza principal del centro poblado de Arizona. Tiene una capacidad de 10 m³ y se encuentra a una altitud de 3349 m.s.n.m., en el lugar llamado Occoro, con coordenadas UTM: 8527999,44 S y 572006,24 E. El reservorio es de concreto y cuenta con un sistema de válvulas en funcionamiento.

d. Línea de conducción 2

La tubería de la línea consiste en PVC con un diámetro de 1 pulgada, tiene una extensión aproximada de 4000 m y se encuentra en condiciones aceptables.

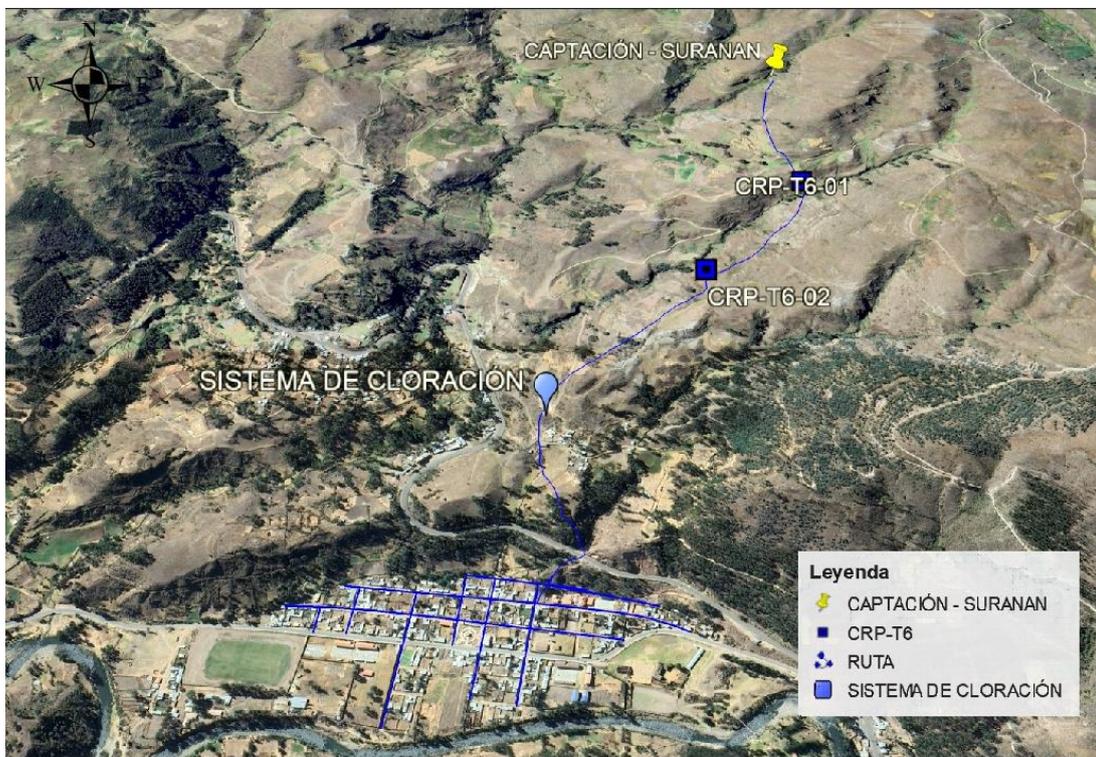
e. Red de distribución

El suministro de agua a los diversos sectores de la población se realiza mediante una red de tuberías principales y secundarias, compuesta por tuberías de PVC de 1 pulgada y de 1/2 pulgada. Estas tuberías están conectadas a 59 viviendas y se encuentran en óptimas condiciones.

En la figura 14 se muestra la red de distribución centro poblado de Arizona, en la que se observa la captación Suranan y la red de distribución del sistema de cloración.

Figura 14

Red de distribución centro poblado de Arizona.



3.7.1. Principios del diseño técnico del sistema de cloración por goteo autocompensante

En la actualidad, el centro poblado de Arizona no dispone del sistema de cloración por goteo autocompensante. Este sistema fue diseñado e implementado por el investigador como parte de esta investigación. Para llevar a cabo el diseño del sistema de cloración, es fundamental establecer los siguientes aspectos:

3.7.1.1 Población futura para el diseño

El método predominante para estimar la población futura en áreas rurales es el análisis de crecimiento aritmético. Este enfoque se basa en la suposición de que la población evoluciona de manera similar a una progresión aritmética y se acerca a su capacidad máxima. Según (Maylle, 2017), el coeficiente de crecimiento anual (r) por 1000 habitantes para Ayacucho se considera $r = 10$.

$$Pf = Pa * \left[1 + \frac{r}{1000} * t \right] \quad (\text{ec.1})$$

Donde:

P_f = Población futura (hab.)

P_a = Población actual (hab.)

r = Coeficiente de crecimiento anual x 1000 hab.

t = Tiempo (años), duración del diseño

3.7.1.2 Dotación promedio de agua

Según el (INEI, 2020) en la publicación "Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento", establece que el consumo de agua doméstico promedio en la sierra, dependiendo del sistema de disposición de letrinas sin arrastre hidráulico se considera entre 40 a 50 L/hab./d. Para el sistema de diseño se tomó el consumo doméstico promedio de 50 L/hab./d.

3.7.1.3 Caudal promedio diario por año (Q_m)

Se calculará el consumo promedio diario anual, estimado por persona, para la población futura durante el período de diseño, expresado en litros por segundo (L/s). Este valor se determinará utilizando la siguiente fórmula o relación.

$$Q_m = \frac{\text{Vol.prod.por día}}{86400} = \frac{Pf * \text{dotación prom.}}{86400 \frac{s}{\text{día}}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

Q_m = Caudal promedio diario anual (L/s)

Pf = Población futura (hab.)

d = Dotación promedio (L/hab./día)

3.7.1.4 Caudal máximo por día ($Q_{max.d}$)

La Demanda máxima diaria ($Q_{max.d}$) es el caudal necesario durante el día de mayor consumo. Se calcula multiplicando el caudal promedio (Q_m) por el coeficiente máximo diario, recomendado en 1,3 según las recomendaciones del (MEF, 2011) en la "Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos, Saneamiento Básico en el Ámbito Rural", utilizando la siguiente expresión:

$$Q_{max.d}(L/s) = Q_m * 1,3 \text{ (ec. 3)}$$

Donde:

$Q_{max.d}$ = Caudal máximo por día (L/s)

Q_m = Caudal promedio diario anual

3.7.1.5 Caudal máximo por hora ($Q_{max.h}$)

Las instalaciones se diseñarán para satisfacer la demanda máxima horaria ($Q_{max.h}$), calculada al multiplicar la demanda máxima diaria por el coeficiente máximo horario de 2.0, de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$Q_{max.h}(L/s) = Q_m * 2,0 \text{ (ec. 4)}$$

Donde:

$Q_{max.h}$ = Caudal máximo por hora (L/s)

Q_m = Caudal promedio diario anual

3.7.1.6 Determinación del caudal de goteo constante

El caudal de entrada desde el tanque de cloración al reservorio se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_{goteo} = \frac{V*1000}{t*24 \text{ h}*60 \text{ min}} \text{ (ec. 8)}$$

Donde:

Q_{goteo} = Caudal de goteo constante (L/h)

t = Tiempo de recarga del tanque de cloración (días)

V = Capacidad del tanque, en nuestro caso se usó un tanque de 750 litros.

3.7.1.7 Determinación del peso del hipoclorito de calcio ($P_{h.c}$)

La ecuación general para calcular la cantidad de producto de hipoclorito a utilizar es la siguiente:

$$P_{h.c.} = \frac{V * d * Q * 3600}{q * \% * 10^6}$$

Donde:

$P_{h.c}$ = Peso de hipoclorito de calcio (kg)

Q = Caudal de ingreso (L/s)

V = Capacidad del tanque (L)

q = Caudal de goteo constante (L/h)

d = Cantidad de cloro en el agua bebible, según la OMS debe tener 1,0 mg/L

3.7.1.8 Determinación del tiempo de recarga del tanque clorador (t)

Una vez que se ha calculado el peso del hipoclorito de calcio necesario, se procede a determinar el tiempo de recarga del tanque clorador.

$$t_{(días)} = \frac{V}{q * 24 \text{ h/día}} \quad (\text{ec. 6})$$

Donde:

T_{recarga} = Tiempo de recarga del tanque clorador (días)

V = Capacidad del tanque (L)

q = Caudal de goteo cte. (L/h)

3.7.1.9 Determinación de la Concentración de la Solución Madre (C_m)

Según la (DIGESA, 2011) la solución madre se refiere a la mezcla de agua y un compuesto de cloro con una alta concentración de este elemento. Esta solución se preparará en el tanque de cloración y su cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$C_{\text{madre}} = \frac{(Q * d)}{q} \text{ (mg/L)} \quad (\text{ec. 7})$$

Donde:

C_{madre} = Concentración de la solución madre

Q = Caudal de ingreso (L/s)

q = Caudal de goteo cte. (L/s)

d = Cantidad de cloro en el agua bebible, según la OMS debe tener 1,0 mg/L

3.7.1.10 Verificación de la Concentración de Hipoclorito de Calcio

Según la (DIGESA, 2011) la comprobación de la concentración de cloro es de gran importancia, ya que garantiza que la cantidad de cloro no exceda los 5000 mg/L. Esto se realiza para mantener un control adecuado del nivel de cloro en el agua.

$$C_{real\ hipoclorito} = \frac{\text{Peso de hipoclorito de calcio}}{V_{tanque}} \quad (\text{ec. 9})$$

Donde:

$P_{\text{Hipo.calcio}}$ = Peso de hipoclorito de calcio (mg)

V_{tanque} = Volumen de tanque de almacenamiento de la solución madre (L)

3.7.1.11 Instalación del sistema de cloración por goteo autocompensante

Para llevar a cabo la instalación del sistema de cloración por goteo autocompensante, se requirieron los siguientes elementos o componentes.

En la tabla 2 se presenta los materiales para el sistema de cloración por goteo autocompensante.

Tabla 2

Materiales para el sistema de cloración por goteo autocompensante.

N°	Material	Unidad	Cantidad
1	Tanque de cloración de 750 mL	Und.	1
2	Kit de dosificación		
	Válvula de línea	Und.	1
	Filtro de discos (120 um)	Und.	1
	Manguera de polietileno (1/4")	m	1,5
	Gotero autocompensante	Und.	1
3	Accesorios de acople		
	Multiconector	Und.	1
	Acople bushing (1")	Und.	1
	Socket (1")	Und.	1
	Cinta teflón	Und.	1

3.7.1.12 Especificaciones técnicas del gotero Autocompensante y filtro de anillo

GOTERO PCJ - GJ-G8-076

Dado que evitan el desagüe de agua y eliminan la necesidad de relleno, los goteros PCJ son esenciales para un riego por pulsos eficiente. Ideales para uso en invernaderos, viveros y huertos, así como para la dosificación de agua o cualquier otro fluido y elementos de jardinería.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- El gotero autocompensante asegura pasos de agua amplios; su ancha, profunda y amplia sección mejora la resistencia a la obstrucción.
- El sistema PC, un sistema diferencial de presión patentado, mantiene un caudal uniforme a diferentes presiones de trabajo de entrada, asegurando una distribución precisa de agua y nutrientes.
- Un sistema de autolavado continuo que mejora la resistencia a la obstrucción.
- El número de goteros puede aumentar para aumentar la cantidad de agua destinada al crecimiento de los árboles.
- Permite la instalación del "montaje de araña", que divide el suministro de agua en diferente salida.



ESPECIFICACIONES

- Rango de presión de trabajo: de 0.5 a 4.0 bar.
- El gotero cuenta con amplios pasos de agua.
- 7 caudales diferentes.
- 2 salidas diferentes: cilíndrica y dentada a 3mm de DI.
- Para insertar en tuberías de pared gruesa (0,9, 1,0 y 1,2 mm).
- Gotero inyectado, muy bajo CV.
- Diafragma de silicona inyectada.
- El gotero en línea PCJ cumple con las normas ISO 9261.

