

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional Ingeniería Ambiental – Filial Celendín



TESIS

**EFICIENCIA DEL SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO
PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE
CONSUMO HUMANO DEL CASERÍO CAUCHAMAYO -
CELENDÍN**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por el Bachiller:

MUÑOZ MENDOZA RODRIGO

ASESORA

Ing. M.Sc. Giovana Ernestina Chávez Horna

CAJAMARCA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Norte de la Universidad Peruana
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

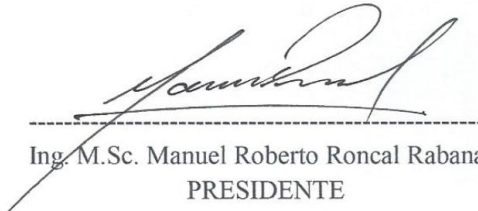
En Cajamarca, a los dieciséis días del mes de diciembre del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente 2C - 211 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 572-2019-FCA-UNC, Fecha 18 de Noviembre del 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación de la Tesis titulada: **“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEJO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CASERÍO CAUCHAMAYO – CELENDÍN ”**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, del Bachiller: **MUÑOZ MENDOZA RODRIGO**.

A las once horas y cinco minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la aprobación por unanimidad con el calificativo de diecisiete (17).

Por lo tanto, el graduando queda expedito para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las doce horas y cuarenta minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 16 de diciembre del 2019.



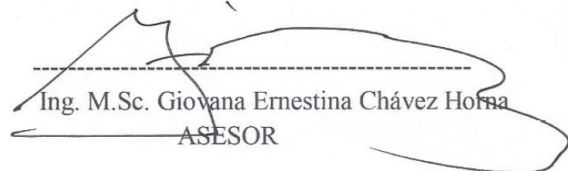
Ing. M.Sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal
PRESIDENTE



Ing. M.Sc. David Ricardo Uriol Valverde
SECRETARIO



Ing. M.Sc. Segundo César Guevara Cieza
VOCAL



Ing. M.Sc. Giovana Ernestina Chávez Horna
ASESOR

DEDICATORIA

A mi madre y mis hermanos por ser los principales promotores de alcanzar mis anhelos y sueños, por apoyarme incondicionalmente y por confiar siempre en mí.

A todos mis amigos que contribuyeron a que este trabajo sea realizado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

A mi madre Victoria Mendoza Vallejos por ser el motor y ejemplo de lucha, por su incondicional apoyo durante mi formación profesional.

A mis hermanos por su motivación y apoyo en la ejecución del presente trabajo.

A mi asesora Ing.M.Sc. Giovana Ernestina Chávez Horna por su tiempo dedicado y aporte constructivo e instructivo como guía y asesoramiento en el desarrollo de esta investigación.

A todos los docentes de mi alma mater, la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental Filial Celendín - Universidad Nacional de Cajamarca, por haberme brindado los conocimientos para desempeñarme como profesional.

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

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	viii
ABSTRAC.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Problema de la investigación.....	10
1.2. Formulación del problema	11
1.3. Objetivos de la investigación	11
1.4. Hipótesis de la investigación.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.2. Bases teóricas.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	21
3.2. Materiales	21
3.3. Metodología.....	23
3.3.1. Trabajo de campo	23
Construcción e instalación del clorador por goteo	23
A. Construcción de la caseta de protección.....	23
B. Instalación del balde de 50 L de solución madre	24
C. Construcción de clorador por goteo	24
D. Instalación del control del nivel estático del reservorio	24
E. Instalación de tubería para el llenado de agua	25
F. Desinfección del reservorio	25
G. Capacitación a la Junta Administradora de Servicio y Saneamiento de Cauchamayo.....	26
3.3.2. Determinación de la eficiencia del funcionamiento del sistema de cloración por goteo	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. Cloro residual.....	33
Figura N° 12. Medición de cloro residual, dentro de los rangos permitidos.....	34
4.2. Turbiedad	37
4.3. pH	39
V. CONCLUSIONES	41

VI. RECOMENDACIONES	42
VII. LITERATURA CITADA.....	43
VIII. ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Ubicación del caserío Cauchamayo.....	21
Figura N° 2. Plano del sistema de cloración	23
Figura N° 3. Puntos donde se midió el cloro residual del caserío Cauchamayo - Celendín	28
Figura N° 4. Medición de cloro residual, dentro de los rangos permitidos	34
Figura N° 5. Medidas de turbiedad durante todo el periodo de monitoreo.....	37
Figura N° 6. Medidas de pH durante todo el periodo de monitoreo.....	39
Figura N° 7. Monitoreos realizados durante el tiempo programado en el trabajo de investigación.....	49
Figura N° 8. Captación del agua de Cauchamayo	53
Figura N° 9. Reservorio del agua de Caucha	53
Figura N° 10. Construcción de caseta de protección para el sistema de cloración	53
Figura N° 11. Balde de solución madre	53
Figura N° 12. Tubería para llenado del balde	54
Figura N° 13. Control del nivel estático del reservorio	54
Figura N° 14. En coordinación con la JASS se coordinó para realizar la limpieza del reservorio.....	54
Figura N° 15. Limpieza interior del reservorio	54
Figura N° 16. Reuniones con los pobladores de Cauchamayo.....	54
Figura N° 17. Pesado de hipoclorito de sodio	55
Figura N° 18. Preparación de la solución clorada para el sistema de goteo	55
Figura N° 19. Medición de cloro residual en los puntos de monitoreo	55
Figura N° 20. Obtención del cloro residual.....	55
Figura N° 17. Registro de monitoreo de agua para consumo humano	57

Figura N° 18. Acta de capacitación	58
Figura N° 19. Lista de asistencia a la capacitación	59
Figura N° 20. Acta de compromiso y entrega del sistema de cloración por goteo a la junta administrativa – Cauchamayo	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultado del cálculo del volumen del reservorio.....	25
Tabla 2. Resultados de la dosis para la desinfección del reservorio	25
Tabla 3. Análisis de varianza de cloro residual	35
Tabla 4. Análisis descriptivo	36
Tabla 5. Medidas tomadas durante todo el periodo de monitoreo.....	46
Tabla 6. Medición de cloro residual.....	50
Tabla 7. Medición de pH.....	51
Tabla 8. Datos de turbiedad.....	52

RESUMEN

La presente investigación titulada “Eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo - Celendín”, se realizó en la localidad de Cauchamayo del distrito de Celendín del departamento de Cajamarca, con el objetivo de determinar en qué grado favorece el sistema de cloración por goteo instalando en zonas rurales a la población beneficiada, donde la instalación de otras tecnologías no se puede implementar por los altos costos. Esta tecnología, consiste en un depósito de 50 L donde se realizó la disolución de hipoclorito de calcio de alta concentración (solución madre), un flotador que permite que el cloro este en constante movimiento y conducido por gravedad al reservorio y un equipo de venoclisis regulador ubicada en la tapa del reservorio. El sistema de cloración fue instalado en el lado lateral del reservorio y protegido por una caseta. Se registró el cloro residual por un periodo de 31 días, obteniendo como resultados que en el inicio de la red se encuentra en el intervalo de 0.76 mg/L; 0.97 mg/L, en la mitad de la red está en el intervalo de 0.6 mg/L; 0.86 mg/L y al final de la red en un intervalo de 0.51 mg/L; 0.74 mg/L, cumpliendo con lo establecido por la OMS (2009) “Las concentraciones objetivas de cloro son 0,50 – 1,00 mg/L”, demostrando que si es eficiente el sistema de cloración por goteo instalado.

Palabras clave: cloro residual, sistema de cloración por goteo, reservorio, calidad de agua, turbiedad.

ABSTRAC

This research entitled “Efficiency of the drip chlorination system for the improvement of the quality of water for human consumption of the Cauchamayo - Celendín farmhouse”, was carried out in the town of Cauchamayo of the Celendín district of the department of Cajamarca, with the objective of determine to what extent the drip chlorination system favors by installing the beneficiary population in rural areas, where the installation of other technologies cannot be implemented due to high costs. This technology consists of a 50 L tank where the high concentration calcium hypochlorite (mother solution) was dissolved, a float that allows the chlorine to be in constant motion and driven by gravity to the reservoir and a regulatory venocllisis equipment located at the top of the reservoir. The chlorination system was installed on the lateral side of the reservoir and protected by a booth. The residual chlorine was recorded for a period of 31 days, obtaining as results that at the beginning of the network it is in the range of 0.76 mg / L; 0.97 mg / L, in the middle of the network is in the range of 0.6 mg / L; 0.86 mg / L and at the end of the network in a range of 0.51 mg / L; 0.74 mg / L, complying with the provisions of the WHO (2009) “The objective concentrations of chlorine are 0.50 - 1.00 mg / L”, demonstrating that the drip chlorination system installed is efficient.

Key words: residual chlorine, drip chlorination system, reservoir, water quality, turbidity.

I. INTRODUCCIÓN

El acceso a los servicios de agua potable y saneamiento constituye un derecho de todo ser humano, debido a que es fundamental para mantener la buena salud de las personas. La Organización Mundial de la Salud (2012), ha dispuesto que antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor deberá realizar la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residuo de cloro a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución, siendo el cloro uno de los desinfectantes adecuados para este fin.

La tecnología del sistema de cloración por goteo de carga constante, en un sistema de agua potable sin planta de tratamiento del medio rural, presenta ventajas en relación a otras tecnologías de cloración, se logra evidencias positivas significativas en su funcionamiento y es fácilmente adaptable a las necesidades de la comunidad (Michel 2014).

La instalación del sistema de cloración por goteo, en el caserío de Cauchamayo, permite brindar una mejor calidad de agua de consumo para la población, contribuyendo la destrucción de los agentes patógenos y siendo una barrera protectora contra los gérmenes dañinos a la salud humana, suprimiendo de esta manera la posterior contaminación microbiológica del agua.

1.1. Problema de la investigación

La actual problemática que tienen los prestadores de servicio de agua y saneamiento rural en el Perú es que ha quedado en desuso el hipoclorador, dispositivo de cloración hasta hace poco utilizado para la desinfección y cloración del agua para consumo humano, ya que salió del mercado el hipoclorito de calcio al 33%. En su lugar, solo se dispone de hipoclorito de calcio al 70%, un insumo que requiere de

otras tecnologías para suministrar adecuadamente cloro a los sistemas de agua potable de la zona rural (Horna 2014).

Para ser viable en zonas rurales, tal sistema debe ser de bajo costo de instalación y mantenimiento, de operación simple y que demande poco tiempo y sea resistente (Michel 2014). Una de las nuevas tecnologías adecuadas y considerando estos requisitos es el sistema de cloración por goteo presentado en esta investigación, que será de importancia para los profesionales y actores locales involucrados en el tema de agua y saneamiento.

Conociendo el riesgo que conlleva el consumir agua con un déficit de cloro en las zonas rurales, es de vital importancia trabajar en la prevención del brote de posibles enfermedades producto de los parásitos y microorganismos existentes en el agua, objetivo que se puede conseguir con un estricto control al momento de la dosificación del cloro. Es por ello la importancia de elaborar proyectos que ayude a mejorar la calidad de vida de la población rural.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo - Celendín?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo - Celendín

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de cloro residual del sistema de agua para consumo humano del caserío Cauchamayo - Celendín.

- Determinar el pH y la turbidez del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo – Celendín.
- Determinar la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo – Celendín en función al cloro residual.

1.4. Hipótesis de la investigación

El sistema de cloración por goteo logra un eficiente mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo – Celendín.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Rodriguez, *et al.* (1997), manifiestan que: El cloro residual es un indicador primario de la calidad durante la distribución y, como tal, debe mantenerse en cantidades suficientes entre la instalación de tratamiento y el grifo del consumidor para garantizar un suministro de agua microbiológicamente seguro.

Carlos (2010) en su tesis, ha encontrado una notable diferencia de la concentración del cloro residual en el sistema de suministro de agua mediante camiones cisterna, presentando una disminución en cada uno de los puntos de medición: surtidor, camiones cisterna y almacenamiento en hogares, llegando a niveles de cloro residual de 0 mg/L en algunos hogares, debido a las propiedades naturales del cloro y las condiciones sanitarias en cada etapa.