DATOS TÉCNICOS DE LOS GOTEROS

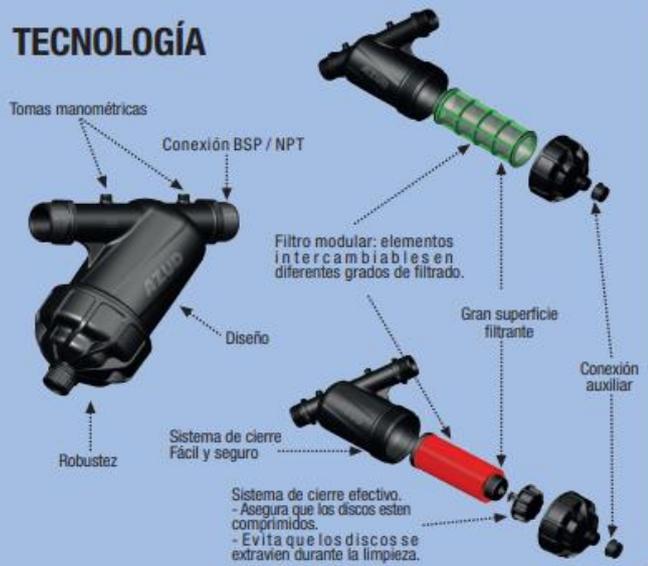
Caudal nominal (L/H.)	Rango de presión de trabajo (BAR)	Dimensiones de pasos de agua ancho - Profundidad - Longitud (mm x mm x mm)	Área de filtración (MM ²)	Constante K	Exponent e* X	Código de color de la base
0,5	0,5 - 0,4	0,54 x 0,60 x 40	1,8	0,5	0	Mostaza
1,2	0,5 - 4,0	0,67 x 0,77 x 35	2,0	1,2	0	Café
2,0	0,5 - 4,0	1,03 x 0,75 x 35	2,0	2,0	0	Rojo
3,0	0,5 - 4,0	1,03 x 1,08 x 35	2,0	3,0	0	Azul
4,0	0,5 - 4,0	1,32 x 0,95 x 35	2,0	4,0	0	Gris
8,0	0,5 - 4,0	1,60 x 1,05 x 35	2,0	8,0	0	Verde
12,0	0,5 - 4,0	1,60 x 1,05 x 17,5	2,0	12,0	0	Fucsia
15,0	0,5 - 4,0	1,60 x 1,08 x 17	2,0	15,0	0	Negro

Filtro de anillo de 1"

AZUD MODULAR 100 es la gama de filtros fabricados en material plástico que asegura un fácil manejo, alta resistencia y durabilidad para caudales hasta 25 m³/h (110 gpm).



TECNOLOGÍA



VENTAJAS

✓ **MÁXIMA CALIDAD Y SEGURIDAD EN LA FILTRACIÓN** en un amplio rango de grados de filtrado en discos y malla.

- **Elemento filtrante de discos** con cierre roscado de fácil manipulación, que asegura la compresión e impide la pérdida accidental de discos.



- **Elemento filtrante de malla**, fabricada en acero inoxidable con estructura en plástico técnico.



✓ **MÁXIMA SUPERFICIE FILTRANTE y MENOR MANTENIMIENTO.** Permite reducir la frecuencia e intensidad de labores de mantenimiento. El elemento filtrante es extraíble fácilmente para su mantenimiento.

✓ **ROBUSTEZ.** Cuerpo y tapa fabricados en termoplástico técnico.

✓ **SISTEMA DE CIERRE ROSCADO** efectivo a alta y baja presión.

✓ **JUNTA DE ESTANQUEIDAD ALOJADA EN LA TAPA DEL FILTRO,** evitando su extravío o deterioro en operaciones de mantenimiento.

✓ **EQUIPADO CON CONEXIONES AUXILIARES.**

- **Tapa con conexión roscada 3/4"** en su extremo para permitir rápidas evacuaciones o la despresurización.

- **Tomas manométricas.** Todos los modelos están equipados con tomas manométricas.

✓ **FÁCIL MANIPULACIÓN.** Sin necesidad de herramientas.

✓ **FÁCIL INSTALACIÓN.**

✓ **RESISTENCIA A PRODUCTOS QUÍMICOS** en su versión con juntas especiales. Aplicables en fertirrigación.



AZUD MODULAR 100	3/4"	1"
CONEXIÓN	3/4" BSP	1" BSP
CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO	5 m ³ /h 22 gpm	6 m ³ /h 26 gpm
SUPERFICIE FILTRANTE (DISCOS)	180 cm ² 28 in ²	180 cm ² 28 in ²
SUPERFICIE FILTRANTE (MALLA)	160 cm ² 25 in ²	160 cm ² 25 in ²



AZUD MODULAR 100	1 1/4"	1 1/2"
CONEXIÓN	1 1/4" BSP	1 1/2" BSP
CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO	10 m ³ /h 44 gpm	14 m ³ /h 62 gpm
SUPERFICIE FILTRANTE (DISCOS)	310 cm ² 48 in ²	310 cm ² 48 in ²
SUPERFICIE FILTRANTE (MALLA)	270 cm ² 42 in ²	270 cm ² 42 in ²



AZUD MODULAR 100	1 1/2" SUPER	2"
CONEXIÓN	1 1/2" BSP	2" BSP
CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO	20 m ³ /h 88 gpm	25 m ³ /h 110 gpm
SUPERFICIE FILTRANTE (DISCOS)	535 cm ² 83 in ²	535 cm ² 83 in ²
SUPERFICIE FILTRANTE (MALLA)	490 cm ² 76 in ²	490 cm ² 76 in ²



Grados de filtrado



Discos

Malla INOX

130 micras, (25 mesh)

530 micras, (25 mesh)

200 micras, (75 mesh)

138 micras, (100 mesh)

100 micras, (100 mesh)

MATERIALES

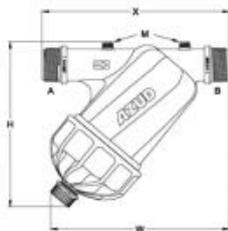
Carcasa Filtro	Plástico Técnico
Elemento filtrante	Discos ranurados Polipropileno Malla Acero inoxidable AISI 316

Presión máxima 8 bar / 116 psi • Temperatura máxima 60 °C / 140 °F

Dimensiones

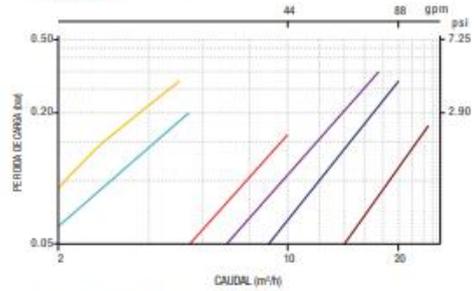
Modelos	A - B		H		W		X		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
3/4"	3/4" BSP	174	6.9	185	7.3	158	6.2	82	3.2	
1"	1" BSP	174	6.9	190	7.5	158	6.2	82	3.2	
1 1/4"	1 1/4" BSP	204	8.0	231	9.1	231	9.1	115	4.5	
1 1/2"	1 1/2" BSP	204	8.0	231	9.1	231	9.1	115	4.5	
1 1/2" SUPER	1 1/2" BSP	244	9.6	262	10.3	252	9.9	147	5.8	
2"	2" BSP	250	9.8	270	10.6	267	10.5	147	5.8	

A - B Disponible en conexión
NPT E - 3/4" conexión BSP
M - 1/4" conexión BSP



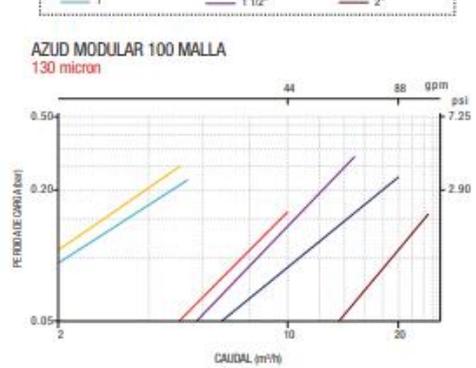
AZUD MODULAR 100 DISCOS

130 micron



AZUD MODULAR 100

130 micron



Los procesos de instalación se detallan a continuación:

- a. Instalación de la caseta de protección del sistema de cloración.

En la figura 15 se muestra la instalación de la caseta de producción.

Figura 15

Instalación de la caseta de producción.



- b. Ubicación e instalación del tanque de 750 litros en la caseta de protección.

En la figura 16 se muestra la instalación del tanque de almacenamiento de la madre.

Figura 16

Instalación del tanque de almacenamiento de la madre.



- c. Comprobamos el montaje hermético para prevenir la entrada de agua mediante el uso de cinta de teflón en cada conexión y reducción.
- d. Colocar el kit dosificador en el accesorio múltiple del tanque de polietileno.

En la figura 17 se muestra el kit dosificador para el tanque de 750 litros, que consta de válvula de línea, filtro de discos (120 um), manguera de polietileno (1/4") y gotero autocompensante.

Figura 17

Kit dosificador para el tanque de 750 litros.



Nota: Catalogo rotoplas.com.pe

- e. Agregar una pequeña cantidad de agua al tanque de solución madre y ajustar el flujo de goteo. Después, se realizó el cálculo de la concentración de la solución madre, añadiendo la cantidad correcta de cloro, seguido de una mezcla y reposo de aproximadamente una hora antes de introducirlo en el tanque principal.

En la figura 18 se muestra la prueba de flujo del tanque de almacenamiento de la solución madre.

Figura 18

Prueba de flujo del tanque de almacenamiento de la solución madre.



- f. Finalmente, se procedió a tomar las mediciones de cloro residual al comienzo, en el punto intermedio y al final de las viviendas, registrando los valores correspondientes en el formulario de registro de cloro.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevaron a cabo diversas actividades en campo como parte del desarrollo de esta investigación, en el centro poblado de Arizona, ubicado en el distrito de Vinchos, provincia de Huamanga, región Ayacucho.

4.1. Resultados

4.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el centro poblado de Arizona, ubicado en la Provincia de Vinchos, figura 18. La fuente de agua utilizada fue el manantial de Suranan.

Figura 19

Centro poblado de Arizona. (Google Earth, 2023).

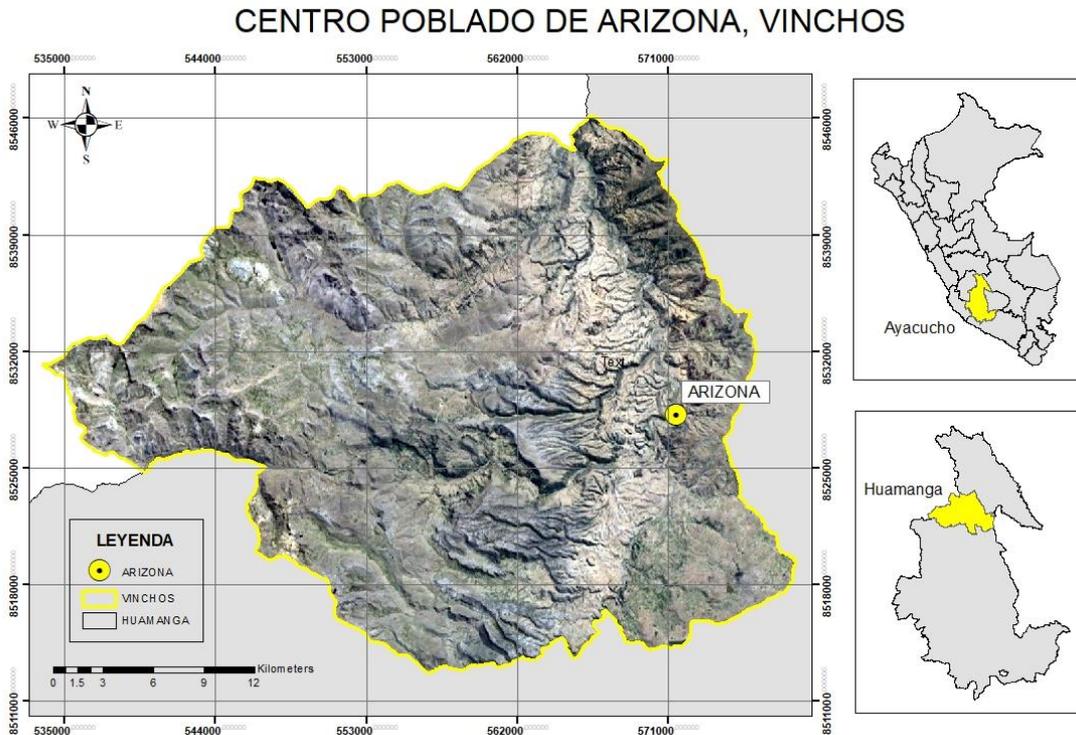


El pueblo de Arizona está en el distrito de Vinchos, provincia de Huamanga, región Ayacucho, al suroeste de la ciudad de Huamanga. La capital del distrito, Arizona, se encuentra a 45 km de la ciudad de Ayacucho, con coordenadas UTM Este: 571513,76 m, Norte: 8528168,1 m. y a una altura de 3269 m.s.n.m.