Bowden *et al.* (2005), menciona que, previendo el cloro residual en puntos estratégicos en el sistema de distribución de agua, es posible tener un mayor control sobre la dosis de cloro, evitando así incidentes de sub y sobre cloración.

De Sotomayor (2010) en su tesis: “Sistemas de abastecimiento de aguas en núcleos rurales. Variables que influyen en la cloración” donde tras la ejecución de la investigación mencionada obtuvo las siguientes conclusiones: Se ha encontrado asociación estadísticamente significativa del CRL con el pH y la turbiedad. La correlación es positiva, para valores de pH inferiores a 6.5, y para turbidez superior a 5 UNF, respectivamente. La presencia de CRL en el agua de consumo, se asocia de forma significativa con la ausencia de contaminación microbiológica en la misma. Las características del suministro y los aspectos sobre recursos humanos no se asocian de forma consistente con los niveles de cloración deficientes del agua de consumo.

Chaucachicaiza y Orozco (2012), en su investigación el conocimiento aproximado del tamaño de las redes alta, media y baja se vuelve imprescindible cuando se realice el monitoreo de cloro residual pues los valores de cloro residual que se obtengan de específicos sectores de estas redes, serán los que se comparen con los valores de cloro residual que dicte la norma. La comparación se utiliza para evaluar el correcto funcionamiento del sistema y su calibración. El sistema de dosificación de cloro en la comunidad mediante la utilización de hipocloradores manuales, es decir manejando el hipoclorito de calcio como desinfectante, cuya dosis preparación y funcionamiento se responsabiliza a un operador, se destina a ser un sistema dependiente de dicha persona. Esto conlleva a una serie de mal funcionamientos cuando la negligencia humana se introduce en el trabajo del responsable del sistema.

Hinostroza (2008) menciona que, mediante la desinfección del agua con el hipoclorito de sodio conocido como legía, se logra obtener un agua exenta de patógenos. Aun los pobladores de algunas localidades no aceptan con buen agrado

la cloración del agua aduciendo el cambio de olor y sabor en el agua, por eso es que la educación sanitaria es importante, necesaria y debe ser sostenida a través del tiempo. El monitoreo, la orientación técnica y la supervisión es básico y debe ser constante a través del tiempo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sistema de abastecimiento de agua potable

Se define como sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, al conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua mediante conexión domiciliaria, para un abastecimiento convencional cuyos componentes cumplan las normas de diseño del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (DIGESA 2010).

2.2.2. Componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento

El sistema de abastecimiento de agua potable más complejo, es el que utiliza aguas superficiales, consta de cinco partes principales: Almacenamiento de agua bruta, Captación, Tratamiento, Reservorio y Red de distribución (Mcghee 1999).

2.2.3. Calidad del agua potable

DIGESA (2011), define la calidad de agua como “Determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano”. En el Perú la calidad de agua potable se regula por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, promulgado por el MINSA y aprobado mediante Decreto

Supremo N° 031-2010-SA. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL^{-1} de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL^{-1} y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT).

La OMS (2009) establece que: “Las concentraciones objetivas mínimas de cloro en el lugar de suministro son de $0,2 \text{ mg/L}$ en circunstancias normales y de $0,5 \text{ mg/L}$ en circunstancias de riesgo alto”.

2.2.4. Desinfección del agua para consumo humano

Según Cooperación Alemana (2017), la desinfección es una operación de gran importancia para asegurar la inocuidad del agua potable. Su aplicación es obligatoria en todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano. Consiste en la destrucción de microorganismos patógenos presentes en el agua antes de ser abastecida a la población usuaria. Se realiza mediante agentes químicos o físicos y debe tener un efecto residual en el agua potable, a fin de eliminar el riesgo de cualquier contaminación microbiana posterior a la desinfección.

La evaluación de la calidad del agua se realiza comparando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas con los valores de los parámetros establecidos en las normas aplicables, de acuerdo al uso que se le dará al agua. En este caso, debemos juzgar el grado en el cual se ajusta los resultados de nuestro monitoreo a los estándares de calidad vigentes para agua potable (Carlos 2010).

2.2.5. Sistema de cloración por goteo

La cloración del agua es un proceso de eliminación y/o inactivación de microorganismos y organismos que pueden ser patógenos para el ser humano y que se encuentran normalmente en el agua.

El cloro es el desinfectante de mayor aplicación, entre otras ventajas por su fácil aplicación, y porque es factible de mantener y medir una concentración residual para proteger el agua de posibles contaminaciones en la red de distribución (Hinostraza 2008). El sistema de cloración por goteo es el conjunto de componentes que permiten desinfectar el agua en el reservorio. Cuenta con una cámara de almacenamiento o tanque de solución madre y otros accesorios para la regulación, entrega por descarga libre en forma de goteo de la suficiente cantidad de solución clorada que garantice la desinfección del agua que se abastece a la población.

Para ser viable en zonas rurales, tal sistema debe ser de bajo costo de instalación y mantenimiento, de operación simple y que demande poco tiempo, y sea resistente.

Una de las nuevas tecnologías adecuadas y considerando estos requisitos es el sistema de cloración por goteo (Michel 2014).

Ventajas del sistema:

- Bajo costo de construcción y mantenimiento.
- Fabricación local.
- Simplicidad de concepción.
- Facilidad de adquisición del desinfectante.
- Relativa exactitud en la dosificación.
- Facilidad de operación y mantenimiento.

- Autonomía.
- Práctico.
- Funcionamiento sin necesidad de presión del agua.
- Funcionamiento sin requerir energía eléctrica.
- Criterios de instalación del sistema:
- Rango de población de la comunidad: 150 a 1.500 habitantes (30 a 300 familias).
- Rango de caudal de ingreso al reservorio: 0,2 a 2 L/s.

Funcionamiento: La solución clorada (solución madre) es preparada en un tanque de 600 litros con hipoclorito de calcio a 65-70% a una determinada concentración. El objetivo del sistema es que esta solución gotee en el interior del reservorio de agua potable con un caudal constante a lo largo del vaciado del tanque dosador. La concentración, el caudal de goteo y el periodo de recarga del tanque dependen de la cantidad de agua que consume la comunidad donde el sistema sea instalado (Madera 2013).

Definiciones básicas (Según Carlos 2010) son:

pH del agua

Es la medida de la concentración de los iones H^+ en el agua. Está relacionado al grado de acidez o basicidad que tiene el agua. La desinfección del agua mediante cloración es efectiva a pH alrededor del valor 7 (pH neutro). Su efectividad es muy reducida a pH mayores a 8.0. El agua para consumo humano debe tener un pH entre 6.5 y 8.5 (MINSa 2010).

Acido hipocloroso (HOCl)

Compuesto químico que resulta de la reacción del agua con un producto de cloro. El ácido hipocloroso (HOCl) tiene gran poder desinfectante debido a su bajo peso molecular que le permite atravesar la pared celular de los microorganismos. Debe procurarse su formación para asegurar la efectiva desinfección del agua.

Ion Hipoclorito (OCl-)

Compuesto químico que también resulta de la reacción del agua con un compuesto de cloro. Su capacidad de desinfección es muy reducida. Su condición de ion no le permite atravesar la pared celular de los microorganismos.

Cloro libre

Según DIGESA (2010), define al cloro residual como la cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.

El cloro libre que queda disponible después de haber efectuado la desinfección del agua, es decir, la destrucción o inactivación de los microorganismos presentes. La norma peruana exige una concentración mínima de cloro residual libre en el agua potable de 0.50 mg/L. El cloro residual libre está determinado por la suma de la concentración de ácido hipocloroso más la concentración de ion hipoclorito que se forma en el agua luego de añadir el compuesto de cloro; su equilibrio está influenciado por el pH del agua. (MINSa 2010).

Turbiedad

Parámetro que indica la capacidad para que un haz de luz atraviese un cuerpo de agua. Se considera una característica organoléptica de la calidad del agua potable. La Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU recomienda una turbiedad máxima de 0.1 UNT para optimizar la efectividad de la desinfección del agua. Mientras más turbia sea el agua, mayor riesgo de contaminación microbiológica o de contener otros contaminantes. No es recomendable clorar aguas con más de 5 UNT. Según James *et al.* (2009) los niveles de turbiedad antes de la cloración del agua deben ser:

- Ideal: menor a 1 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbiedad)
- Aceptable: menor a 5 UNT
- En caso de emergencia menor a 20 UNT por un muy corto periodo de tiempo.

Demanda de cloro

Se denomina así a la cantidad de cloro que al entrar en contacto con el agua se consume, reaccionando con las sustancias presentes en ella y en la eliminación e inactivación de los microorganismos. La cantidad de cloro que se consumiría en un periodo determinado de tiempo por la reacción con sustancia fácilmente oxidable presentes en el agua, si el abastecimiento de cloro fuera limitado, la demanda varía con el tiempo de contacto la temperatura y calidad del agua (OPS/OMS 2007).

Cantidad de cloro que se va a dosificar a la red o al reservorio

La cantidad de cloro que se va a dosificar equivale a la demanda de cloro la cual está estrechamente ligada a la calidad química y microbiológica del agua a la que debe adicionarse la cantidad de cloro residual esperada en la red de abastecimiento de

agua. Por tanto, antes de llevar a cabo el proceso de desinfección es conveniente realizar ensayos de consumo instantáneo de cloro. Este ensayo se denomina «ensayo de demanda de cloro» (Carlos 2010).

Medición del cloro residual

“El método más utilizado es el colorimétrico de DPD (N, N-dietilopfenilenediamina), el cual consiste en tomar una muestra de agua clorada en algún punto de la red de distribución y se mide la cantidad de cloro residual y la concentración debe estar entre 0,50 – 1,00 mg/L”. Lo más eficaz es que estas muestras sean en el reservorio (inicio), en la mitad del ramal y al final del ramal de la red de distribución; estas medidas permitirán determinar la cantidad de cloro residual presente en el agua que abastece a cierta población (Madera 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La investigación se realizará en el caserío Cauchamayo perteneciente al distrito de Celendín, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca. Está ubicado a 2648 m.s.n.m. y situado en coordenadas UTM Zona 17S a 0815831.12 E y 9243155.74 N

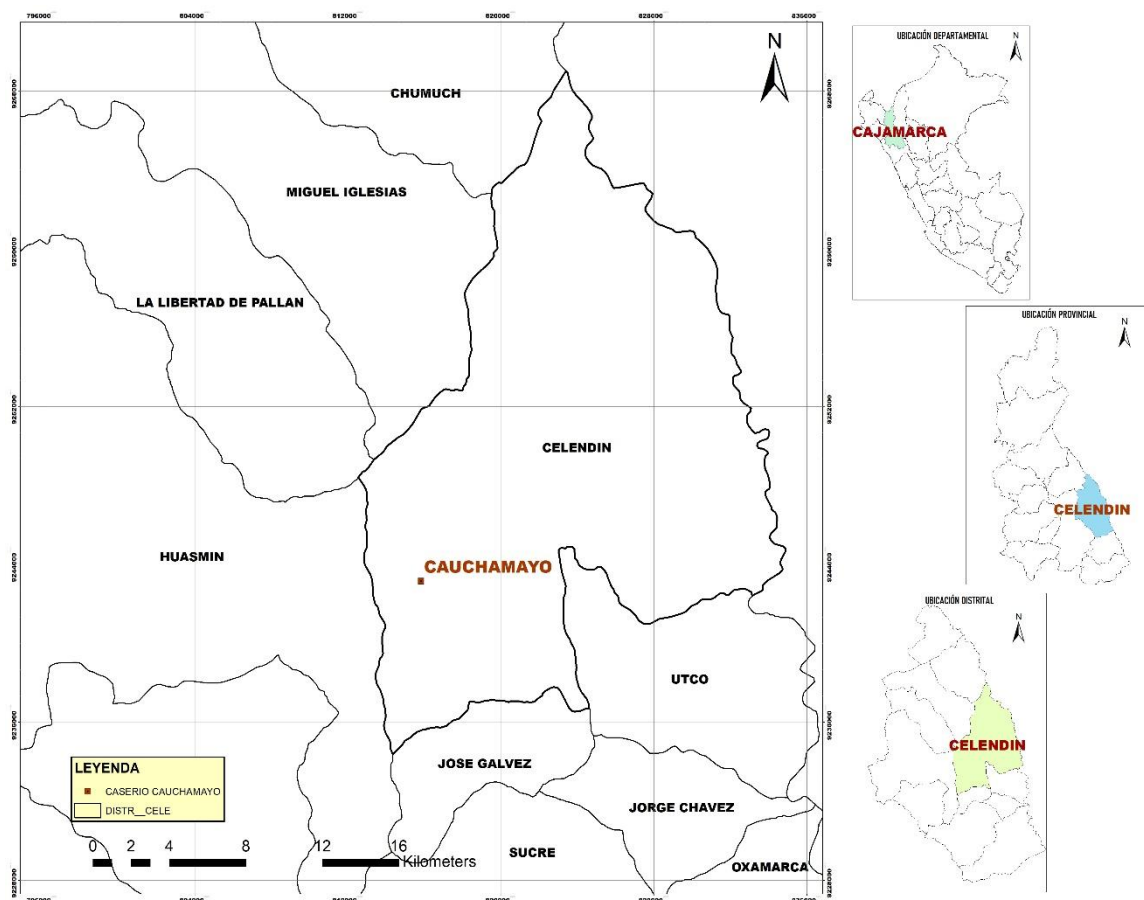


Figura N° 1. Ubicación del caserío Cauchamayo.