En la figura 20 se presenta la ubicación del centro poblado de Arizona.

Figura 20

Ubicación del centro poblado de Arizona.



4.2. Caudal y calidad del agua captada para consumo humano del manantial Suranan

Se llevó a cabo la medición del caudal, obteniendo un promedio de captación de 1,4 L/s. Las muestras para determinar la calidad del agua se remitieron al laboratorio acreditado ALAB LABORATORY.

En la tabla 3 se muestran los resultados de los parámetros fisicoquímicos comparados con los LMP establecidos.

Tabla 3*Parámetros físicoquímicos comparados con los LMP (D.S. N°031-2010-SA).*

Parámetros Físicoquímicos	Unid.	LMP D.S. N°031-2010-SA	Resultados de Muestras del manantial Suranan
Conductividad	μS/cm	1500	40
Sólidos Totales disueltos	mg/L	1000	10
Cloruros	mg/L	250	28,2
Nitratos	mg/L	50	< 0,03
Nitritos	mg/L	0,2	< 0,05
Color	UC	15	< 1
Dureza Total	mg/L	500	93
pH	...	6,5 - 8,5	7,5
Turbiedad	NTU	5	< 0,5

En la tabla 4 se presenta los parámetros microbiológicos de muestras realizadas en el manantial Suranan en el centro poblado de Arizona.

Tabla 4*Parámetros Microbiológicos comparados con los LMP (D.S. N°031-2010-SA).*

Parámetros Microbiológicos	Unid.	LMP D.S. N°031-2010-SA	Resultados de Muestras del manantial Suranan
Coliformes Totales	NMP/100 ml	< 1,8	92
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	< 1,8	N.C. (<1,8)
Escherichia Coli	NMP/100 ml	< 1,8	N.C. (<1,8)
Bacterias Heterotróficas	UFC/ml	500	520
Organismos de vida libre	Org/L	0	N.C. (<1)
Parasitos-Protozoarios	Org/L	0	N.C. (<1)
Quistes-Amebas	Org/L	0	N.C. (<1)
Parasitos-Helmitos	Org/L	0	N.C. (<1)
Nematoides (huevos)	Org/L	0	N.C. (<1)
Trematoides (huevos)	Org/L	0	N.C. (<1)
Cestoides (huevos)	Org/L	0	N.C. (<1)
Acanthocephala (huevos)	Org/L	0	N.C. (<1)

Nota: N.C. significa que el resultado es no cuantificable y es menor al límite de cuantificación indicado en el paréntesis.

En la tabla 5 se presentan los parámetros inorgánicos de muestras del manantial Suranan.

Tabla 5

Parámetros inorgánicos comparados con los LMP (D.S. N°031-2010-SA).

Parámetros Inorgánicos	Unid.	LMP D.S. N°031-2010-SA	Resultados de Muestras del manantial Suranan
Aluminio	mg/L	0,2	< 0,003
Antimonio	mg/L	0,02	< 0,002
Arsénico	mg/L	0,01	< 0,0010
Bario	mg/L	0,7	0,1844
Boro	mg/L	1,5	< 0,0010
Cadmio	mg/L	0,003	< 0,0002
Cobre	mg/L	2	0,0546
Cromo	mg/L	0,05	< 0,0003
Hierro	mg/L	0,3	< 0,0020
Manganeso	mg/L	0,4	< 0,00005
Mercurio	mg/L	0,001	< 0,0002
Plomo	mg/L	0,01	< 0,003
Sodio	mg/L	200	7,7147
Uranio	mg/L	0,015	< 0,0003
Zinc	mg/L	3	< 0,0002

4.3. Diseño del sistema de cloración por goteo autocompensante

Para el diseño del sistema de cloración, se requirió analizar y determinar los siguientes aspectos técnicos y de diseño.

4.3.1. Población futura para el diseño

Los resultados referentes a la población proyectada en el futuro en el centro poblado de Arizona se determinan de acuerdo a la ecuación 1.

$$Pf = Pa * \left[1 + \frac{r}{1000} * t \right] \quad (\text{ec.1})$$

En la que se precisa que: Pf, población futura (hab.) es la variable a determinar; Pa

es la población actual (hab.) igual a 256 habitantes según el censo del INEI 2017; r es el coeficiente de crecimiento anual x 1000 hab., que según (Aguero, 1997), el coeficiente de crecimiento anual (r) por 1000 habitantes para Ayacucho se considera $r = 10$ por lo tanto calculamos para 10 años; $r = 100$; t es el tiempo (años), duración del diseño = 10 años, duración del diseño de la infraestructura. Identificado las variables reemplazamos en la (ec. 1).

$$Pf = 256 \text{ hab.} * \left[1 + \frac{100}{1000} * 10 \right]$$

$$Pf = 512 \text{ hab.}$$

Obteniéndose una población proyectada de 512 habitantes, que se tomara para el diseño del sistema de tratamiento por coteo autocompensante.

4.3.2. Dotación promedio de agua

De acuerdo con la "Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos, Saneamiento Básico en el Ámbito Rural" publicada por el MEF, para el sistema de diseño se tomó el consumo doméstico promedio de 50 L/hab./día.

4.3.3. Caudal promedio diario por año ($Q_{\bar{m}}$)

Se calculó el consumo promedio diario anual, estimado por persona, para la población futura durante el período de diseño. Este valor se determinó utilizando la siguiente ecuación 2.

$$Q_{\bar{m}} = \frac{\text{Vol. prod. por día}}{86400} = \frac{Pf * \text{dotación prom.}}{86400 \frac{s}{\text{día}}}$$

En la que se precisa que ($Q_{\bar{m}}$) es el caudal promedio diario anual (L/s), variable a determinar; Pf es la población futura (hab.), 512 habitantes d es 50 L/hab./día. Identificado las variables reemplazamos en la (ec. 2).

$$Q_{\bar{m}} = \frac{512 \text{ hab.} * \frac{50 \frac{L}{\text{hab}}}{\text{día}}}{86400 \frac{s}{\text{día}}} ; Q_{\bar{m}} = 0,2963 \frac{L}{s}$$

Por lo tanto, se estima que la población del centro poblado de Arizona, consume un caudal promedio diario por año igual a 0,2963 L/s.

4.3.4. Caudal máximo por día ($Q_{\text{max.d}}$)

Es el caudal necesario durante el día de mayor consumo. El coeficiente máximo

diario, recomendado es 1,3 según las recomendaciones del (MEF, 2011) de la “Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos, Saneamiento Básico en el Ámbito Rural”, utilizamos la ecuación 3.

$$Q_{\max.d}(L/s) = Q_m * 1,3$$

En la que se precisa que $Q_{\max.d}$, caudal máximo por día (L/s) es la variable a determinar; Q_m es el caudal promedio diario anual, 0,2963 L/s. Procedemos a reemplazar en la (ec. 3).

$$Q_{\max.d}(L/s) = 0,2963 \text{ L/s} * 1,3$$

$$Q_{\max.d}(L/s) = 0,213 \text{ L/s}$$

Por lo tanto, se estima que la población del centro poblado de Arizona, consume un caudal máximo por día es igual a 0,3852 L/s.

4.3.5. Caudal máximo por hora ($Q_{\max.h}$)

Se obtiene la demanda máxima horaria ($Q_{\max.h}$), al multiplicar la demanda máxima diaria por el coeficiente máximo horario de 2,0, de acuerdo a la ecuación 4.

$$Q_{\max.h}(L/s) = Q_m * 2,0$$

En la que se precisa que $Q_{\max.h}$ es el caudal máximo por hora (L/s), variable a determinar; Q_m es el caudal promedio diario anual, 0,1639 L/s. Se Procedió a reemplazar en la (ec. 4).

$$Q_{\max.h}(L/s) = 0,2963 \text{ L/s} * 2,0$$

$$Q_{\max.h}(L/s) = 0,5926 \text{ L/s}$$

Por tanto, obteniéndose una demanda máxima horaria de 0,5926 L/s del centro poblado de Arizona.

4.3.6. Determinación del caudal de goteo constante

Se determinó el caudal de goteo constante, aplicando la ecuación 8.

$$Q_{goteo} = \frac{V * 1000}{t * 24 \text{ h} * 60 \text{ min}}$$

En la que se precisa que Q_{goteo} es caudal de goteo constante (L/h), variable a determinar; t = Tiempo de recarga del tanque de cloración (días), igual a 15 días; V es capacidad del tanque, en este caso se usó un tanque de 750 litros.

$$Q_{goteo} = \frac{750 \text{ L} * 1000 \text{ mL}}{15 \text{ días} * 24 \text{ h/día} * 60 \text{ min/h}}$$

$$Q_{goteo} = 34,72 \text{ mL/min}$$

$$Q_{goteo} = 2,0 \text{ L/h}$$

Se llevó a cabo la medición del caudal real del goteo constante con el fin de determinar la concentración del desinfectante. Esto se hizo considerando una dosificación continua las 24 horas. Finalmente obteniéndose un resultado de 2,0 L/h de caudal de goteo constante desde el tanque de almacenamiento hacia el reservorio.

4.3.7. Determinación del peso del hipoclorito de calcio ($P_{h.c}$)

Para calcular la cantidad de producto de hipoclorito es necesario identificar la cantidad que se requerirá de hipoclorito de calcio cuya concentración oscila entre 60 - 70 % de pureza, en el sistema de tratamiento se usó la máxima concentración igual a 70 %, se utiliza la ecuación 5.

$$P_{h.c} = \frac{V * d * Q * 3600}{q * \% * 10^6}$$

En la que se precisa que $P_{h.c}$ es el peso de hipoclorito de calcio (kg), variable a determinar; Q es 1,4 L/s caudal de ingreso del agua captada del manantial; V es 750 L, capacidad del tanque; q es 2,0 L/h ó 0,0005556 L/s, caudal de goteo cte., d es 1,0 mg/L, cantidad de cloro en el agua bebible, según la OMS; es 70 % de hipoclorito de calcio. Se procedió a reemplazar los datos en la ecuación 5.

$$P_{h.c} = \frac{750 \text{ L} * 1,0 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 1,4 \text{ L/s} * 3600}{2,0 \text{ L} * 0,70 * 10^6}$$

$$P_{h.c.} = 2700000 \text{ mg} = 2,7 \text{ kg}$$

$$P_{h.c.} \approx 3,0 \text{ kg}$$

De acuerdo con el resultado anterior, se determinó que se requiere una cantidad de 3 kg de hipoclorito de calcio con una concentración promedio del 70 % para lograr una desinfección adecuada en el sistema de tratamiento por goteo autocompensante.

4.3.8. Determinación del tiempo de recarga del tanque clorador (t)

Determinado el peso del hipoclorito de calcio necesario, se procedió a determinar el tiempo de recarga del tanque clorador con la ecuación 6.

$$t_{(días)} = \frac{V}{q * 24 \text{ h/día}}$$

Se precisó que T_{recarga} es el tiempo de recarga del tanque clorador (días), variable a determinar; V igual a 750 L, capacidad del tanque; q igual a 2,0 L/h, caudal de goteo cte. Reemplazando en la (ec. 6).

$$t_{(días)} = \frac{750 \text{ mL}}{2,0 \text{ L/h} * 24 \text{ h/día}}$$

$$t_{(días)} = 15,62 \text{ días}$$

$$t_{(días)} \approx 15 \text{ días}$$

Para un mejor proceso de recarga se aproximamos a 15 días el tiempo de recarga del tanque de cloración, para que este sea más manejable por la población.

4.3.9. Determinación de la concentración de la solución madre (C_m)

La mezcla de agua y del compuesto de cloro con una alta concentración se determinó a través del cálculo mediante la ecuación 7.

$$C_{\text{madre}} = \frac{(Q * d)}{q} (\text{mg/L})$$

En la que se precisa que C_{madre} es igual a concentración de la solución madre, es la variable a determinar; Q es igual a 1,4 L/s, caudal de ingreso al reservorio; q es igual a 2,0 L/h ó 0,0005556 L/s, caudal de goteo cte.; d es igual a 1,0 mg/L, cantidad de

cloro en el agua bebible, según la OMS. Reemplazando los valores en la (ec. 7), se determinó la concentración de la solución madre.

$$C_{madre} = \frac{\left(\frac{1,4 L}{s} * 1,0 mg/L\right)}{0,0005556 L/s}$$

$$C_{madre} = 2520 mg/L$$

Los resultados indican que se requiere una concentración de 2520 mg/L de hipoclorito de calcio para lograr una desinfección adecuada en un caudal de 1,4 L/s.