3.2.Materiales

3.2.1.Materiales y equipo

- 2 llaves de paso de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ de pulgada
- Alicata
- Arco sierra
- Balde de 50 litros

- Vasos de precipitación de 1000 mL
- Botella de 300 ml
- Cámara fotográfica CANON 10X
- Clavos de 1 y 2 pulgadas
- Cúter
- Equipo de venoclisis
- Esmalte blanco
- Guantes
- Hipoclorito de calcio
- Jeringa
- Libreta de registro
- Manguera transparente
- Mascarilla
- Pegamento PVC
- Pelota de tecknopor de 15 cm de diámetro
- Pelota para la boya de 5 cm de diámetro
- pHmetro. EZODO 7200
- Turbidímetro (EZODO TUB-430)
- Silicona
- Tubos de PVC de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ de pulgada
- Wincha
- Madera
- Calamina
- Fotómetro MILWAUKEE MI 404

3.2.2. Material y equipo de oficina

- Laptop ASUS
- Impresora EPSON 365
- Lapicero Faber Castell
- Papel A4

3.3. Metodología

3.3.1. Trabajo de campo

Los estudios en campo se realizaron en el centro poblado de Cauchamayo, Distrito de Celendín, Provincia de Celendín, Departamento de Cajamarca.

Construcción e instalación del clorador por goteo

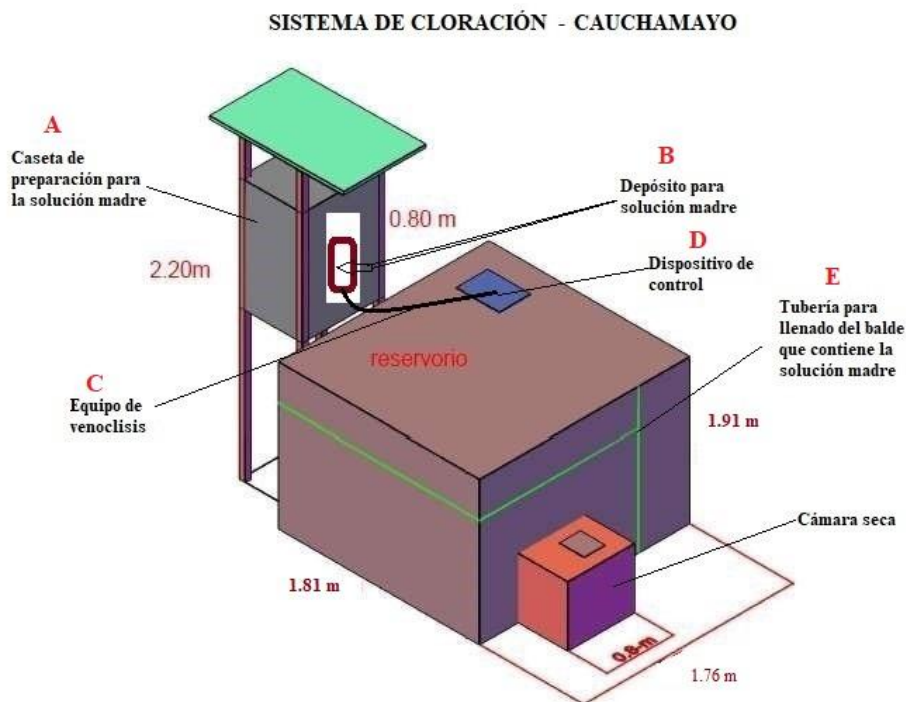


Figura N° 2. Plano del sistema de cloración

A. Construcción de la caseta de protección

Se construyó la caseta de protección de madera que fue instalada al lado del reservorio para evitar la manipulación innecesaria de personas extrañas, se cubrió con un techo de calamina, cerrada con puerta y protegida con candado. La puerta es suficientemente amplia para poder sacar el depósito en caso de ser necesario.

B. Instalación del balde de 50 L de solución madre

Para obtener la solución madre, se instaló un balde de 50 litros de material plástico, material no corrosivo para el cloro, en él se almacenó la mezcla de hipoclorito de calcio al 70%, a una concentración no mayor a 5000 ppm. El objetivo de este sistema fue lograr el goteo y un caudal constante de solución en el interior del reservorio de agua potable durante el vaciado del balde. Este goteo fue calculado en función al caudal de agua que ingresa al reservorio, la concentración de solución madre y el período de recarga del balde.

C. Construcción de clorador por goteo

Para la construcción del clorado por goteo, con la ayuda del cúter se cortó el tecnopor circular por la mitad. Se cortó la botella de 3 litros, 2 cm por arriba de la mitad, marcando 4 triángulos equidistantes de 2 a 3 cm de la altura alrededor de la botella, se cortó los triángulos marcados con el cúter. Se perforó el balde con ayuda de un clavo caliente a 3 cm de la base, se pegó con silicona la botella a una de las mitades del Tecnopor. Perforamos con una aguja gruesa en la mitad de la tapa del balde, permitiendo la fluidez del gas del cloro. Posteriormente se pegó la botella a la manguera transparente con pegamento de PVC por dentro y fuera (equipo de venoclisis). Se colocó el balde conteniendo la solución madre en la caseta, y se introdujo el sistema pegado a la boya, por la tapa del tanque de almacenamiento.

D. Instalación del control del nivel estático del reservorio

Se instaló un dispositivo de control de ingreso de agua en el interior del reservorio, utilizando una pelota de 5 cm de diámetro, pegado de una jeringa, con el propósito de evitar que se sobre cloro cuando la población no haga uso del agua por las noches.

E. Instalación de tubería para el llenado de agua

Se instaló una tubería PVC de ¾” externa desde la entrada de agua a la cámara húmeda, hacia el balde de la solución madre, con el objetivo de llenar el balde de agua.

F. Desinfección del reservorio

- Para realizar la desinfección del reservorio se tienen que seguir los siguientes pasos: Se procede a calcular el volumen del reservorio, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultado del cálculo del volumen del reservorio

H interior(m)	L interior(m)	A interior(m)	Volumen(m ³)
1.80	1.7	1.65	5

- Se calcula el peso del desinfectante (Hipoclorito de calcio al 70%), con la siguiente expresión:

$$P = \frac{C \times V}{(\% \text{Cloro}) \times 10}$$

Donde:

P = Peso Hipoclorito (g)

C = Concentración aplicada (mg/l) - 50 para reservorios

% Cloro = 70

V = Volumen Reservorio Al reemplazar los datos en la expresión, se tiene el siguiente resultado en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la dosis para la desinfección del reservorio

Tipo	V(m ³)	C	% Cloro	P(g)
Reservorio	5	50	70	357

- Conociendo el volumen del reservorio y el peso del hipoclorito de calcio, se abrió la tapa de inspección de la caseta de válvulas. Luego de serrar la válvula de ingreso y salida, enseguida se abrió la válvula de limpia.
- Luego se abrió la tapa sanitaria del tanque de almacenamiento, para luego realizar la limpieza.
- Con ayuda de los miembros de la JASS de Cauchamayo se hizo la limpieza interior del tanque de almacenamiento, piso, paredes y accesorios, utilizando trapo húmedo, escobilla de plástico y escoba luego se procede a enjuagar todo.
- Terminada la limpieza, se abrió la válvula de entrada, se cerró la válvula de salida, y se llenó con agua el reservorio para luego colocar la solución preparada en los baldes de 15 litros de agua con los 357 g de hipoclorito de calcio al 70% calculado en la Tabla 2.
- Luego se dejó en reposo la solución desinfectante, durante 4 horas dentro del reservorio.
- Pasada las 4 horas, se procedió a desaguar y lavar hasta no percibir olor a desinfectante.

G. Capacitación a la Junta Administradora de Servicio y Saneamiento de Cauchamayo

Se realizó capacitaciones a la JASS – Cauchamayo, teniendo 14 asistentes, dando a conocer la importancia del cuidado del agua. Se realizó charlas sobre la gestión participativa y sostenible, dando énfasis a la importancia de la cloración del agua para consumo humano. Si bien se sabe que la cloración puede beneficiar a la salud, si este proceso no se desarrolla con una metodología y estudios apropiados puede convertirse en un peligro consumir agua clorada, así mismo se involucró a los

usuarios para la gestión participativa y sostenible relacionada a la cloración. Los asistentes tomaron interés en conocer la cantidad de cloro que se necesita para obtener una buena calidad de agua, como ayuda la cloración a mejorar la salud de los seres humanos, como es el manejo de sistema de cloración, entre otras preguntas. En la capacitación realizada, se hizo la entrega del sistema de cloración por goteo instalado, comprometiéndoles a monitorear su funcionamiento.

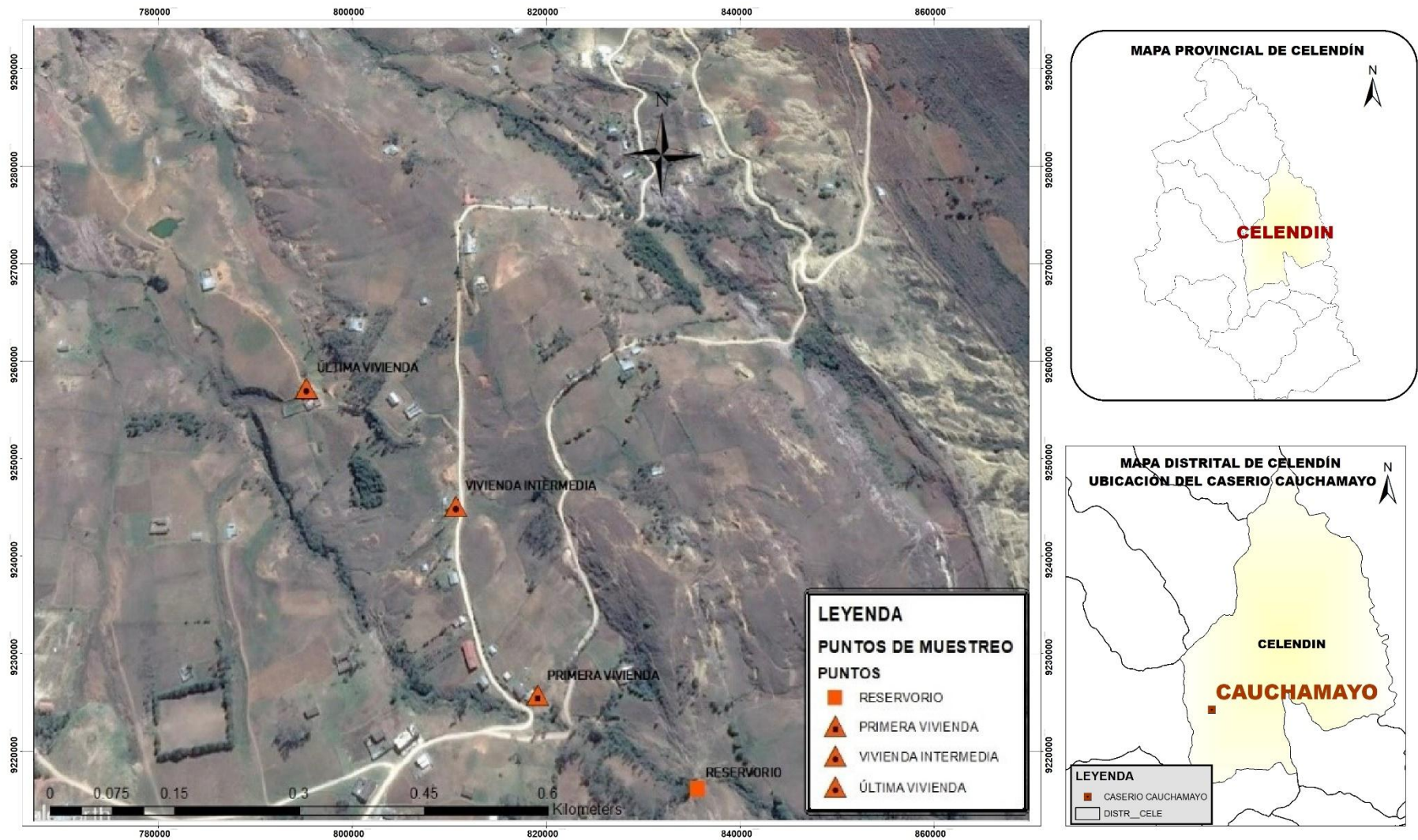


Figura N° 3. Puntos donde se midió el cloro residual del caserío Cauchamayo - Celendín

3.3.2. Determinación de la eficiencia del funcionamiento del sistema de cloración por goteo

Para el procesamiento de datos se realizó mediante el uso de la estadística descriptiva empleando: Porcentajes, medias aritméticas, mediana, coeficiente de variación y desviación estándar. En cada punto de muestreo, se hizo dos repeticiones por cada indicador (cloro residual, pH y turbidez) obteniendo 24 análisis por monitoreo; se realizó monitoreos diarios por 31 días, tiempo de ejecución del proyecto.

Indicadores	Puntos de monitoreo			
	Reservorio	P1 Inicio del ramal	P2 Mitad del ramal	P3 Final del ramal
Cloro residual	2	2	2	2
pH	2	2	2	2
Turbiedad	2	2	2	2

Para determinar la eficiencia del funcionamiento del sistema de cloración por goteo se tuvo en cuenta lo siguiente:

A. Concentración de cloro residual

Para la medición de este parámetro se utilizó el método colorimétrico, el cual consiste en tomar una muestra de agua clorada en algún punto de la red de distribución y se mide la cantidad de cloro residual y la concentración debe estar entre 0.50 – 1.00 mg/L. Lo más eficaz es que estas muestras estén ubicadas en el reservorio (inicio), en la mitad del ramal y al final del ramal de la red de distribución (Madera 2013). Estas medidas permitieron determinar la cantidad de cloro residual presente en el agua que abastece a la población de Cauchamayo, estas mediciones se realizaron por un periodo de 31 días.

B. pH

Para determinar el pH se utilizó, un pHmetro, realizando las mediciones en el reservorio (inicio), en la mitad del ramal y al final del ramal de la red de distribución, por un periodo de 31 días.

MINSA (2010), la obtención de estos datos es muy importante en el proceso de cloración ya que su efectividad es muy reducida a pH mayores a 8.0. El agua para consumo humano debe tener un pH entre 6.5 y 8.5.

C. Turbiedad

La turbiedad es un factor de suma importancia en la desinfección de agua para consumo humano, pues se recomienda una turbiedad mínima de 5 UNT para optimizar la efectividad de la desinfección del agua. Mientras más turbia sea el agua, mayor riesgo de contaminación microbiológica o de contener otros contaminantes y más costoso. No es recomendable clorar aguas con más de 5 NTU (James *et al.* 2009); según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SALUD), cuando hay presencia importante de materia orgánica se puede formar con el cloro sustancias tóxicas o carcinogénicas (Trihalometanos) y en este caso no se debe clorar directamente el agua, sino instalar un sistema de filtración antes del ingreso al reservorio

D. Calidad del agua para consumo humano

Para determinar el mejoramiento de la calidad de agua para consumo humano del caserío Cauchamayo – Celendín, se tuvo en cuenta los datos recolectados de cloro, turbidez y pH en los puntos de muestreo, el monitoreo del funcionamiento del sistema de cloración por goteo, las capacitaciones que se desarrollaron a la JASS del caserío Cauchamayo,

con el objetivo que ellos mismos sean capaces de monitorear, evaluar y mejorar el sistema de cloración por goteo.

La calidad del agua se define en función de un conjunto de características variables fisicoquímicas del agua o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad físico-química del agua se demuestra en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (OMS, 2006). La calidad de agua se determinó comparando los datos obtenidos en cada punto de muestreo con la normativa vigente, verificando que no sobre pase los rangos establecidos para cada indicador (cloro residual, pH, turbiedad).

E. Dosificación del sistema de cloración por goteo casero

Para determinar la dosificación correcta del sistema de cloración por goteo se tuvo en cuenta las siguientes fórmulas.

- a. La preparación estuvo en función al caudal de demanda diaria de agua que se va a clorar. El caserío de Cauchamayo cuenta con un caudal máximo diario de 0.234 L/s para un reservorio de 5m³.
- b. Cantidad de hipoclorito de calcio (65 -70%)

$$P(g) = \frac{Q \cdot T \cdot C_2}{10 \cdot \% \text{ cloro}}$$

Donde:

P = Peso del hipoclorito de calcio en gramos

Q = Caudal de ingreso de agua al reservorio, en L/s

T = Tiempo de recarga en segundos

% cloro= Concentración (hipoclorito de calcio 65 -70%)

10= Factor de conversión en unidades (para que P se obtenga en gramos)

C₂= 1 - 1.5 mg/L, valor promedio de concentración.

Ejemplo:

$$P \text{ (g)} = \frac{0.234 \text{ L/s} \times 7(86400 \text{ s}) \times 1}{10 \times 70} = 202 \text{ g.}$$

c. Solución madre

Se pesó 202 g. de hipoclorito de calcio y se mezcló con agua para obtener la solución clorada.

$$V \text{ min} = \frac{\% \text{ cloro} \times 10 \times p}{C \text{ max}}$$

Donde:

- Vmin= Volumen mínimo de agua para solución, en litros (Cálculo del goteo).
- Cloro= 65 – 70 %
- P= peso del hipoclorito de calcio (g)
- C max= concentración máxima = 5000 mg/L

Reemplazando los datos tenemos un volumen de 28 l donde se disolverá los 202 g de hipoclorito de calcio al 70%.

Se convirtió las 24 horas a minutos obteniendo 1,440 minutos; en 7 días hay 10080 minutos. Del mismo modo se convirtió de litros a mililitros (50 litros x 1000) obteniendo 50000 mililitros.

$$\frac{50\ 000 \text{ mL}}{10\ 080 \text{ min.}} = 4.96 \text{ mL/min} = 5 \text{ mL/min.}$$

En una medida de litro se regula el goteo a 5 mililitros / minuto.

d. Depósito a usar para la solución madre

Se utilizó un depósito de 50 litros, un material plástico no corrosivo al cloro.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cloro residual

Los datos obtenidos de cloro residual en todas las medidas durante los diferentes días de monitoreo, se obtuvieron resultados óptimos, pues al hacer la comparación de los resultados con la condición ideal de cloro residual, se encuentra dentro del rango establecido.

La concentración de cloro residual, se mantiene en el punto 1 entre 0.76 – 0.97 mg/L; sin embargo en el punto 2 y 3, los valores se acercan a 0.5 mg/L, esto puede deberse a que el cloro es una sustancia volátil y reacciona con la materia orgánica contenida en el agua y por eso tiende a disminuir, coincidiendo con Velásquez (2011), quien menciona que el cloro al combinarse inmediatamente con la materia orgánica, consecuentemente, el cloro residual se mantiene en cero, la cloración disminuye significativamente.

La turbiedad presente en el agua de Cauchamayo está en un intervalo de 1.5 a 5 UNT, dando facilidades para realizar una óptima desinfección, pues menciona Chauca y Orozco (2012), que a turbiedades altas se hace más lenta la acción del cloro, debido a que ciertos microorganismos como el E. coli tienden a crecer en colonias y encapsularse en los microfragmentos de materias fecales o depositarse dentro de partículas orgánicas y minerales. Esto haría necesario aumentar el tiempo de contacto o la concentración para obtener resultados satisfactorios.

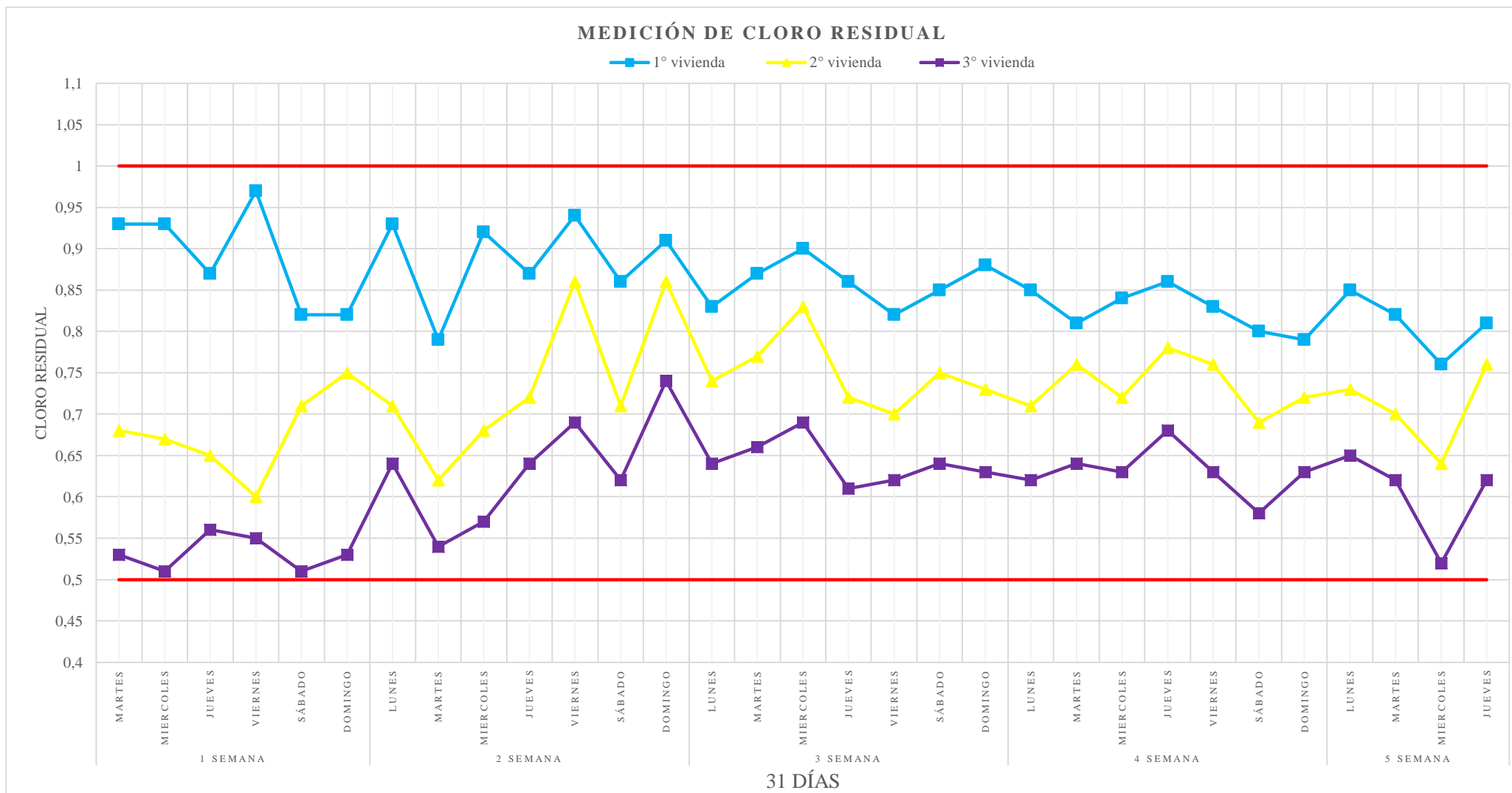


Figura N° 4. Medición de cloro residual, dentro de los rangos permitidos

La figura N°04 muestra que las medidas se encuentran dentro de las barras que limitan el rango de 0.5 y 1.00. Esto muestra que el sistema de cloración por goteo construido, es eficiente, logrando uno de los objetivos trazados en el trabajo de investigación, como lo menciona Rodríguez, *et al.* (1997), quien manifiesta que el cloro residual es un indicador primario de la calidad durante la distribución y, como tal, debe mantenerse en cantidades suficientes entre la instalación de tratamiento y el grifo del consumidor para garantizar un suministro de agua microbiológicamente seguro.