4.3.10. Verificación de la concentración de hipoclorito de calcio

La cantidad de cloro no debe exceder los 5000 mg/L. Esto se realiza para mantener un control adecuado del nivel de cloro en el agua, según (Fustamante, Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural, 2017). A continuación, se realiza los cálculos, con la ecuación 9.

$$C_{real\ hipoclorito} = \frac{\text{Peso de hipoclorito de calcio}}{V_{tanque}}$$

En la que se precisa que el peso de hipoclorito de calcio es igual a 2700000 mg; V_{tanque} es igual a 750 L, volumen de tanque de almacenamiento de la solución madre. Utilizando la (ec. 9) se determinó la concentración de hipoclorito.

$$C_{real\ hipoclorito} = \frac{2700000\ mg}{750\ L}$$

$$C_{real\ hipoclorito} = 3600\ mg/L$$

El resultado nos indica que no sobreesa el límite máximo permisible de 5000 mg/L de concentración de hipoclorito en el agua, por tanto, es una dosis adecuada para el agua de consumo del centro poblado de Arizona.

4.4. Nivel de cloro residual obtenido en la red utilizando el sistema de dosificación por goteo autocompensante

Para realizar las mediciones correspondientes del cloro residual, se empleó un comparador de cloro que consiste en tomar muestras de agua clorada en diferentes puntos de la red de distribución: el reservorio, la vivienda más cercana al reservorio, la vivienda intermedia y la vivienda más alejada. Se establece que la concentración de cloro residual debe situarse entre 0,50 y 1,00 mg/L. Estas mediciones permitieron determinar la cantidad de cloro residual presente en el agua suministrada al centro poblado de Arizona, en el distrito de Vinchos, Ayacucho. Estas mediciones se llevaron a cabo desde abril de 2022 hasta abril de 2023, los cuales se anotaron en cuaderno de control de cloro residual (ver anexo 4).

En la tabla 6 se presenta el nivel de cloro residual del sistema de cloración autocompensante.

Tabla 6

Nivel de cloro residual del sistema de cloración autocompensante.

N°	Fecha	Resultados del punto de muestreo (mg/L)				Parámetro de control (mg/L)
		Reservorio	1ra. conexión vivienda 1	Vivienda intermedia	Última conexión vivienda final	
1	23/04/2022	1,5	0,7	0,5	0,3	0,5 – 1,0
2	23/05/2022	2,0	1,8	1,0	0,9	0,5 – 1,0
3	23/06/2022	1,5	1,0	0,8	0,4	0,5 – 1,0
4	23/07/2022	1,8	1,5	1,0	0,5	0,5 – 1,0
5	23/08/2022	2,4	2,0	1,5	1,0	0,5 – 1,0
6	23/09/2022	2,2	1,8	1,2	1,0	0,5 – 1,0
7	23/10/2022	1,5	1,0	0,7	0,5	0,5 – 1,0
8	23/11/2022	2,0	1,5	1,0	0,8	0,5 – 1,0
9	23/12/2022	1,6	1,0	0,6	0,5	0,5 – 1,0
10	23/01/2023	2,4	1,6	1,2	0,8	0,5 – 1,0
11	23/02/2023	1,8	1,5	1,0	0,4	0,5 – 1,0
12	23/03/2023	1,5	1,0	0,8	0,5	0,5 – 1,0
13	23/04/2023	1,6	0,8	0,6	0,5	0,5 – 1,0
Promedios		1,8	1,3	0,9	0,6	

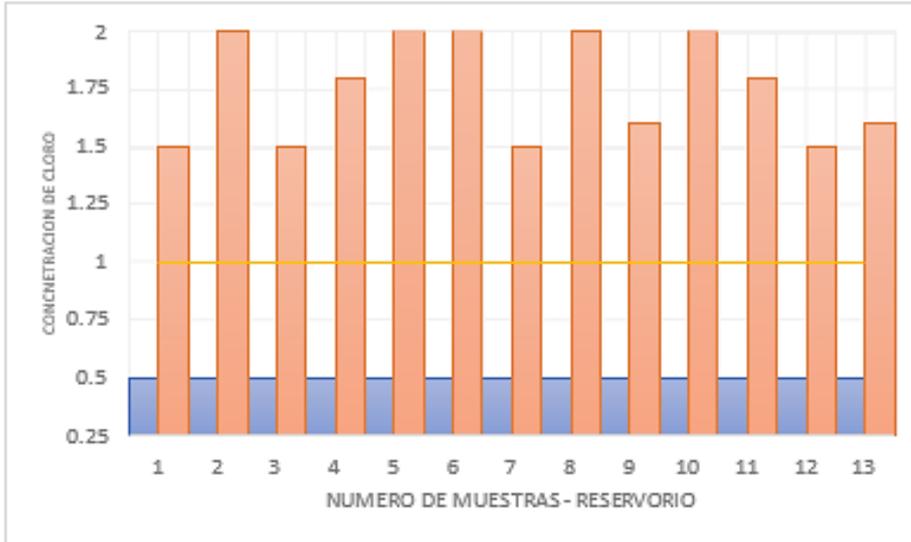
Nota: obtenido del cuaderno de control, JASS Suranan - Arizona

El **Decreto Supremo número 031-2010-SA** Regulación de la calidad del agua utilizada para el consumo humano, Los proveedores de agua deben garantizar en cualquier punto de la red de distribución un nivel de cloro residual no inferior a 0,5 mgL-1 y no superior a 5 mgL-1. Se pueden encontrar los límites máximos permitidos para los parámetros químicos inorgánicos y orgánicos en la página 40 del reglamento del Decreto Supremo No. 031-2010-SA en el Anexo III.

La variación de los resultados respecto a los puntos de muestreo del sistema de cloración autocompensante muestran en la figura 21.

Figura 21

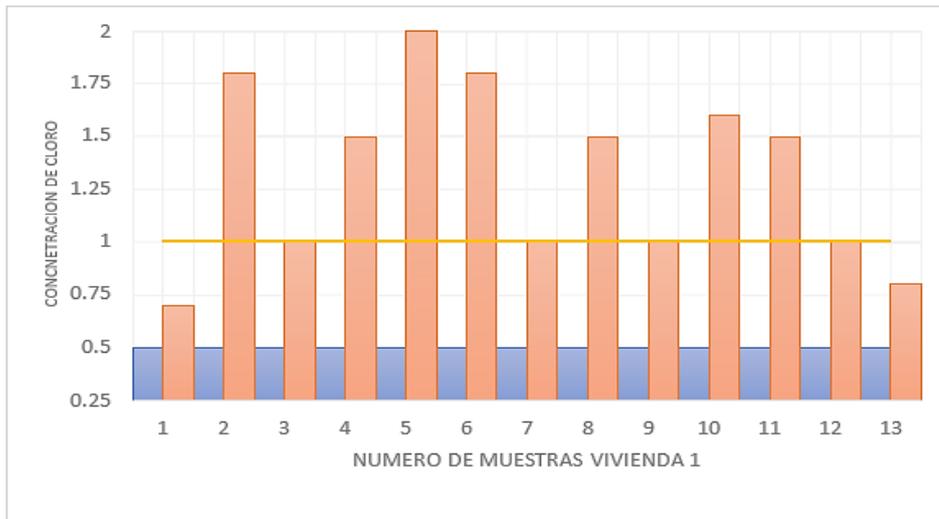
Concentración de cloro residual en el reservorio vs parámetro de control.



La variación de los resultados respecto a la primera vivienda, se muestran en la figura 22.

Figura 22

Concentración de cloro residual en 1ra vivienda vs parámetro de control.

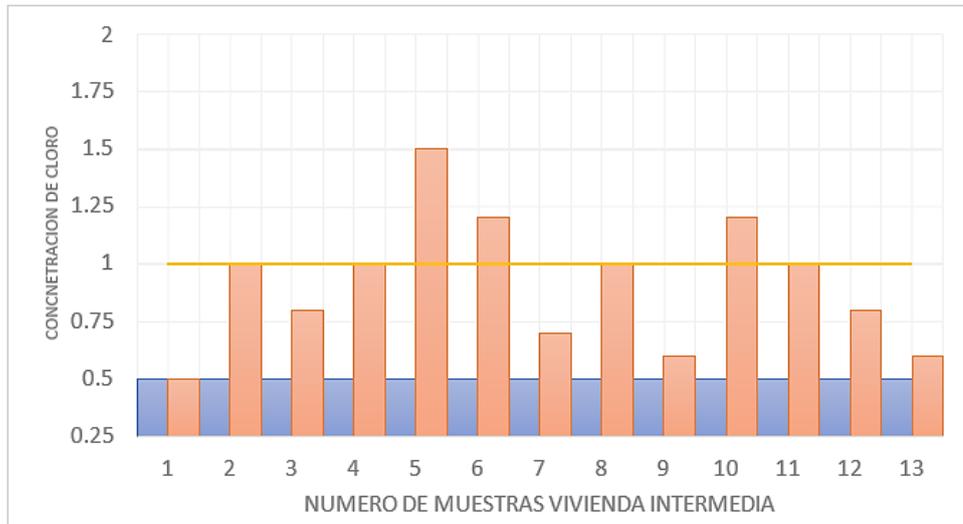


La variación de los resultados respecto a la vivienda intermedia, se

muestran en la figura 23.

Figura 23

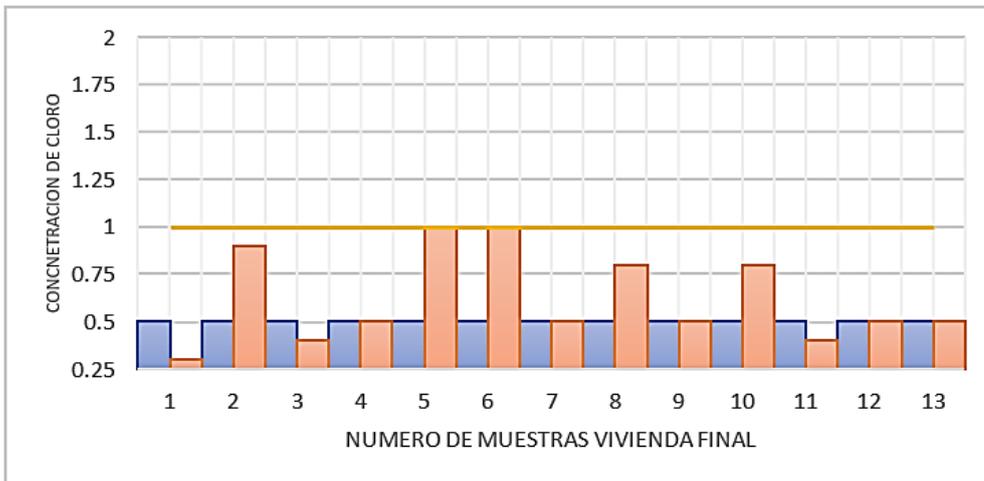
Concentración de cloro residual en vivienda intermedia vs parámetro de control.



La variación de los resultados respecto a la vivienda final, se muestran en la figura 24.

Figura 24

Concentración de cloro residual en vivienda final vs parámetro de control.



En las figuras 25, 26 y 27 se presentan los detalles del volumen del tanque del sistema de cloración, el diseño de la caseta de protección para el sistema de cloración y los Detalles de la instalación de los accesorios para el sistema de cloración.

Figura 25
 Detalles del volumen del tanque del sistema de cloración.