En el análisis estadístico se hizo un análisis de varianza para contrastar si existe o no diferencia significativa entre los tratamientos (Puntos de muestreo), utilizando el cuadro de análisis de varianza de un factor y prueba F con 5% de significancia (95 % de nivel de confianza), así como también se realizó la comparación de las medias y el intervalo de confianza de los tratamientos.

Tabla 3. Análisis de varianza de cloro residual

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F_0	Valor P	Valor crítico para F
Puntos de muestreo	0.9463247	2	0.473162366	148.8334573	0.05	3.097698
Error	0.28612258	90	0.00317914			
Total	1.23244731	92				

Como F_0 es mayor que F crítico, y el valor de p es menor que 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. Se establece que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos, o que el cloro influye en la calidad de agua potable.

Análisis Descriptivo

También se requiere tener conocimiento, dentro de que límites varían los resultados de cloro residual en cada punto de muestreo. Para dar respuesta a esto se recurre a los intervalos de confianza, basado en el estadístico t de student (t_0) al 99% de probabilidad da el valor de $t_0 = 2.63$

Tabla 4. Análisis descriptivo

Puntos de Muestreo	N	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Inicio	31	0.86	0.05123213	0.76	0.97
Mitad	31	0.72	0.059919301	0.6	0.86
Final	31	0.61	0.057639965	0.51	0.74

El tratamiento propuesto en la investigación permite obtener un agua de calidad apta para ser consumida por el ser humano; en el Perú la calidad de agua potable se regula por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, promulgado por el MINSA y aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL-1 de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL-1 y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT) (DIGESA 2011).

La evaluación de la calidad del agua se realiza comparando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas con los valores de los parámetros establecidos en las normas aplicables, de acuerdo al uso que se le dará al agua. En este caso, debemos juzgar el grado en el cual se ajusta los resultados de nuestro monitoreo a los estándares de calidad vigentes para agua potable (MINSA 2011).

4.2. Turbiedad

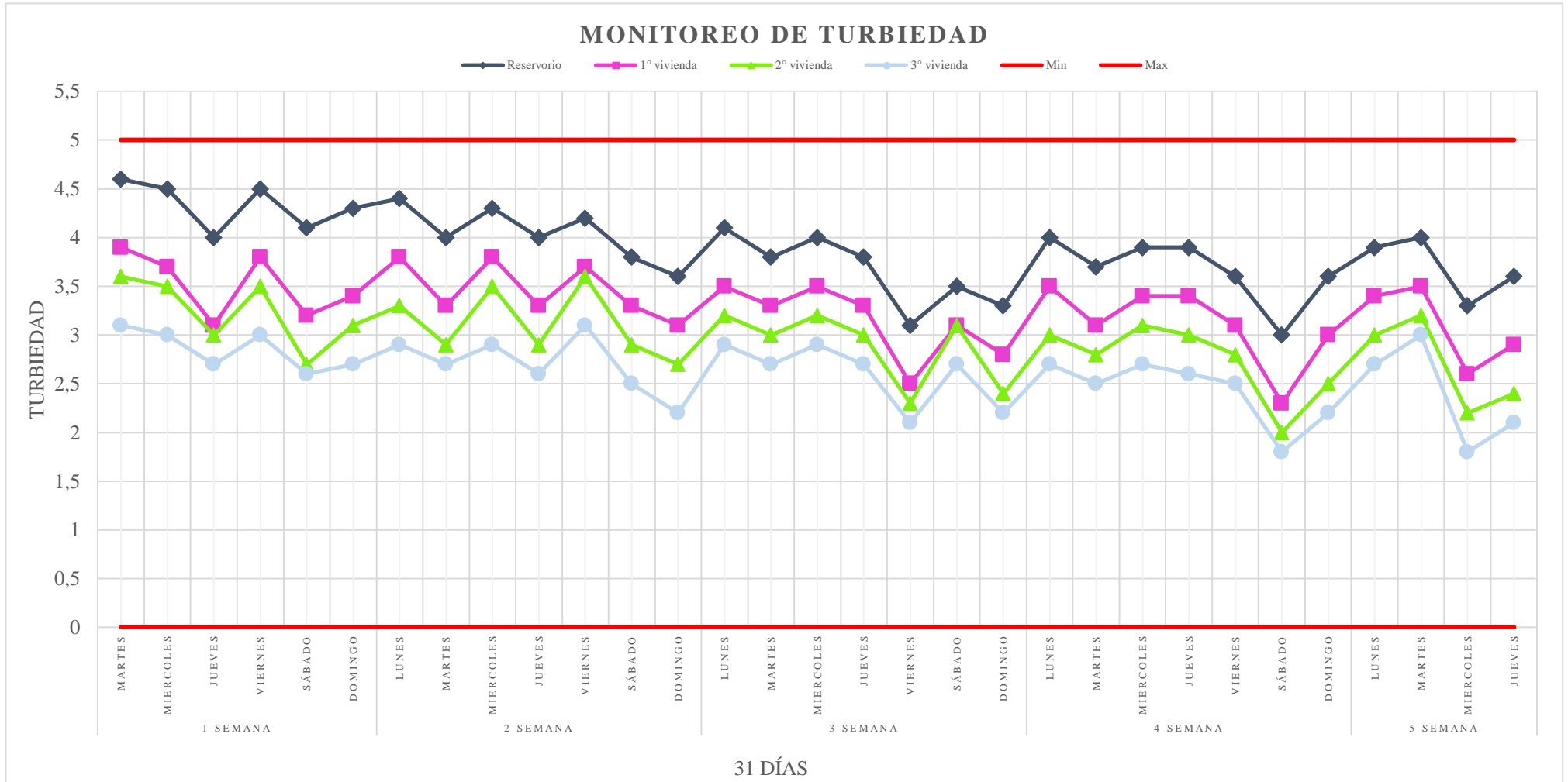


Figura N° 5. Medidas de turbiedad durante todo el periodo de monitoreo.

La turbiedad es un parámetro que determina la calidad del agua potable. La Organización Mundial de la Salud menciona que mientras más turbia sea el agua, mayor es el riesgo de contaminación microbiana o de contener otros contaminantes (OMS 2010).

El agua de Cauchamayo tienen una turbiedad menor a 5 UNT, lo que lo hace apta para ser clorada, esta información lo muestra la figura 05; sin embargo, al no tener una planta de tratamiento y ser agua canalizada de una quebrada este parámetro está propenso a ser alterado, por diferentes aspectos meteorológicos; es por ello la importancia de que por lo menos se cuente con filtros que ayuden a minimizar este riesgo, pues no es recomendable clorar aguas con más de 5 UNT. Según James *et al.* (2009) los niveles de turbiedad antes de la cloración del agua deben ser: ideal, menor a 1 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbiedad), aceptable: menor a 5 UNT y en caso de emergencia menor a 20 UNT por un muy corto periodo de tiempo. Si el tiempo de turbidez mayor a 5 UNT se prolonga es muy riesgoso realizar su cloración, según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SALUD), cuando hay presencia importante de materia orgánica se puede formar con el cloro sustancias tóxicas o carcinogénicas (Trihalometanos) y en este caso no se debe clorar directamente el agua, sino instalar un sistema de filtración antes del ingreso al reservorio.

4.3. pH

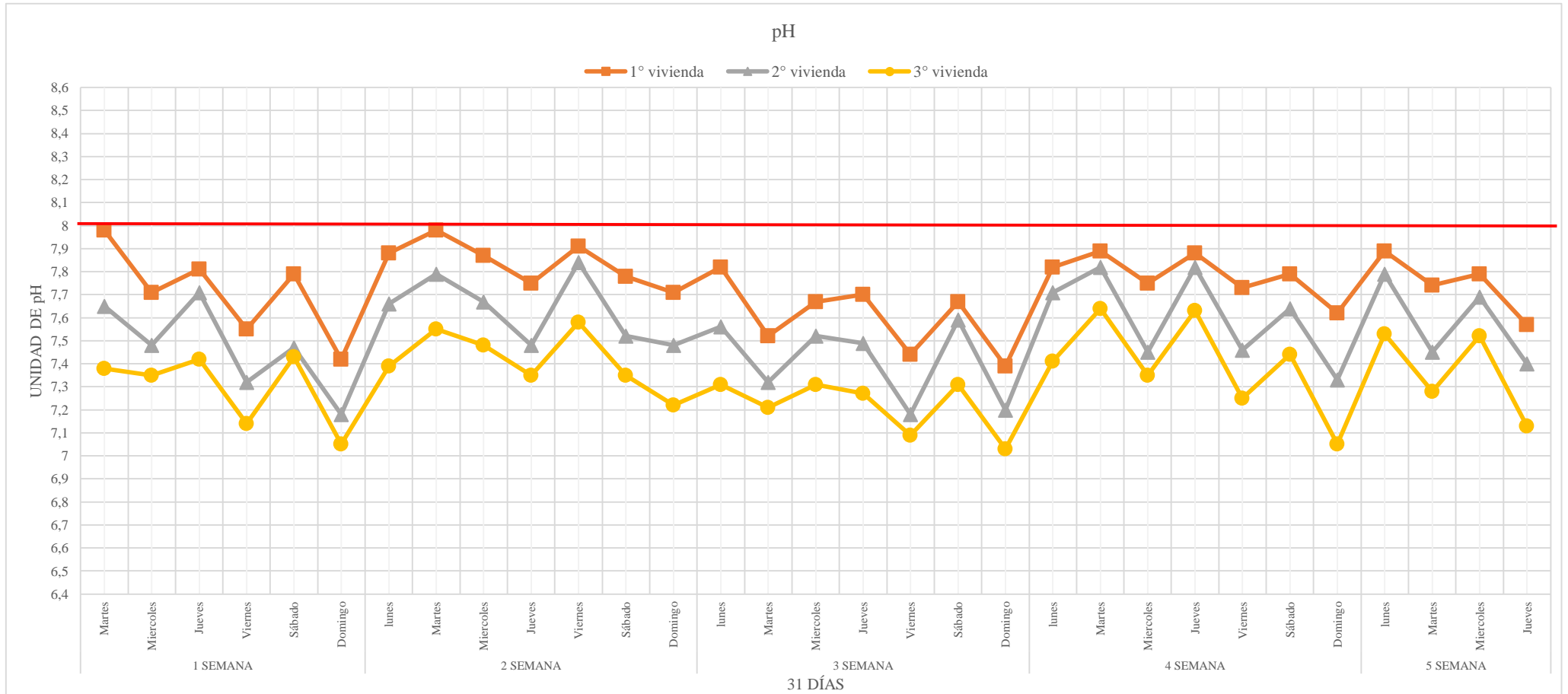


Figura N° 6. Medidas de pH durante todo el periodo de monitoreo.