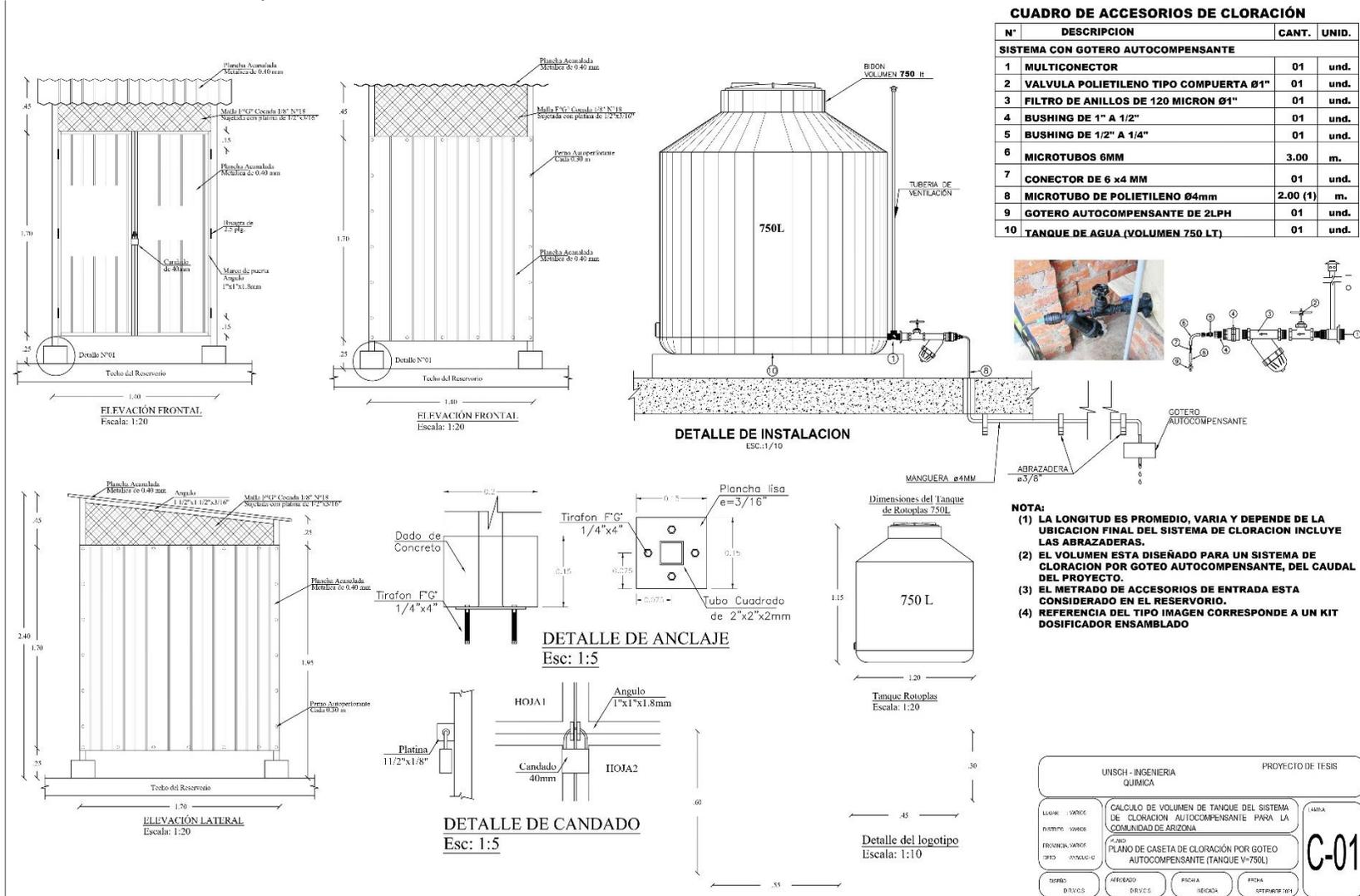
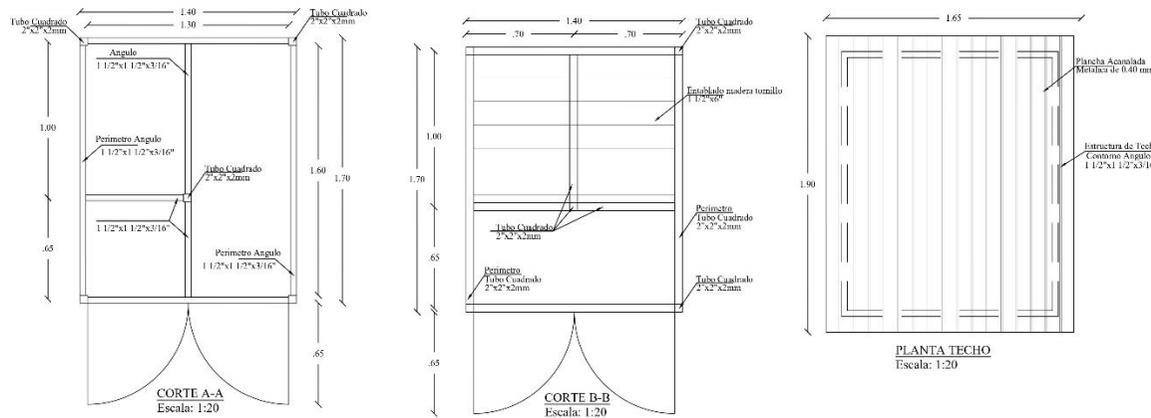
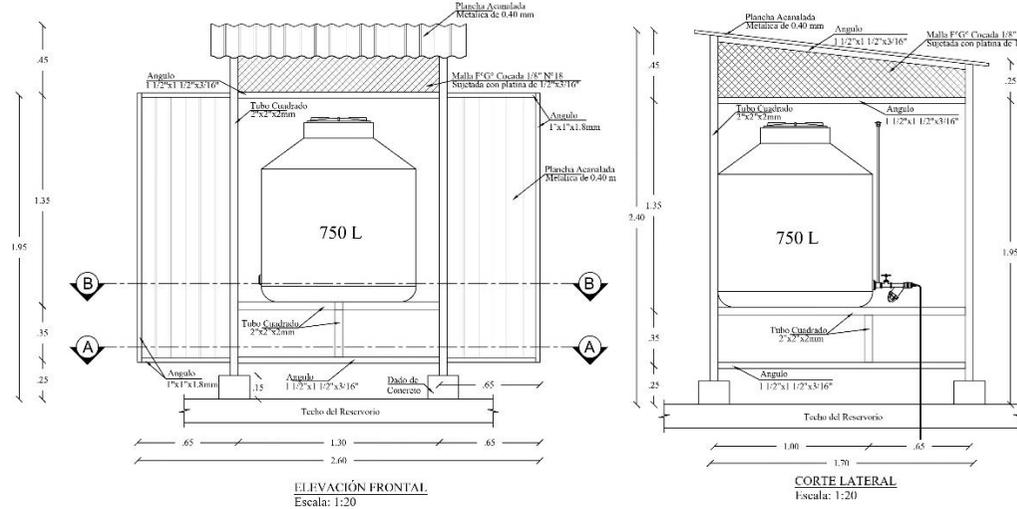


Figura 26
Diseño de la caseta de protección para el sistema de cloración.

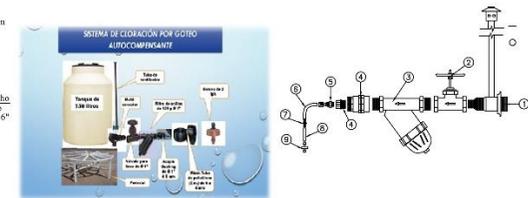


CUADRO DE ACCESORIOS DE CLORACIÓN

N°	DESCRIPCION	CANT.	UNID.
SISTEMA CON GOTERO AUTOCOMPENSANTE			
1	MULTICONECTOR	01	und.
2	VALVULA POLIETILENO TIPO COMPUERTA Ø1"	01	und.
3	FILTRO DE ANILLOS DE 120 MICRON Ø1"	01	und.
4	BUSHING DE 1" A 1/2"	01	und.
5	BUSHING DE 1/2" A 1/4"	01	und.
6	MICROTUBOS 6MM	3.00	m.
7	CONECTOR DE 6 x 4 MM	01	und.
8	MICROTUBO DE POLIETILENO Ø4mm	2.00 (1)	m.
9	GOTERO AUTOCOMPENSANTE DE 2LPH	01	und.
10	TANQUE DE AGUA (VOLUMEN 750 LT)	01	und.

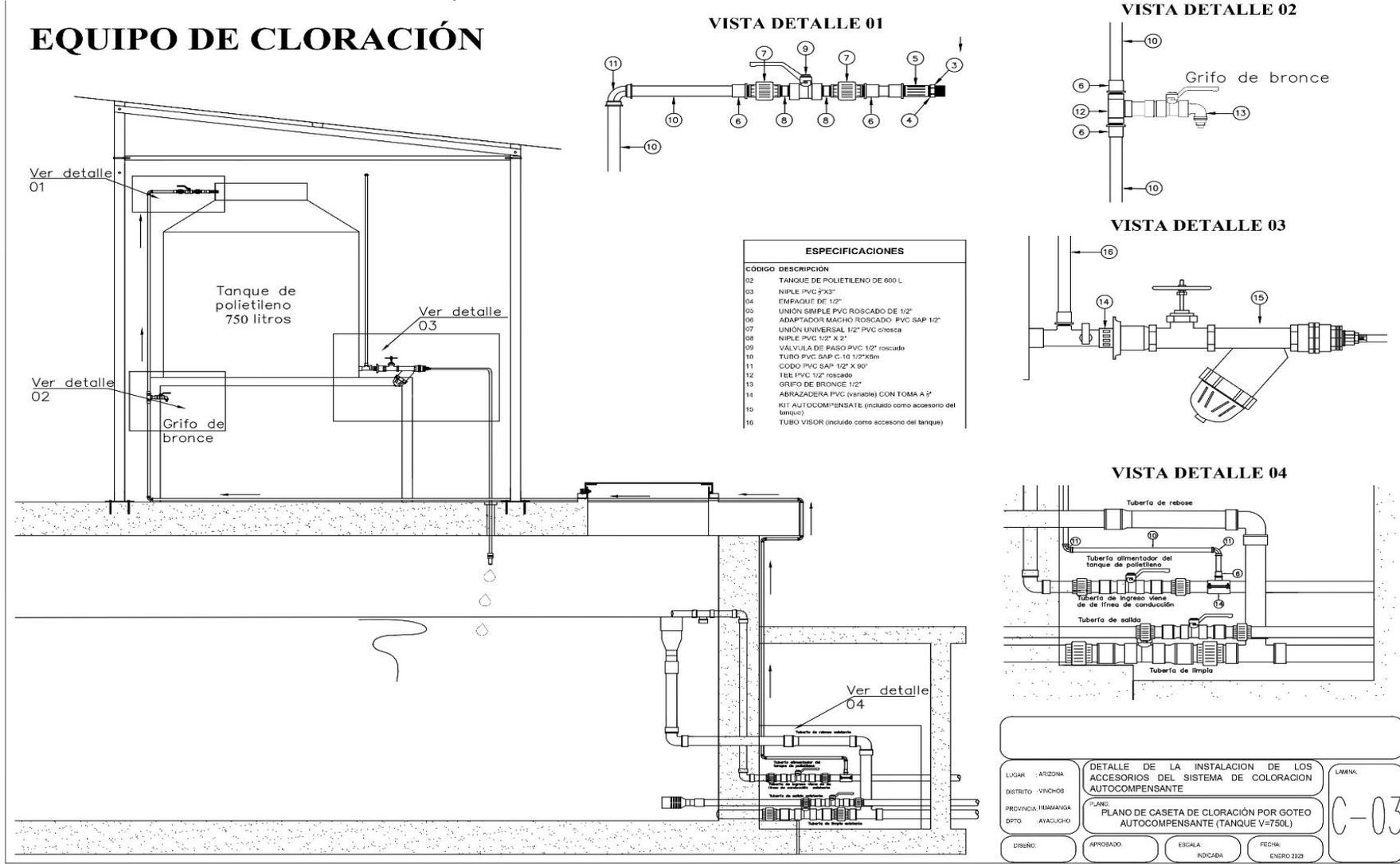
NOTA:

- (1) LA LONGITUD ES PROMEDIO, VARIA Y DEPENDE DE LA UBICACION FINAL DEL SISTEMA DE CLORACION INCLUYE LAS ABRAZADERAS.
- (2) EL VOLUMEN ESTÁ DISEÑADO PARA UN SISTEMA DE CLORACION POR GOTERO AUTOCOMPENSANTE, DEL CAUDAL DEL PROYECTO.
- (3) EL METRADO DE ACCESORIOS DE ENTRADA ESTA CONSIDERADO EN EL RESERVORIO.
- (4) REFERENCIA DEL TIPO IMAGEN CORRESPONDE A UN KIT DOSIFICADOR ENSAMBLADO



DISEÑO Y CONFECCION DE LA CASETA DE PROTECCION DEL SISTEMA DE CLORACION AUTOCOMPENSANTE		
USAR :	PLANO:	C-02
DISTRITO :	PLANO DE CASETA DE CLORACION POR GOTERO AUTOCOMPENSANTE (TANQUE V=750L)	
PROYECTISTA :	APROBADO :	
TIPO PROYECTO :	INICIAL :	
DISEÑO :	REVISADO :	

Figura 27
 Detalles de la instalación de los accesorios para el sistema de cloración.