Es recomendado que el pH sea en el rango 6.5 – 8.5, según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SALUD). Cuando el pH es superior a 8, la demanda en cloro aumenta y se requiera una cantidad de cloro mayor para tratar el agua, volviendo la operación del sistema más cara. El pH es el que tiene mayor influencia sobre la actividad biocida del cloro en la solución. Un aumento en el pH disminuye sustancialmente la actividad biocida del cloro, y una disminución del pH aumenta esa actividad en la misma proporción. El pH determinado antes de la instalación del cloro es de 7.82, es un pH aceptable para realizar la cloración, cumpliendo con lo antes mencionado, la figura N° 06 muestra los valores del pH, los puntos de muestreo, determinado que si está dentro de los rangos permitidos.

El pH encontrado en los monitoreos realizados, se encuentra en un intervalo de 7-8, valores aptos para realizar una desinfección de esta agua, Foncodes (2012), menciona que para realizar una eficiente desinfección el valor de pH tiene que ser menor a 8, en estos valores, el ácido hipocloroso y los iones hipoclorito son los que realizan la desinfección. El grado de ionización depende directamente del valor del pH del agua y la eficacia real de la desinfección depende de la proporción de ácido hipocloroso a iones hipoclorito, siendo tanto mayor cuanto mayor es esta proporción y, por lo tanto, esta eficacia se reduce a altos valores de pH. A valores de pH por debajo de 5 puede existir algo de cloro molecular. El cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso, iones hipoclorito y cloro molecular se define con la denominación de cloro residual libre.

V. CONCLUSIONES

- Se pudo determinar la concentración óptima para el sistema de cloración por goteo, teniendo en cuenta el pH del agua a ser tratada y la turbiedad, siendo estos los parámetros más importantes para una correcta cloración.
- El pH determinado está dentro de los rangos permitidos para un agua de consumo humano entre 6.5 – 8.5; el parámetro de la turbiedad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo – Celendín, es menor a 5 NTU; cumpliendo con lo establecido por la OMS.
- Con el sistema de cloración por goteo propuesto en la investigación, se logra tener un eficiente tratamiento de cloración, en todo el ramal de agua que consume el caserío de Cauchamayo, garantizar un suministro de agua microbiológicamente seguro. Sin embargo, aguas abajo del punto de dosificación, el cloro residual tiende a disminuir, es por ello la importancia de un monitoreo constantes, para asegurar un proceso de eliminación y/o inactivación de microorganismos y organismos que pueden ser patógenos para el ser humano y que se encuentran normalmente en el agua.
- Con la eficiente desinfección lograda con el sistema de cloración por goteo instalado, proceso mediante el cual se destruyen organismos patógenos que transmiten enfermedades por medio del agua, se obtuvo una mejor calidad de agua para el caserío Cauchamayo, del mismo modo se logró involucrar a la población en la gestión participativa y sostenible del recurso agua y que entiendan la importancia de consumir un agua clorada.

VI. RECOMENDACIONES

- Si en alguna temporada del año (época de lluvia) el agua de la fuente presente turbiedad (mayor a 5UNT). En este caso es recomendado parar la cloración hasta que la turbiedad desaparezca y regrese a la normal, porque la cloración del agua que tiene materia orgánica puede generar productos dañinos a la salud.

VII. LITERATURA CITADA

- Bowden, GJ; Nixon, JB; Dandy, GC; Maier, HR; Holmes, M. 2005. Pronosticar los residuos de cloro en un sistema de distribución de agua usando una red neuronal de regresión general. Australia.
- Carlos, CR. 2010. Aspectos sanitarios en el sistema de abastecimiento de agua potable mediante camiones cisternas en los distritos de Ate, Villa el Salvador y Ventanilla y propuesta para su mejoramiento en Lima y Callao. Tesis de Lic. Lima, UNI.
- Chaucachicaiza, F; Orozco, LS. 2012. Diseño e implementación de un sistema automatizado para la dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable en la comunidad San Vicente de Lacas. Tesis Pregrado. Riobamba Escuela Superior Pilitécnica de Chimborazo.
- Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2017. Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural. Lima.
- De Sotomayor, PÁ. 2010. Sistemas de abastecimiento de aguas en núcleos rurales. Variables que influyen en la cloración. Tesis Doc. Granada, Universidad de Granada.
- DIGESA (Dirección General De Salud Ambiental). 2010. Informe técnico de la calidad de agua. Lima, Perú.
- DGESA (Dirección general de salud ambiental). 2011. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Lima, Perú.
- Gutiérrez, H; Roma V. 2012. Análisis y diseños de experimentos. España. Editorial McGraw – Hill Interamericana de España S.L. 504 p.

- Foncodes (2012). Limpieza, Desinfección y Tecnologías de Cloración para Sistemas de Agua Potable Rural. (en línea) Consultado 7 de May. Disponible en <https://es.scribd.com/document/338628667/Resumen-Ejecutivo-Desinfeccion-y-Cloracion>.
- Hinostroza, IL. 2008. Investigación del sistema de cloración por goteo en zonas rurales y pequeñas ciudades. Tesis de Pregrado, Lima, UNI.
- Horna, DE. 2014. Optimización del consumo del cloro en la potabilización del agua, haciendo uso del método del nivel estático en reservorio del sistema de agua potable rural del caserío el Tambo – Distrito de José Gálvez. Tesis Ing. Civil, Cajamarca, UNC.
- Madera, N. 2013. Opciones tecnologías para desinfección de sistemas de agua potable. Huancavelica, Perú.
- Mcghee, T. 1999. Abastecimiento de agua y alcantarillado: Ingeniería Ambiental. 6^a Ed. Lima, Perú. 230p.
- Michel, Y. 2014. Sistema De Cloración Por Goteo Manual de instalación, operación y mantenimiento. Cusco, Perú. 256 p.
- MINSA (Ministerio de Salud). 2010. Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SALUD. Dirección General de Salud Ambiental. Lima, Perú.
- MINSA-DIGESA D.S. N° 031-2010 S.A. Reglamento de la Calidad de Agua apta Consumo. Humano Lima, Peru.53p.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2012. Agua, saneamiento y salud (ASS): Informe acerca de los progresos sobre el agua potable y saneamiento. (en línea). Consultado 21 mar. 2017. Disponible en http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2012/drinking_water_20120306/e

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2009. Guías técnica sobre saneamiento, agua y salud. N 11. 3 ed. Ginebra, Suiza. May. 4p.

OPS/OMS (Organización Panamericana de la Salud, oficina regional de la Organización Mundial de la Salud); COSUDE (Consejo Federal de la Confederación Suiza). 2007. Guía para la selección de sistema de desinfección. Lima, Perú.

Rodriguez, MJ; West, JR; Powell, J; Serodes, JB. 1997. Application of two approaches to model chlorine residuals in severn trent water ltd (stw) distribution systems. Quebec.

Sánchez, M; Molero, Y. 2007. Sistema de cloración por goteo en zonas rurales. Tesis Biólogo, Cusco, UNSAAC.

Sánchez, H; Reyes, C. 1996. Metodología y diseños en la investigación científica. Lima, Perú: Mantaro.

VIII. ANEXOS

8.1. Datos obtenidos de monitoreo durante todo el periodo de ejecución del proyecto de investigación

Tabla 5. Medidas tomadas durante todo el periodo de monitoreo

REGISTRO DE MONITOREO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO								
JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DEL CASERÍO CAUCHAMAYO								
MES/AÑO	FECHA		LECTURAS DE PARAMETROS/TOMA DE PUNTOS					
	SEMANAS Y DÍAS		Unidades/ Medida	R - 0	P - 1	P - 2	P - 3	
ENERO 2019	1°	1	Martes	Cloro (ppm)	2.5	0.93	0.68	0.53
				pH	8.42	7.98	7.65	7.38
				Turbidez (UNT)	4.6	3.9	3.6	3.1
		2	Miércoles	Cloro (ppm)	2.42	0.93	0.67	0.51
				pH	8.23	7.71	7.48	7.35
				Turbidez (UNT)	4.5	3.7	3.5	3
		3	Jueves	Cloro (ppm)	2.46	0.87	0.65	0.56
				pH	8.38	7.81	7.71	7.42
				Turbidez (UNT)	4	3.1	3	2.7
		4	Viernes	Cloro (ppm)	2.34	0.97	0.6	0.55
				pH	8.15	7.55	7.32	7.14
				Turbidez (UNT)	4.5	3.8	3.5	3
		5	Sábado	Cloro (ppm)	2.2	0.82	0.71	0.5
				pH	8.28	7.79	7.47	7.43
				Turbidez (UNT)	4.1	3.2	2.7	2.6
		6	Domingo	Cloro (ppm)	2.42	0.82	0.75	0.53
				pH	8.13	7.42	7.18	7.05
				Turbidez (UNT)	4.3	3.4	3.1	2.7
	2°	7	Lunes	Cloro (ppm)	2.43	0.93	0.71	0.64
				pH	8.28	7.88	7.66	7.39
				Turbidez (UNT)	4.4	3.8	3.3	2.9
8		Martes	Cloro (ppm)	2.34	0.79	0.62	0.54	
			pH	8.34	7.98	7.79	7.55	
			Turbidez (UNT)	4	3.3	2.9	2.7	
9		Miércoles	Cloro (ppm)	2.43	0.92	0.68	0.57	
			pH	8.29	7.87	7.67	7.48	
			Turbidez (UNT)	4.3	3.8	3.5	2.9	
10		Jueves	Cloro (ppm)	2.45	0.87	0.72	0.64	
			pH	8.16	7.75	7.48	7.35	
			Turbidez (UNT)	4	3.3	2.9	2.6	
11	Viernes	Cloro (ppm)	2.47	0.94	0.86	0.69		
		pH	8.31	7.91	7.84	7.58		
		Turbidez (UNT)	4.2	3.7	3.6	3.1		

	3°	12	Sábado	Cloro (ppm)	2.22	0.86	0.71	0.62
				pH	8.14	7.78	7.52	7.35
				Turbidez (UNT)	3.8	3.3	2.9	2.5
		13	Domingo	Cloro (ppm)	2.34	0.91	0.86	0.74
				pH	8.11	7.71	7.48	7.22
				Turbidez (UNT)	3.6	3.1	2.7	2.2
	14	Lunes	Cloro (ppm)	2.32	0.83	0.74	0.64	
			pH	8.32	7.82	7.56	7.31	
			Turbidez (UNT)	4.1	3.5	3.2	2.9	
	15	Martes	Cloro (ppm)	2.41	0.87	0.77	0.66	
			pH	8.05	7.52	7.32	7.21	
			Turbidez (UNT)	3.8	3.3	3	2.7	
	16	Miércoles	Cloro (ppm)	2.43	0.9	0.83	0.69	
			pH	8.19	7.67	7.52	7.31	
			Turbidez (UNT)	4	3.5	3.2	2.9	
	17	Jueves	Cloro (ppm)	2.41	0.86	0.72	0.61	
			pH	8.28	7.7	7.49	7.27	
			Turbidez (UNT)	3.8	3.3	3	2.7	
	18	Viernes	Cloro (ppm)	2.3	0.82	0.7	0.62	
			pH	8.02	7.44	7.18	7.09	
			Turbidez (UNT)	3.1	2.5	2.3	2.1	
	19	Sábado	Cloro (ppm)	2.42	0.85	0.75	0.64	
			pH	8.21	7.67	7.59	7.31	
			Turbidez (UNT)	3.5	3.1	3.1	2.7	
	20	Domingo	Cloro (ppm)	2.38	0.88	0.73	0.63	
			pH	8.00	7.39	7.20	7.03	
			Turbidez (UNT)	3.3	2.8	2.4	2.2	
	4°	21	Lunes	Cloro (ppm)	2.41	0.85	0.71	0.62
				pH	8.34	7.82	7.71	7.41
				Turbidez (UNT)	4	3.5	3	2.7
22		Martes	Cloro (ppm)	2.34	0.81	0.76	0.64	
			pH	8.38	7.89	7.82	7.64	
			Turbidez (UNT)	3.7	3.1	2.8	2.5	
23		Miércoles	Cloro (ppm)	2.36	0.84	0.72	0.63	
			pH	8.25	7.75	7.45	7.35	
			Turbidez (UNT)	3.9	3.4	3.1	2.7	
24		Jueves	Cloro (ppm)	2.37	0.86	0.78	0.68	
			pH	8.34	7.88	7.82	7.63	
			Turbidez (UNT)	3.9	3.4	3	2.6	
25		Viernes	Cloro (ppm)	2.35	0.83	0.76	0.63	
			pH	8.19	7.73	7.46	7.25	
			Turbidez (UNT)	3.6	3.1	2.8	2.5	
26		Sábado	Cloro (ppm)	2.3	0.8	0.69	0.58	
			pH	8.22	7.79	7.64	7.44	
			Turbidez (UNT)	3	2.3	2	1.8	
27	Domingo	Cloro (ppm)	2.32	0.79	0.72	0.63		