4.5. Discusión

Se constató que el sistema de tratamiento existente en la zona de estudio era deficiente, en cuanto a la cloración. Por esta razón, se realizó un estudio de calidad del agua, cuyas muestras fueron enviadas al laboratorio acreditado ALAB LABORATORY (ubicado en Bellavista – Callao), ver anexo 3.

En cuanto a los parámetros físico-químicos, se pudo constatar en la tabla 3 que todos ellos cumplen con lo establecido en el Decreto Supremo N° 031- 2010-SA.

La tabla 4, se observa que los resultados de los parámetros microbiológicos tienen niveles de coliformes totales que alcanzan un valor de 92 NMP/100 mL, superando ampliamente el límite establecido por la norma D.S. N° 031-2010-SA. Asimismo, se registran 520 UFC/mL de bacterias heterotróficas, incumpliendo también la mencionada norma. En consecuencia, el agua no es apta para el consumo humano, debido a la presencia de estos microorganismos que exceden los límites permitidos, por lo que se requiere la implementación urgente de un sistema de goteo autocompensante.

En la tabla 5 se observa que los parámetros inorgánicos se encuentran dentro de los límites máximos permitidos, lo cual indica que no hay presencia de metales pesados en el agua y que esta es apta para el consumo humano.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 6, referente al nivel de cloro residual del sistema de cloración autocompensante, los valores nos indica que es de alta calidad el agua clorada que se suministra a la población del centro poblado de Arizona, ya que los promedios de los parámetros analizados cumplen con los Límites Máximos Permisibles recomendados por el D.S. N° 031-2010-SA y la Organización Mundial de la Salud.

Según se muestra en la tabla 6 y figura 19, se puede apreciar que la concentración de cloro en la primera ubicación de muestreo (reservorio) durante el monitoreo presenta un promedio de 1,8 mg/L, que es una concentración alta. La razón de este hecho es asegurar una desinfección efectiva, por lo que se añaden soluciones concentradas al comienzo para permitir las reacciones necesarias. Como resultado, el cloro residual tiene una concentración inicial alta, que disminuirá a medida que pasa por la red de distribución hasta llegar a la última vivienda.

Según se muestra en la tabla 6 y figura 20, se puede apreciar que la concentración de cloro en la primera red conexión (vivienda 1) se tiene un promedio de 1,3 mg/L la disminución sucede porque a medida que la alimentación de agua clorada pase por la red de distribución ira disminuyendo en su trayecto.

También se puede apreciar en la tabla 6 y figura 21, la concentración de cloro en la vivienda intermedia, tiene un promedio de 0,9 mg/L, encontrándose dentro de los límites máximo permisibles.

Finalmente podemos apreciar en la tabla 6 y figura 13 que la concentración en la última vivienda arroja un promedio de 0,6 mg/L, la disminución se debe a la propia característica físicas y químicas de este compuesto. Observándose que el resultado promedio se encuentra dentro d ellos límites máximo permisibles de 0,5 a 1,0 mg/L.

Los resultados de esta investigación revelaron la concentración de cloro residual libre en el sistema de cloración por goteo autocompensante en el centropoblado de Arizona. Se concluye que esta tecnología es eficiente, ya que los valores obtenidos están dentro de los LMP. Además, la demanda de cloro se define como la diferencia entre la cantidad de cloro aplicada al agua y la cantidadde cloro libre disponible.

Los resultados del monitoreo de un mes indicaron que el agua cumplía con los requisitos de cloro residual en el agua para consumo humano del Ministerio de Salud. (Minsa).

El sistema de cloración autocompensante que se diseñó e instalo en la comunidad de Arizona, El uso de sistemas de riego avanzados llamados autocompensantes permite que el cloro necesario llegue al reservorio gota a gota.

La ventaja del equipo es que no requiere mantenimiento en un mes, lo que reduce el trabajo de los operadores y las Juntas Administradoras de Servicios y Saneamiento (JASS), y el mantenimiento es simple.

Durante una visita imprevista, los inspectores de salud visitaron las casas de dos hogares donde ya funcionaba el clorador y se comprobó que la concentración de cloro en el agua era adecuada. Por lo tanto, se está solicitando un presupuesto a la municipalidad de Vinchos para masificar este equipo en otras comunidades con menos de dos mil habitantes.

Según (Zurita, 2021), en su trabajo de investigación “Estrategia de potabilización de agua para consumo humano en la comunidad de Yayani Alto, (Municipio Morochata)”, propone una solución a esta problemática, colocando en la entrada del tanque de almacenamiento pastillas de cloro para la cloración. Este sistema no es aplicable a la comunidad de Arizona debido a que no se tiene este producto a disposición en el mercado.

En el trabajo de investigación de (Muñoz, 2019), “Eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo – Celendín”, el diseño del sistema de cloración por goteo consistió en un depósito de 50 L donde se disolvió hipoclorito de calcio de alta concentración, un flotador que aseguraba el movimiento constante del cloro y una venoclisis reguladora ubicada en la tapa del reservorio. Este sistema no garantiza una concentración constante y adecuada en función al tiempo de consumo de la solución de hipoclorito de calcio en el depósito de 50 L. Por ello el sistema que se propone supera estas deficiencias y garantiza un mejor sistema de cloración para el agua de consumo humano.

Respecto al sistema de cloración convencional, se puede destacar los siguientes inconvenientes:

- El sistema de cloración convencional por goteo de doble recipiente requiere de mayor presupuesto para su diseño e instalación.
- El goteo es controlado con una válvula de paso que requiere su constante revisión para calibrar las gotas y los operadores de la JASS por falta de tiempo no lo hacen por tal razón la cloración del agua no es eficiente.
- Su operación es más complicada porque lleva mayor cantidad de accesorios y en algunos casos el operador se complica en realizar su mantenimiento.
- Saturación de las válvulas por la cristalización del hipoclorito de calcio porque no lleva un filtro.
- Mayor tramo de recorrido de la solución concentrada en lo cual pierde la concentración de cloro y baja su eficiencia de desinfección.

El aporte de la investigación en el centro poblado de Arizona y aplicable a otras comunidades, respecto al sistema de cloración convencional, se puede destacar lo siguiente:

- La reducción de costo de implementación del sistema de cloración en las zonas rurales.
- El goteo es autocompensante que ya no requiere la verificación constante de la dosificación que pasa a ser mensual, reduce la mano obra del operador y garantiza la sostenibilidad de la desinfección del agua para consumo humano.
- El filtro implementado no deja pasar residuos contaminantes y a la vez funciona como pequeño tanque de carga constante, lo cual garantiza volumen constante, presión constante y goteo constante de la solución desinfectante y garantiza mayor eficiencia.
- Reduce el tramo de recorrido de la solución desinfectante por lo cual es mínimo la pérdida de concentración de la solución desinfectante.

Las ventajas del sistema:

- Instalación muy sencilla.
- No requiere regulación manual, gotero autocompensante en los rangos de presión indicados.
- El gotero entrega el mismo caudal para un rango de presión de 0,0 a < 1,0 aproximadamente el 50 % de su rendimiento de diseño y > 1,00 a 4,00 a plenitud de su diseño.
- Volumen de solución madre estandarizando que ajusta la duración de 30 días, de acuerdo al rendimiento del gotero instalado de 2 L/s.
- Materiales al alcance del mercado ayacuchano usados en riego tecnificado.
- Facilidad de cálculos para la preparación de la solución madre.
- Menor mano de obra en actividades de cloración sólo requiere de mantenimiento mensual.

La limitación principal es que se requiere un operador capacitado en el tema para calcular la dosificación de la solución madre, ya que en las zonas rurales es complicado encontrar usuarios del servicio de agua con interés de aprender y prestar el servicio a su comunidad.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó e instaló el sistema de cloración por goteo autocompensante en el sistema de agua potable del centro poblado de Arizona, distrito de Vinchos, resultando adecuado para el tratamiento del agua destinada al consumo humano, garantizando la presencia de cloro residual en los diferentes puntos de monitoreo.
2. El diseño del sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano del centro poblado Arizona, se basó en los parámetros tales como: Población futura de 283 habitantes, la concentración de hipoclorito al 70 %, un tiempo de recarga de 15 días, un peso de hipoclorito de calcio de 3 kg un caudal de goteo de 2,0 L/h y un caudal máximo por hora igual a 0,328 L/s. Asimismo, se tuvieron en cuenta los materiales y componentes necesarios para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.
3. Se instaló, operó y se realizó el mantenimiento del sistema de cloración por goteo autocompensante, para un caudal de ingreso al reservorio de 1,4 L/s. Se utilizó un tanque de dosificación de la solución madre con una capacidad de 750 L, con un tiempo de recarga cada 15 días. La dosificación requerida es de 3 kg de hipoclorito de calcio al 70 %, y el caudal de goteo de 2,0 L/h. El sistema cuenta con un kit dosificador en el accesorio múltiple, grifo de entrada, llave de entrada, filtros, tanque de cloración y válvulas.
4. Luego de evaluar los resultados de la concentración de cloro residual en los puntos de muestreo, se concluye que el método de cloración por goteo autocompensante utilizado es eficiente en el proceso de tratamiento de agua potable en el centro poblado de Arizona. Los niveles promedio de cloro residual obtenidos se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa vigente. En el caso del reservorio, se registró un promedio de 1,8 mg/L, en la vivienda cercana fue de 1,3 mg/L, en la vivienda intermedia fue de 0,9 mg/L y en la vivienda final fue de 0,6 mg/L. Estos valores demuestran la efectividad del cloro residual en el diseño e implementación de sistemas de cloración.

RECOMENDACIONES

- Realizar un diagnóstico regular de los componentes del sistema de cloración autocompensante para identificar posibles roturas o fugas. De esta manera, se asegura un funcionamiento adecuado del sistema de cloración.
- Es esencial realizar una correcta gestión del hipoclorito de calcio, debido a su toxicidad, su uso inadecuado puede ocasionar perjuicios para la salud.
- Realizar de manera regular la limpieza del sistema y establecer un plan de mantenimiento adecuado, ya que la falta de estas acciones puede afectar la calidad del agua y disminuir la eficacia del proceso de desinfección.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Naciones Unidas. (2014). *Informe de la ONU sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo*. Nueva York, Estados Unidos: ONU.
- AGUABOOK. (2016). *Distribución del agua en el mundo*. Obtenido de http://aquabook.agua.gob.ar/1014_0
- Aguero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Lima - Perú: Asociación Servicios Educativos Rurales (SER).
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Perú: Paraíso del Agua*. Lima - Perú: ANA. Obtenido de <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras#:~:text=El%20Per%C3%BA%20cuenta%20con%20tres,2%20%25%20de%20acceso%20al%20agua>.
- Barrenechea, A. (2006). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Castro, J. C. (2011). *Diseño de una propuesta de tratamiento y purificación del agua de consumo humano en el centro de experimentación y producción Salache (CEYPSA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi*. Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Consortio Proyectos Rurales. (2013). *Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua y saneamiento. Manual organizacional*. Lima: Programa Nacional de Saneamiento Rural. Obtenido de http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_SICA/modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/133332421_6.0%20MO&M.pdf
- DIGESA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA*. Lima - Perú: Dirección General de Salud Ambiental.
- DIGESA. (2012). *Parámetros organolépticos*. Lima: Ministerio de Salud.
- Estela, O. S. (2019). *Monitoreo físico, químico y microbiológico del agua para consumo humano en el anexo de Shalla baja distrito de Umari, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco - 2019*. Huánuco: Universidad de

Huánuco.

Fustamante, N. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Lima - Perú: Programa PROAGUA, Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la GIZ en el Perú .

Fustamante, N. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Lima: Cooperación Alemana al Desarrollo.

González, P. M. (2013). *Plantas de tratamiento de aguas* (Primera ed.). Madrid: AMV Ediciones.

INEI. (2020). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento*. Lima Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

LENNTECH. (21 de Agosto de 2023). *Que es la desinfección del agua?* Obtenido de Tratamiento y purificación del agua: <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm>

León, J. L. (2019). *Determinar las eficiencias de las desinfecciones en el abastecimiento de agua para consumo humano, cloración por goteo y difusión, Primorpampa- Shupluy - Yungay - Ancash, año 2018 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]*. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3632>

Maylle, A. (2017). *Diseño del Sistema de Agua Potable y su Influencia en la Calidad de Vida de la Localidad de Huacamayo–Junín*. Lima Perú: Repositorio de la Universidad César Vallejo .

MEF. (2011). *Saneamiento Básico “Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos Saneamiento Básico en el Ámbito Rural, a Nivel de Perfil* . Lima Perú: Ministerio de Economía y Finanzas.

Mejía, A., Castillo, O., & Vera, R. (2016). *Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina*. Bogotá: Banco de Desarrollo de América Latina.

Mendoza, C. (2017). *Tratamiento industrial de aguas*. Universidad Nacional de San

Cristóbal de Huamanga.

Ministerio de Salud. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS. N° 031-2010-SA.*

Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.*

Muñoz, M. R. (2019). *Eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo - Celendín.* Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

Nauca, Y. (2015). *Nivel de conocimiento sobre enfermedad diarreica aguda y su relación con prácticas preventivas.* Lima - Perú: Universidad de San Martín de Porres – USMP.

Olivares, J. C. (2016). *Mejoramiento de la calidad de agua de los pobladores en la localidad de Casacán de la provincia de Ambo.*

OMS. (2009). *Guías para la calidad del agua potable (Vol. I).* Organización Mundial de la Salud.

Ordoñez, J. (2011). *Aguas subterráneas - acuíferos.* Lima - Perú: Sociedad Geográfica de Lima.

Organización Panamericana de la Salud. (23 de Setiembre de 2023). *Agua y Saneamiento.* Obtenido de Agua Potable y Saneamiento en las Américas: <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>

PNSR. (2013). *Administración, operación y mantenimiento de servicios de agua y saneamiento.* Lima: Programa Nacional de Saneamiento Rural. Obtenido de https://issuu.com/pnsr_pe/docs/modulo3

PROAGUA. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas.* Lima, Perú: Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche.

Programa Proagua. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural.* Obtenido de <http://www.fcpa.org.pe/archivos/file/DOCUMENTOS/Manuales%20APyS/FPAManual%20para%20la%20Cloracion-rb.pdf>

SAGUAPAC. (15 de Setiembre de 2016). *SAGUAPAC, El agua de todos*. Obtenido de <https://www.saguapac.com.bo/como-se-define-el-agua-potable/>

SANBASUR. (2008). *Manual de capacitación a JASS Zona Alto Andina*. Gobierno Regional Cusco .

Tomaylla, B. N. (2017). *Diseño, construcción y evaluación de un sistema de cloración por goteo en la desinfección de agua para consumo de la comunidad de Capillapata - Los Morochucos - Cangallo, Ayacucho - 2016*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Zurita, I. G. (2021). *Estrategia de potabilización de agua para consumo humano en la comunidad de Yayani Alto, (municipio Morochata)*. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.

ANEXOS

ANEXO 1 Límites máximo permisibles para agua de consumo humano (D.S.

N°031-2010-SA)

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
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/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 / 100 ml

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrín	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

ANEXO 2

Estándares de calidad ambiental (ECA)

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (p)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitritos (NO ₂) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,006	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A8
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₇ - C ₁₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Tetraometanos (e)		1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,05	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0005	0,0005	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malotión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,0003	0,0003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0005	0,0005	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
Vólvulo ciliado	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoos, copepodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

ANEXO 3

Resultados de análisis de la calidad del agua del centro poblado de Arizona.



INFORME DE ENSAYO 0220-2021-ALAB CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : ORLANDO CARDENAS LOZANO – UNSCH - TESIS
DOMICILIO LEGAL : JR. ARICA 283 SJB - HUAMANGA - AYACUCHO

Resultado	Referencia	Fecha de Informe: 26/02/2023
Procedencia	Suranan - Captación Suranan	
Producto	Agua Subteranea	
Tipo de Servicio	Análisis	
Informe de Ensayo N°	0220-2023-ALAB	
Coordinador de ALab	Angie Soras Prado	
Ensayo realizado en el Lab	Laboratorio de Microbiología	

Gracias por utilizar los servicios de ALAB LABORATORY. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de ALAB, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenezca a este Informe.

Informe Autorizado por

Ayacucho 28 de febrero de 2023



* EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO sancionado conforme a la Ley, por la Autoridad Competente *

ALAB LABORATORY

Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista, Callao
Cel 977516675 Email: alablaboratory@gmail.com



Información General

Matriz : Agua Subterránea
 Forma de Presentación : En frascos de plástico
 Fecha y Hora Muestreo : 20/02/2023 10:30 Fecha de Inicio : 20/02/23
 Fecha de Recepción : 22/02/23 Fecha de Término : 24/02/2023 9:00

Procedencia : Arizona - Suranan - Captación Suranan
 Coordenadas : N: 8527378.67
 E: 573090.71
 Altitud : 3537 m.s.n.m.
 Lugar de Muestreo : Captación Suranan
 Código de Campo : A-1
 Código de Laboratorio : K-00223

ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
K-00220		
MICROBIOLÓGICO		
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	92
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	N.C. (<1,8)
ESCHERICHIA COLI	NMP/100 mL	N.C. (<1,8)
BACTERIAS HETEROTROFICAS	UFC/mL	520
ORGANISMOS DE VIDA LIBRE		
ALGAS	Org/L	N.C. (<1)
COPÉPODOS	Org/L	N.C. (<1)
NEMATODOS	Org/L	N.C. (<1)
PROTOZOARIOS	Org/L	N.C. (<1)
ROTÍFEROS	Org/L	N.C. (<1)
PARÁSITOS - PROTOZOARIOS		
QUISTES Y OQUISTES DE PROTOZOARIOS	Org/L	N.C. (<1)
CRYPTOSPORIDIUM HOMINIS	Org/L	N.C. (<1)
CRYPTOSPORIDIUM PARVUM	Org/L	N.C. (<1)
CYCLOSPORA GAYETANENSIS	Org/L	N.C. (<1)
QUISTES - AMEBAS		
ENDOLIMAX SP	Org/L	N.C. (<1)
ENTAMOEBAS SP	Org/L	N.C. (<1)
GIARDIA SP	Org/L	N.C. (<1)
IODAMOEBAS SP	Org/L	N.C. (<1)
CHILOMASTIX SP	Org/L	N.C. (<1)
ACANTHAMOEBAS SP	Org/L	N.C. (<1)
NAEGLERIA FOWLERI	Org/L	N.C. (<1)
CILIADOS		
BALANTIDIUM SP	Org/L	N.C. (<1)
COCCIDIAS		
ISOSPORES SP	Org/L	N.C. (<1)



* EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*

ALAB LABORATORY

Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista, Callao
Cel 977516675 Email: alablaboratory@gmail.com



ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
MICROBIOLÓGICO		
PARÁSITOS – HELMINTOS		
HUEVOS Y LARVAS DE HELMINTOS	Org/L	N.C. (<1)
HUEVOS DE HELMINTOS	Org/L	N.C. (<1)
LARVAS DE HELMINTOS	Org/L	N.C. (<1)
NEMATODES (HUEVOS)		
ASCARIS SP	Org/L	N.C. (<1)
TRICHOSTRONGYLUS SP	Org/L	N.C. (<1)
STRONGYLOIDES SP	Org/L	N.C. (<1)
ANCYLOSTOMA SP	Org/L	N.C. (<1)
NECATOR SP	Org/L	N.C. (<1)
ENTEROBIUS SP	Org/L	N.C. (<1)
TRICHURIS SP	Org/L	N.C. (<1)
CAPILLARIA SP	Org/L	N.C. (<1)
TREMATODES (HUEVOS)		
CLONORCHIS SP	Org/L	N.C. (<1)
ECHINOSTOMA SP	Org/L	N.C. (<1)
FASCIOLA HEPÁTICA	Org/L	N.C. (<1)
PARAGONIMUS SP	Org/L	N.C. (<1)
SCHISTOSOMA SP	Org/L	N.C. (<1)
CESTODES (HUEVOS)		
DIPHYLLOBOTHRUM SP	Org/L	N.C. (<1)
DIPYLIDIUM SP	Org/L	N.C. (<1)
HYMENOLEPIS SP	Org/L	N.C. (<1)
TAENIA SP	Org/L	N.C. (<1)
ACANTHOCEPHALA (HUEVOS)		
MACRACANTHORHYNCHUS SP	Org/L	N.C. (<1)
FISICO-QUIMICO		
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	40
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	10
CLORUROS	mg/L	28.12
NITRATOS	mg/L	< 0,03
NITRITOS	mg/L	< 0,05
COLOR	UC	< 1
DUREZA TOTAL	mg/L	93
pH	—	7.5
TURBIEDAD	N.T.U.	< 0.5
INORGÁNICO		
ALUMINIO	mg/L	<0.003
ANTIMONIO	mg/L	<0.002
ARSÉNICO	mg/L	<0.0010

Pág. 3 de 4



* EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.*

ALAB LABORATORY

Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista, Callao
Cel 977516675 Email: alablaboratory@gmail.com



BARIO	mg/L	0.1844
BERILIO	mg/L	<0.0003
BISMUTO	mg/L	<0.010
BORO	mg/L	<0.0010
CADMIO	mg/L	<0.0002
CALCIO	mg/L	28.309
CERIO	mg/L	<0.010
COBALTO	mg/L	<0.0020
COBRE	mg/L	0.0546
CROMO	mg/L	<0.0003
ESTAÑO	mg/L	<0.0010
ESTRONCIO	mg/L	0.25640
FOSFORO	mg/L	<0.006
HIERRO	mg/L	<0.002
LITIO	mg/L	<0.00010
MAGNESIO	mg/L	2.7316
MANGANESO	mg/L	<0.00005
MERCURIO	mg/L	<0.0002
MOLIBDENO	mg/L	<0.0010
NIQUEL	mg/L	<0.0004
PLATA	mg/L	<0.0010
PLOMO	mg/L	<0.003
POTASIO	mg/L	1.154
SELENIO	mg/L	<0.002
SILICE	mg/L	7.7043
SODIO	mg/L	7.7147
TALIO	mg/L	<0.0004
TITANIO	mg/L	<0.0010
TORIO	mg/L	<0.0003
URANIO	mg/L	<0.0003
VANADIO	mg/L	<0.0003
ZINC	mg/L	<0.0002

Notas de Ensayo:

N.C.: Significa que el resultado es No Cuantificable y es menor al Limite de Cuantificación Indicado en el paréntesis.



ANEXO 4

Control del nivel de cloro residual del centro poblado de Arizona.