	5			pH	8.14	7.62	7.33	7.05	
				Turbidez (UNT)	3.6	3.0	2.5	2.2	
		28	Lunes	Cloro (ppm)	2.36	0.85	0.73	0.65	
				pH	8.36	7.89	7.79	7.53	
		29	Martes	Turbidez (UNT)	3.9	3.4	3	2.7	
				Cloro (ppm)	2.34	0.82	0.7	0.62	
				pH	8.23	7.74	7.45	7.28	
		30	Miércoles	Turbidez (UNT)	4	3.5	3.2	3	
				Cloro (ppm)	2.21	0.76	0.64	0.52	
				pH	8.29	7.79	7.69	7.52	
		31	Jueves	Turbidez (UNT)	3.3	2.6	2.2	1.8	
				Cloro (ppm)	2.26	0.81	0.76	0.62	
				pH	8.09	7.57	7.4	7.13	
					Turbidez (UNT)	3.6	2.9	2.4	2.1

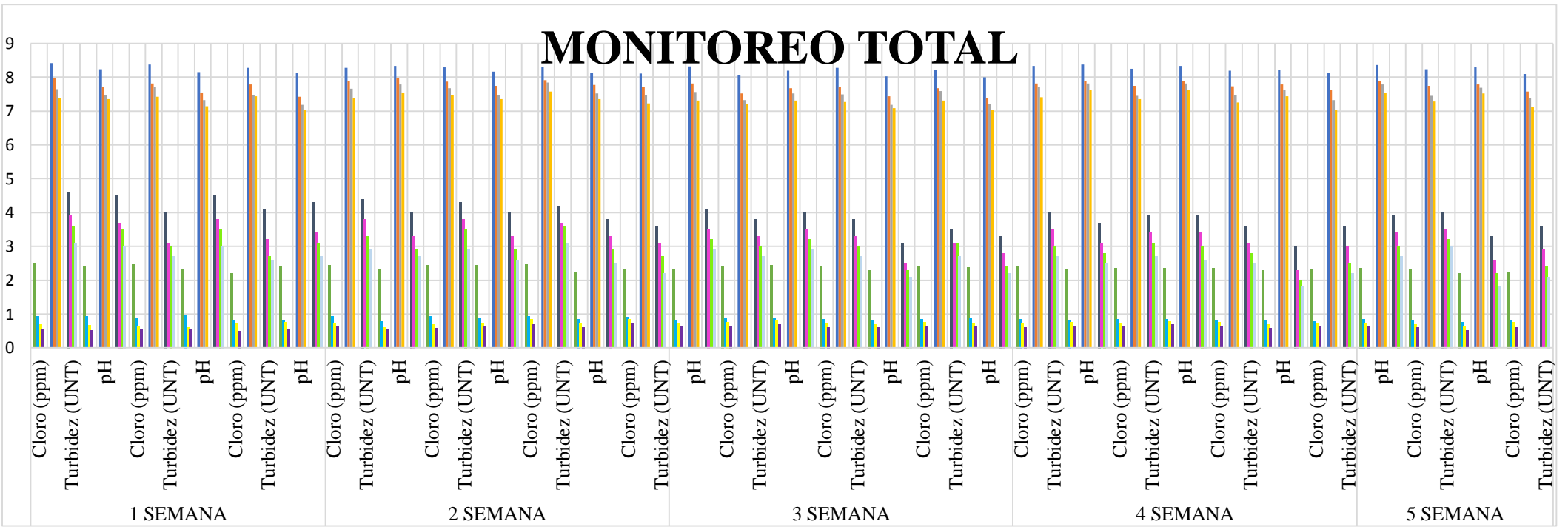


Figura N° 7. Monitoreos realizados durante el tiempo programado en el trabajo de investigación

Tabla 6. Medición de cloro residual

CAUCHAMAYO			PUNTOS DE MUESTREO			GRÁFICO
SEMANAS	DÍAS	Reservorio	1° casa	2° casa	3° casa	
1°	Martes	2.5	0.93	0.68	0.53	
	Miércoles	2.42	0.93	0.67	0.51	
	Jueves	2.46	0.87	0.65	0.56	
	Viernes	2.34	0.97	0.6	0.55	
	Sábado	2.2	0.82	0.71	0.51	
	Domingo	2.42	0.82	0.75	0.53	
	2°	Lunes	2.43	0.93	0.71	
Martes		2.34	0.79	0.62	0.54	
Miércoles		2.43	0.92	0.68	0.57	
Jueves		2.45	0.87	0.72	0.64	
Viernes		2.47	0.94	0.86	0.69	
Sábado		2.22	0.86	0.71	0.62	
Domingo		2.34	0.91	0.86	0.74	
3°	Lunes	2.32	0.83	0.74	0.64	
	Martes	2.41	0.87	0.77	0.66	
	Miércoles	2.43	0.9	0.83	0.69	
	Jueves	2.41	0.86	0.72	0.61	
	Viernes	2.3	0.82	0.7	0.62	
	Sábado	2.42	0.85	0.75	0.64	
	Domingo	2.38	0.88	0.73	0.63	
4°	Lunes	2.42	0.85	0.71	0.62	
	Martes	2.27	0.81	0.76	0.64	
	Miércoles	2.32	0.84	0.72	0.63	
	Jueves	2.37	0.86	0.78	0.68	
	Viernes	2.35	0.83	0.76	0.63	
	Sábado	2.25	0.8	0.69	0.58	
	Domingo	2.32	0.79	0.72	0.63	
5°	Lunes	2.36	0.85	0.73	0.65	
	Martes	2.34	0.82	0.7	0.62	
	Miércoles	2.21	0.76	0.64	0.52	
	Jueves	2.26	0.81	0.76	0.62	

Tabla 7. Medición de pH

CAUCHAMAYO		PUNTOS DE MONITOREO			
SEMANAS	DÍAS	Reservorio	1° casa	2° casa	3° casa
1°	Martes	8.42	7.98	7.65	7.38
	Miércoles	8.23	7.71	7.48	7.35
	Jueves	8.38	7.81	7.71	7.42
	Viernes	8.15	7.55	7.32	7.14
	Sábado	8.28	7.79	7.47	7.43
	Domingo	8.13	7.42	7.18	7.05
	2°	lunes	8.28	7.88	7.66
Martes		8.34	7.98	7.79	7.55
Miércoles		8.29	7.87	7.67	7.48
Jueves		8.16	7.75	7.48	7.35
Viernes		8.31	7.91	7.84	7.58
Sábado		8.14	7.78	7.52	7.35
Domingo		8.11	7.71	7.48	7.22
3°	lunes	8.32	7.82	7.56	7.31
	Martes	8.05	7.52	7.32	7.21
	Miércoles	8.19	7.67	7.52	7.31
	Jueves	8.28	7.7	7.49	7.27
	Viernes	8.02	7.44	7.18	7.09
	Sábado	8.21	7.67	7.59	7.31
	Domingo	8.00	7.39	7.20	7.03
4°	lunes	8.34	7.82	7.71	7.41
	Martes	8.38	7.89	7.82	7.64
	Miércoles	8.25	7.75	7.45	7.35
	Jueves	8.34	7.88	7.82	7.63
	Viernes	8.19	7.73	7.46	7.25
	Sábado	8.22	7.79	7.64	7.44
	Domingo	8.14	7.62	7.33	7.05
5°	lunes	8.36	7.89	7.79	7.53
	Martes	8.23	7.74	7.45	7.28
	Miércoles	8.29	7.79	7.69	7.52
	Jueves	8.09	7.57	7.4	7.13

Tabla 8. Datos de turbiedad

CAUCHAMAYO		PUNTOS DE MONITOREO				
SEMANAS	DÍAS	Reservorio	1° casa	2° casa	3° casa	
MEDICIÓN DE TURBIEDAD	1°	Martes	4.6	3.9	3.6	3.1
		Miércoles	4.5	3.7	3.5	3
		Jueves	4	3.1	3	2.7
		Viernes	4.5	3.8	3.5	3
		Sábado	4.1	3.2	2.7	2.6
		Domingo	4.3	3.4	3.1	2.7
		2°	lunes	4.4	3.8	3.3
	Martes		4	3.3	2.9	2.7
	Miércoles		4.3	3.8	3.5	2.9
	Jueves		4	3.3	2.9	2.6
	Viernes		4.2	3.7	3.6	3.1
	Sábado		3.8	3.3	2.9	2.5
	Domingo		3.6	3.1	2.7	2.2
	3°	lunes	4.1	3.5	3.2	2.9
		Martes	3.8	3.3	3	2.7
		Miércoles	4	3.5	3.2	2.9
		Jueves	3.8	3.3	3	2.7
		Viernes	3.1	2.5	2.3	2.1
		Sábado	3.5	3.1	3.1	2.7
		Domingo	3.3	2.8	2.4	2.2
	4°	lunes	4	3.5	3	2.7
		Martes	3.7	3.1	2.8	2.5
		Miércoles	3.9	3.4	3.1	2.7
		Jueves	3.9	3.4	3	2.6
		Viernes	3.6	3.1	2.8	2.5
		Sábado	3	2.3	2	1.8
		Domingo	3.6	3.0	2.5	2.2
	5°	lunes	3.9	3.4	3	2.7
Martes		4	3.5	3.2	3	
Miércoles		3.3	2.6	2.2	1.8	
Jueves		3.6	2.9	2.4	2.1	

8.2. Panel fotográfico



Figura N° 8. Captación del agua de Cauchamayo



Figura N° 9. Reservorio del agua de Caucha



Figura N° 10. Construcción de caseta de protección para el sistema de cloración



Figura N° 11. Balde de solución madre



Figura N° 12. Tubería para llenado del balde



Figura N° 13. Control del nivel estático del reservorio



Figura N° 14. En coordinación con la JASS se coordinó para realizar la limpieza del reservorio



Figura N° 15. Limpieza interior del reservorio



Figura N° 16. Reuniones con los pobladores de Cauchamayo



Figura N° 17. Pesado de hipoclorito de sodio



Figura N° 18. Preparación de la solución clorada para el sistema de goteo



Figura N° 19. Medición de cloro residual en los puntos de monitoreo



Figura N° 20. Obtención del cloro residual

8.3. Formatos de registro de datos para evaluar la eficiencia del sistema de cloración por goteo



REGISTRO DE MONITOREO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

SISTEMA DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD/BOMBEO SIN/CON PLANTA DE TRATAMIENTO (Subrayar tipo de sistema)

N° 00100

JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE: CAU CHAHAYO
 LOCALIDAD: _____ DISTRITO: CELEN DIN PROVINCIA: CELEN DIN DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
 N° de familias en la comunidad: _____ N° de familias que acceden al servicio: _____
 Caudal de Ingreso a Reservorio (Q): _____ (Litros/Seg.) MES: _____ AÑO: _____