CUADERNO DE CONTROL DE CLORO RESIDUAL LIBRE N° 000006

JASS: <u>Surandon / Arizona</u>		Población Total: <u>164</u>					
Distrito: <u>Vinchos</u>		N° de Conexiones: <u>59</u>					
Provincia: <u>Huamanga</u>		Tipo de sistema de cloración: <u>Auto compensante</u>					
N°	Fecha	CLORO RESIDUAL POR PUNTO DE MUESTRA (mg/l)				Nombre del Usuario	Firma del Usuario
		RESERVOIRIO	1. PRIM. CONEXIÓN	2. PARTE MEDIA	3. ULTIMA CONEXIÓN		
1	23/04/2012	1.5	0.7	0.5	0.3	1 Paul Bautista	Riel
						2 Celia Gomez	Celia
						3 Moises Curi Yauri	Moises
2	23/05/2012	2.0	1.8	1.0	0.9	1 Paul Bautista D.	Riel
						2 Celia Gomez M.	Celia
						3 Moises Curi Yauri	Moises
3	22/01/2012	1.5	1.0	0.8	0.4	1 Paul Bautista D.	Riel
						2 Celia Gomez Paispe	Celia
						3 Moises Curi Yauri	Moises
4	22/01/2012	1.8	1.5	1.0	0.5	1 Paul Bautista D.	Riel
						2 Celia Gomez Merino	Celia
						3 Moises Curi Yauri	Moises
5	23/05/2012	2.4	2.0	1.5	1.0	1 Paul Bautista D.	Riel
						2 Celia Gomez M.	Celia
						3 Moises Curi Yauri	Moises
6	23/09/2012	2.2	1.8	1.2	1.0	1 Paul Bautista D.	Riel
						2 Celia Gomez Paispe	Celia
						3 Moises Curi Yauri	Moises

OBSERVACIONES AL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SISTEMA DE CLORACIÓN:

<p><i>Orlando Zardano Lopez</i> Nombre y Firma del Responsable del Control 73192900</p>	<p><i>[Firma]</i> Ing. <u>Velas Arango</u> RESPONSABLE Resp. ATM de la Municipalidad</p> <p style="text-align: right;">JASS</p>
---	---

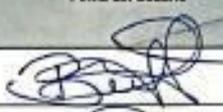
CUADERNO DE CONTROL DE CLORO RESIDUAL LIBRE N° 000008

JASS: <u>Suranan / Auizona</u>		Población Total: <u>164</u>					
Distrito: <u>Tiachen</u>		N° de Conexiones: <u>59</u>					
Provincia: <u>Guamanga</u>		Tipo de sistema de cloración: <u>Autocompensante</u>					
N°	Fecha	CLORO RESIDUAL POR PUNTO DE MUESTRA (mg/l)				Nombre del Usuario	Firma del Usuario
		RESERVOIRO	1. PRIM. CONEXIÓN	2. PARTE MEDIA	3. ULTIMA CONEXIÓN		
1	23/10/2022	1.5	1	0.7	0.5	1 Agustina Quijpe B.	<i>[Firma]</i>
						2 Mercedes Flores Quijpe	<i>[Firma]</i>
						3 Nery Glamocca H.	<i>[Firma]</i>
2	23/11/2022	2.0	1.5	1.0	0.8	1 Agustina Quijpe B.	<i>[Firma]</i>
						2 Mercedes Flores Quijpe	<i>[Firma]</i>
						3 Nery Glamocca Huamán	<i>[Firma]</i>
3	23/11/2022	1.6	1.0	0.6	0.5	1 Agustina Quijpe B.	<i>[Firma]</i>
						2 Mercedes Flores Quijpe	<i>[Firma]</i>
						3 Nery Glamocca Huamán	<i>[Firma]</i>
4	23/01/2023	2.4	1.6	1.2	0.8	1 Agustina Quijpe B.	<i>[Firma]</i>
						2 Mercedes Flores Quijpe	<i>[Firma]</i>
						3 Nery Glamocca H.	<i>[Firma]</i>
5	23/02/2023	1.8	1.5	1.0	0.4	1 Agustina Quijpe B.	<i>[Firma]</i>
						2 Mercedes Flores Quijpe	<i>[Firma]</i>
						3 Nery Glamocca H.	<i>[Firma]</i>
6	23/03/2023	1.5	1.0	0.8	0.5	1 Agustina Quijpe B.	<i>[Firma]</i>
						2 Mercedes Flores Quijpe	<i>[Firma]</i>
						3 Nery Glamocca H.	<i>[Firma]</i>

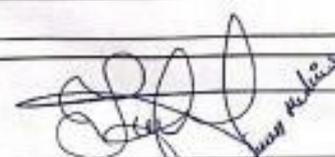
OBSERVACIONES AL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SISTEMA DE CLORACIÓN:

 Nombre y Firma del Responsable del Control Celso Cardenas 43192905	 Municipalidad	 JASS
---	---	---

CUADERNO DE CONTROL DE CLORO RESIDUAL LIBRE N° 000009

JASS: <u>SURANDON/ARIZONA</u>					Población Total: <u>164</u>			
Distrito: <u>VINCHOS</u>					N° de Conexiones: <u>59</u>			
Provincia: <u>HUAMANGA</u>					Tipo de sistema de cloración: <u>AUTOCOMPENSANTE</u>			
N°	Fecha	CLORO RESIDUAL POR PUNTO DE MUESTRA (mg/l)			Nombre del Usuario	Firma del Usuario		
		RESERVOIRO	1. PRER. CONEXIÓN	2. PARTE MEDIA			3. ULTIMA CONEXIÓN	
1	23-04-23	1.6	0.8	0.6	0.5	1 BETTY LOZANO		
						2 ESTHER MEDINA		
						3 FELMON QUIJPE		
2					1			
					2			
					3			
3					1			
					2			
					3			
4					1			
					2			
					3			
5					1			
					2			
					3			
6					1			
					2			
					3			

OBSERVACIONES AL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SISTEMA DE CLORACIÓN:

 Nombre y Firma del Responsable del Control	 Resp. ATM de la Municipalidad
---	---

JASS

ANEXO 5
Matriz de consistencia

TITULO DE LA TESIS: Diseño e instalación de sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano en el Centro Poblado de Arizona, Vinchos, Ayacucho.

AUTOR: Bachiller Orlando CARDENAS LOZANO

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>1) Problema Principal ¿Como diseñar e instalar un sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano del centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho?</p> <p>2) Problemas Secundarios a. ¿Cuáles son las características fisicoquímicas, químicas y biológicas de las aguas de la fuente de captación del centro poblado Arizona Vinchos? b. ¿Cuáles son los parámetros del diseño del sistema de cloración autocompensante, para una eficiente desinfección? c. ¿Cómo instalar el sistema de cloración del sistema de cloración autocompensante? d. ¿Cómo poner en marcha y operación el sistema de cloración autocompensante? e. ¿Cuál es la evaluación de la calidad del agua clorada?</p>	<p>1) Objetivo General Diseñar e instalar un sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano del centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho.</p> <p>2) Objetivos Específicos a. Determinar las características fisicoquímicas, químicas y biológicas de las aguas de la fuente de captación del centro poblado Arizona Vinchos. b. Determinar los parámetros del diseño del sistema de cloración autocompensante, para una eficiente desinfección. c. Instalar el sistema de cloración del sistema de cloración autocompensante. d. Poner en marcha y operación el sistema de cloración autocompensante. e. Evaluar la calidad del agua clorada.</p>	<p>1) Hipótesis General El diseño e instalación de un sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano del centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho; permite cumplir con la normatividad vigente referida a desinfección de agua para consumo humano en la zona rural.</p> <p>2) Hipótesis específicas a. Las características fisicoquímicas, químicas y biológicas de las aguas de la fuente de captación del centro poblado Arizona Vinchos, supera los límites máximos permisibles para agua de consumo humano. b. Los parámetros del diseño del sistema de cloración autocompensante son: concentración de solución desinfectante, caudal de solución desinfectante y el caudal del agua, para el sistema de desinfección autocompensante. c. La instalación del sistema de cloración autocompensante, se realiza con los parámetros de diseño calculados. d. La puesta en marcha y operación del sistema de cloración autocompensante, permite realizar los ajustes necesarios para un buen funcionamiento. e. La evaluación de la calidad del agua clorada del centro poblado Arizona, permitirá verificar la eficiencia del sistema de cloración autocompensante y si se encuentra dentro de los parámetros establecido de agua para el consumo humano.</p>	<p>1) Independiente Sistema de cloración autocompensante.</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentración de solución desinfectante. ▪ Caudal de solución desinfectante. ▪ Caudal del agua. <p>2) Variable Dependiente Calidad del agua para el consumo humano.</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cloro residual ▪ pH ▪ Temperatura ▪ Coliformes termotolerantes. 	<p>1) Tipo de Investigación ▪ Tecnológica.</p> <p>2) Nivel de Investigación ▪ Explicativo.</p> <p>3) Método ▪ Deductivo. ▪ Analítico.</p> <p>4) Diseño ▪ Experimental.</p> <p>5) Población ▪ Agua captada.</p> <p>6) Muestra ▪ Alícuota de agua.</p> <p>7) Técnicas ▪ Observación. ▪ Métodos de ensayos de campo y laboratorio. ▪ Diseño de equipo.</p> <p>8) Instrumentos ▪ Ficha de recolección de datos. ▪ Equipos para ensayos de campo y laboratorio. ▪ Normas técnicas.</p>

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

“DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE CLORACIÓN AUTOCOMPENSANTE EN LA DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO ARIZONA, VINCHOS-AYACUCHO”

Expositor: Orlando CARDENAS LOZANO
Bachiller en Ingeniería Química

Expediente N° 2348284 Resolución Decanal N° 064-2024-UNSCH-FIQM/D Fecha: 13-02-20224

En la Sala de Conferencia “Pedro Villena Hidalgo” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día jueves quince de febrero del año dos mil veinticuatro, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Química **Orlando CARDENAS LOZANO**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Mg. Tarcila ALCARRAZ ALFARO, Mg. Abdías ASCARZA MOISES y Mg. Pedro INGA ZARATE, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la Facultad), Mg. Abrahán Fernando TREJO ESPINOZA (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **“DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE CLORACIÓN AUTOCOMPENSANTE EN LA DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO ARIZONA, VINCHOS-AYACUCHO”**, presentado por el Bachiller **Orlando CARDENAS LOZANO**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 064-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Orlando CARDENAS LOZANO**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treintaicinco minutos.

Finalizado la exposición del Bachiller, el presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Pedro INGA ZARATE, Mg. Abdías ASCARZA MOISES y Mg. Tarcila ALCARRAZ ALFARO. Luego el Presidente invitó al Mg. Abrahán Fernando TREJO ESPINOZA para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

A continuación, el presidente del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15)**.



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:

"DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE CLORACIÓN AUTOCOMPENSANTE EN LA DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO ARIZONA, VINCHOS-AYACUCHO"

Expositor: Orlando CARDENAS LOZANO
Bachiller en Ingeniería Química

Expediente N° 2348284 Resolución Decanal N° 064-2024-UNSCH-FIQM/D Fecha: 13-02-2024

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, el Bachiller **Orlando CARDENAS LOZANO**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO QUIMICO** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo la una de la tarde con veinte minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente

.....
Mg. Tarcila ALCARRAZ ALFARO
Miembro

.....
Mg. Abdías ASCARZA MOISES
Miembro

.....
Mg. Pedro INGA ZARATE
Miembro

.....
Mg. Fredy Rober PARIÑA ESCALANTE
(Secretario Docente)

**UNSCH**FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA Y
METALURGIAESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA QUÍMICA**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 005-2024-UNSCH-FIQM/EPIQ**

El que suscribe, Director de la **Escuela Profesional de Ingeniería Química** de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, habiendo recibido el requerimiento de Constancia de Originalidad por parte del Bach. **Orlando CARDENAS LOZANO**, se procedió a la evaluación y regularización de originalidad del archivo adjunto con el **TURNITIN - UNSCH**, de acuerdo a los criterios establecidos en el **Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH**, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU; cuyos resultados son:

TESIS : Diseño e instalación de sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano en el centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho

Autor Bach. : Orlando CARDENAS LOZANO
Identificado : 2325767413
Fecha : 20 de marzo de 2024
Archivo : Tesis

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del **12 (doce) % de ÍNDICE DE SIMILITUD** realizado con **Depósito de trabajos estándar**, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que, los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 20 de marzo de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA
Mtro. Abraham Fernando TRUJILLO PINOZA
DIRECTOR

Adjunto Reporte de Índice de Similitud
cc. archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
QUÍMICA Av. Independencia S/N –
Ayacucho Telf. 066-312510 Anexo. 152 Correo:
ep.quimica@unsch.edu.pe

Diseño e instalación de sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano en el centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho

by Orlando CARDENAS LOZANO

Submission date: 20-Mar-2024 09:03AM (UTC-0500)

Submission ID: 2325767413

File name: CARDENAS_ORLANDO_TESIS_FINAL_MARZO_2024.pdf (4.42M)

Word count: 13470

Character count: 66152

Diseño e instalación de sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano en el centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

13%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.unh.edu.pe Internet Source	2%
2	vsip.info Internet Source	2%
3	hdl.handle.net Internet Source	1%
4	edoc.pub Internet Source	1%
5	Submitted to Universidad de Málaga - Tii Student Paper	1%
6	idoc.pub Internet Source	1%
7	repositorio.udh.edu.pe Internet Source	1%
8	apirepositorio.unh.edu.pe Internet Source	1%

9	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	<1 %
10	1library.co Internet Source	<1 %
11	purl.org Internet Source	<1 %
12	wb2server.congreso.gob.pe Internet Source	<1 %
13	html.rincondelvago.com Internet Source	<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 30 words

Exclude bibliography On