DÍA	FECHA	RECARGA		LECTURAS DE PARAMETROS/TOMA DE PUNTOS					OBSERVACIONES	FIRMA
		SOLUCIÓN MADRE Cloro Gramos	Agua Litros	Unidades/ Medida	Reservorio	1° CASA	2° CASA	3° CASA		
MARTES	1		50	Cloro (ppm)	2.5	0.93	0.68	0.53		[Firma]
				pH	8.42	7.98	7.65	7.38		
				Turbidez (UNT)	4.6	3.9	3.6	3.1		
MIERCOLES	2			Cloro (ppm)	2.42	0.93	0.67	0.51		[Firma]
				pH	8.23	7.71	7.98	7.35		
				Turbidez (UNT)	4.5	3.7	3.5	3.0		
JUEVES	3			Cloro (ppm)	2.46	0.87	0.65	0.56		[Firma]
				pH	8.38	7.81	7.71	7.42		
				Turbidez (UNT)	4.0	3.1	3.0	2.7		
VIERNES	4			Cloro (ppm)	2.34	0.97	0.6	0.55		[Firma]
				pH	8.15	7.55	7.32	7.14		
				Turbidez (UNT)	4.5	3.8	3.5	3		
SABADO	5			Cloro (ppm)	2.2	0.82	0.71	0.5		[Firma]
				pH	8.28	7.79	7.47	7.43		
				Turbidez (UNT)	4.1	3.2	2.7	2.6		
DOMINGO	6			Cloro (ppm)	2.42	0.82	0.75	0.53		[Firma]
				pH	8.13	7.42	7.18	7.05		
				Turbidez (UNT)	4.3	3.7	3.1	2.7		
LUNES	7			Cloro (ppm)	2.43	0.93	0.71	0.64		[Firma]
				pH	8.28	7.88	7.66	7.39		
				Turbidez (UNT)	4.4	3.8	3.3	2.9		
MARTES	8			Cloro (ppm)	2.34	0.79	0.62	0.54		[Firma]
				pH	8.34	7.98	7.79	7.55		
				Turbidez (UNT)	4.0	3.3	2.9	2.7		
MIERCOLES	9			Cloro (ppm)	2.43	0.92	0.68	0.57		[Firma]
				pH	8.29	7.87	7.67	7.48		
				Turbidez (UNT)	4.3	3.8	3.5	2.9		
JUEVES	10			Cloro (ppm)	2.45	0.87	0.72	0.64		[Firma]
				pH	8.16	7.75	7.48	7.35		
				Turbidez (UNT)	4.0	3.3	2.9	2.6		
VIERNES	11			Cloro (ppm)	2.47	0.94	0.86	0.69		[Firma]
				pH	8.31	7.91	7.84	7.58		
				Turbidez (UNT)	4.2	3.7	3.6	3.1		
SABADO	12			Cloro (ppm)	2.22	0.86	0.71	0.62		[Firma]
				pH	8.14	7.78	7.52	7.35		
				Turbidez (UNT)	3.8	3.3	2.9	2.5		
DOMINGO	13			Cloro (ppm)	2.34	0.91	0.86	0.74		[Firma]
				pH	8.11	7.71	7.48	7.22		
				Turbidez (UNT)	3.6	3.1	2.7	2.2		
LUNES	14			Cloro (ppm)	2.32	0.83	0.74	0.64		[Firma]
				pH	8.32	7.82	7.56	7.31		
				Turbidez (UNT)	4.1	3.5	3.2	2.9		
MARTES	15			Cloro (ppm)	2.41	0.87	0.77	0.66		[Firma]
				pH	8.05	7.52	7.32	7.21		
				Turbidez (UNT)	3.8	3.3	3.0	2.7		
MIERCOLES	16			Cloro (ppm)	2.43	0.9	0.83	0.69		[Firma]
				pH	8.19	7.67	7.52	7.31		
				Turbidez (UNT)	4.0	3.5	3.2	2.9		

Responsable: RODRIGO MUÑOZ MORALES  VºBº Sector Salud. _____
 Nombre y Apellido: _____ Firma: _____ Nombre y Apellidos: _____ Firma: _____
 Fiscal JASS: Marcial Morán  VºBº Área Técnica de Saneamiento. _____
 Nombre y Apellido: _____ Firma: _____ Nombre y Apellidos: _____ Firma: _____



REGISTRO DE MONITOREO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

SISTEMA DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD/BOMBEO SIN/CON PLANTA DE TRATAMIENTO (Subrayar tipo de sistema)

N° 00101

JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE: CAUCHAYAYO PROVINCIA: CELENDÍN DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
 LOCALIDAD: _____ DISTRITO: CELENDÍN N° de familias que acceden al servicio: _____
 Caudal de Ingreso a Reservorio (Q): _____ (Litros/Seg.) MES: _____ AÑO: _____

DÍA	FECHA	RECARGA		LECTURAS DE PARÁMETROS/TOMA DE PUNTOS				OBSERVACIONES	FIRMA
		SOLUCIÓN MADRE		Unidades/ Medida	Reservorio	1° CASA	2° CASA		
		Cloro Gramos	Agua Litros						
JUEVES	17			Cloro (ppm)	2.41	0.86	0.72	0.61	<i>[Firma]</i>
				pH	8.28	7.7	7.49	7.27	
				Turbidez (UNT)	3.8	3.3	3.0	2.7	
VIERNES	18			Cloro (ppm)	2.3	0.82	0.7	0.62	<i>[Firma]</i>
				pH	8.02	7.44	7.18	7.09	
				Turbidez (UNT)	3.1	2.5	2.3	2.1	
SÁBADO	19			Cloro (ppm)	2.42	0.85	0.75	0.64	<i>[Firma]</i>
				pH	8.21	7.67	7.59	7.31	
				Turbidez (UNT)	3.5	3.1	3.1	2.7	
DOMINGO	20			Cloro (ppm)	2.38	0.88	0.73	0.63	<i>[Firma]</i>
				pH	8.00	7.39	7.20	7.03	
				Turbidez (UNT)	3.3	2.8	2.4	2.2	
LUNES	21			Cloro (ppm)	2.41	0.85	0.71	0.62	<i>[Firma]</i>
				pH	8.34	7.82	7.71	7.44	
				Turbidez (UNT)	4.0	3.5	3.0	2.7	
MARTES	22			Cloro (ppm)	2.34	0.81	0.76	0.64	<i>[Firma]</i>
				pH	8.38	7.89	7.82	7.64	
				Turbidez (UNT)	3.7	3.1	2.8	2.5	
MIÉRCOLES	23			Cloro (ppm)	2.36	0.84	0.72	0.63	<i>[Firma]</i>
				pH	8.25	7.75	7.45	7.35	
				Turbidez (UNT)	3.9	3.4	3.1	2.7	
JUEVES	24			Cloro (ppm)	2.37	0.86	0.78	0.68	<i>[Firma]</i>
				pH	8.34	7.88	7.82	7.63	
				Turbidez (UNT)	3.9	3.4	3.0	2.6	
VIERNES	25			Cloro (ppm)	2.35	0.83	0.76	0.63	<i>[Firma]</i>
				pH	8.14	7.73	7.46	7.25	
				Turbidez (UNT)	3.6	3.1	2.8	2.5	
SÁBADO	26			Cloro (ppm)	2.30	0.8	0.69	0.58	<i>[Firma]</i>
				pH	8.22	7.79	7.67	7.44	
				Turbidez (UNT)	3.0	2.3	2.0	1.8	
DOMINGO	27			Cloro (ppm)	2.32	0.79	0.72	0.63	<i>[Firma]</i>
				pH	8.14	7.62	7.33	7.05	
				Turbidez (UNT)	3.6	3.0	2.5	2.2	
LUNES	28			Cloro (ppm)	2.36	0.85	0.73	0.65	<i>[Firma]</i>
				pH	8.36	7.89	7.79	7.53	
				Turbidez (UNT)	3.9	3.4	3.0	2.7	
MARTES	29			Cloro (ppm)	2.34	0.82	0.70	0.62	<i>[Firma]</i>
				pH	8.23	7.74	7.45	7.28	
				Turbidez (UNT)	4.0	3.5	3.2	3.0	
MIÉRCOLES	30			Cloro (ppm)	2.21	0.76	0.64	0.52	<i>[Firma]</i>
				pH	8.29	7.79	7.69	7.52	
				Turbidez (UNT)	3.3	2.6	2.2	1.8	
JUEVES	31			Cloro (ppm)	2.26	0.81	0.76	0.62	<i>[Firma]</i>
				pH	8.09	7.57	7.40	7.13	
				Turbidez (UNT)	3.6	2.9	2.40	2.10	

Responsable: Rodrigo Muñoz Mendoza *[Firma]* V°B° Sector Salud. _____
 Nombre y Apellidos Firma Nombre y Apellidos Firma

Fiscal JASS: [Firma] *[Firma]* V°B° Área Técnica de Saneamiento. _____
 Nombre y Apellidos Firma Nombre y Apellidos Firma



Figura N° 21. Registro de monitoreo de agua para consumo humano



**ACTA DE CAPACITACIÓN EN GESTIÓN PARTICIPATIVA Y SOSTENIBLE
RELACIONADO A LA CLORACIÓN A LA JUNTA ADMINISTRADORA DE
SERVICIOS DE SANEAMIENTO (JASS)**

En el distrito de: Celendin....., provincia de: Celendin....., región: Cajamarca....., a los 22 días del mes de: Febrero....., del 2019., siendo las: 06:30 p.m. horas, se reunieron en la JASS... Cauchamayo....., y los miembros del Consejo Directivo y su presidente de la JASS, Sr (a), Marcial Marin Chavez....., identificado con D.N.I. N°: 27.04.35.27..... y con domicilio legal en: Casero Poyunte..... y el responsable de la capacitación identificado con D.N.I. N°: 42.8.20.949....., a la Junta Administradora de Servicio y Saneamiento de Cauchamayo y a los usuarios de dicha comunidad en los temas siguientes:

- Tema 01: Importancia de los sistemas de cloración
- Tema 02: Beneficios del sistema de cloración por goteo
- Tema 03: Cuidado de los recursos hídricos.
- Tema 04: Mantenimiento del sistema de agua. - JASS Cauchamayo.

Los presentes se comprometen a cumplir las especificaciones hechas en el taller de capacitación para una gestión participativa y sostenible relacionado a la cloración para mejorar calidad de vida de la comunidad.

Para mayor constancia firman la presente; habiendo desarrollado los temas se da por terminada dicha capacitación, siendo las: 7:30 de la: tarde del mismo día.





ACTA DE ENTREGA Y COMPROMISO DE UN SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO A LA JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO (JASS)

Sr: MARCIAL MARIN CHAVEZ

Siendo las: 9:25 am horas a lo días 08, del mes de: MARZO, del 2019, en el Distrito de CELENDÍN, Provincia de: CELENDÍN, Región de: CAJAMARCA, y en el Caserío de: CAUCHAMAYO, se reunieron, el responsable de la implementación del sistema de cloración por goteo el Sr. RODRIGO MUÑOZ MENDOZA, identificado con DNI N° 42820949 y el consejo directivo de la Junta Administradora de saneamiento (JASS) "JASS CAUCHAMAYO" y su presidente de la JASS el Sr (a), MARCIAL MARIN CHAVEZ, identificado con D.N.I. N°: 27043537 con domicilio legal en: CASERIO POYUNTE para hacer la entrega de una caseta al presidente de la JASS, el cual esta implementado con un sistema de cloración por goteo, de tal manera que al culminar la investigación ellos sigan monitoreando, evaluando y mejorando el sistema de cloración por goteo.

Finalmente siendo las 9:28 de la MAÑANA del mismo día, se procede a firmar la presente acta de compromiso y conformidad de la misma, en el lugar, día, mes del mismo año..



Marcial Marin Chavez

Figura N° 24. Acta de compromiso y entrega del sistema de cloración por goteo a la junta administrativa – Cauchamayo.