

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA ELIMINACIÓN
BACTERIANA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO
SUPTE SAN JORGE, 2023**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

MERILLEY MISHHELL PAREDES PICON

Tingo María – Perú

2023



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 005-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 28 de diciembre de 2023, a horas 11:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA ELIMINACIÓN BACTERIANA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO SUPTE SAN JORGE, 2023”

Presentado por el Bachiller: **PAREDES PICON, MERILLEY MISHHELL** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 17 de enero de 2024

Mcblgo. M. Sc. LUIS ALBERTO SANCHEZ ROMERO
PRESIDENTE

Blgo. M. Sc. CESAR AUGUSTO GOZME SULCA
MIEMBRO

Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO
MIEMBRO



Ing. M. Sc. ABBY S. DA CRUZ RODRIGUEZ
ASESOR

Ing. M. Sc. ALBERTO FRANCO CERNA CUEVA
ASESOR

Ing. CAROLYN VERONICA BARDALES TURPO
ASESOR



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 019 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

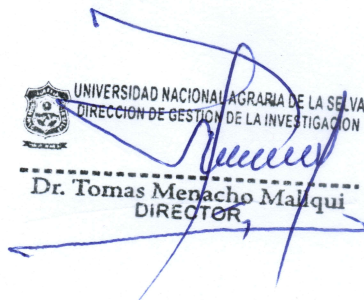
Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

| | | | |
|-------|---|------------------------------------|--|
| Tesis | X | Trabajo de Suficiencia Profesional | |
|-------|---|------------------------------------|--|

| TÍTULO | AUTOR | PORCENTAJE DE SIMILITUD |
|--|-----------------------------------|-------------------------|
| EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA ELIMINACIÓN BACTERIANA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO SUPTE SAN JORGE, 2023 | MERILLEY MISHELL PAREDES PICON | 10 % Diez |

Tingo María, 19 de enero de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA ELIMINACIÓN
BACTERIANA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO
SUPTE SAN JORGE, 2023**

| | |
|--------------------------------------|--|
| Autor | : Bach. Merilley Mishell Paredes Picon |
| Asesor(es) | : Ing. M.Sc. Abby Solange Da Cruz Rodríguez Ing. M.Sc. Alberto Franco Cerna Cueva Ing. Carolyn Verónica Bardales Turpo |
| Programa de investigación | : Tecnología para reducir la contaminación |
| Línea de investigación | : Ciencias y tecnologías Ambientales |
| Eje temático de investigación | : Reducción de la contaminación del agua |
| Lugar de ejecución | : Centro poblado Supte San Jorge |
| Duración del trabajo | : 6 meses |
| Financiamiento | : S/ 5 826,70 |

Tingo María – Perú

2023

DEDICATORIA

*A mi mamá, **Milagritos del Pilar Picón Chung**, por su amor incondicional, por ser el pilar más importante de mi desarrollo personal y profesional. Su ejemplo de perseverancia y dedicación ha sido crucial para alcanzar cada uno de mis sueños y objetivos en esta vida.*

*A mi papá **Manuel Paredes Arce**, por sus palabras de aliento y motivación en cada etapa de mi vida. Su respaldo y consejos que me ha brindado han sido un constante estímulo y motivación para superarme a mí misma.*

*A mi hermanita **Brenda Smiley Paredes Picón** por ser mi mejor amiga, confidente y fuente de fortaleza. Ella es la razón principal que me impulsa a superarme cada día.*

*A mi familia **Bernaldith Chung Silva, Jennifer Yajaira Picón Chung, Marco Ocampo Enrique** y a todas las personas que confiaron en mí y que Dios puso en mi camino para impartirme sus conocimientos y experiencias personales, que me guiaron y contribuyeron en mi crecimiento tanto personal como profesional. Y a mí fiel compañero, **Peluchín**, quien ha estado a mi lado durante todas las noches de desvelo académico, siendo testigo de mi esfuerzo y compromiso.*

AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a **Dios** por otorgarme la vida, por nunca desampararme y ser mi guía constante, orientándome hacia el camino correcto para alcanzar todas mis metas. Por cuidar de mi familia y colmar mi hogar con bendiciones.*

*Extiendo mi reconocimiento a la **Universidad Nacional Agraria de la Selva**, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente, especialmente a la **Facultad de Recursos Naturales Renovables** y a la **Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**, agradezco a sus destacados **docentes** por la enseñanza y la confianza depositada en nosotros por medio de la impartición de sus conocimientos para la consolidación profesional.*

*Agradezco sinceramente a mis asesores **Ing. M.Sc. Franco Alberto Cerna Cueva, Ing. M.Sc. Abby Solange Da Cruz Rodríguez, Ing. Carolyn Verónica Bardales Turpo** por dedicarme su tiempo y esfuerzo en guiarme durante la realización y presentación de mi tesis.*

*A los distinguidos miembros de jurado el **Mcblgo. M.Sc. Luís Alberto Sánchez Romero, Ing. M.Sc. Sandra Lorena Zavala Guerrero, Blgo. M.Sc. César Augusto Gozme Sulca, Dr. Luis Eduardo Oré Cierito**, aprecio su valioso respaldo, orientación y contribución en la asesoría y revisión de mi informe final de tesis.*

*A todas las personas que me han brindado su apoyo a lo largo de mi trayectoria universitaria y durante la elaboración de este trabajo, en especial quiero expresar mi reconocimiento al: **Dr. Víctor Manuel Beteta Alvarado, Rolando Ayala Córdova, Eva Sandoval Rojas, M. Sc. Javier Rodríguez Cruz, Angie Melissa Rojas Sánchez, Angie Nahomi Vega Pizarro, Ever Silva Silva, Jhulinio Saavedra Alcántara, Ashly Lucia Unzueta Diego, Bertolt Rosas Príncipe**, su apoyo ha sido fundamental y valioso en este recorrido.*

ÍNDICE

| | Página |
|---|--------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Objetivos..... | 2 |
| 1.1.1. Objetivo general..... | 2 |
| 1.1.2. Objetivos específicos | 2 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. Estado del arte..... | 3 |
| 2.1.1. Internacionales | 3 |
| 2.1.2. Nacionales..... | 4 |
| 2.2. Marco teórico..... | 8 |
| 2.2.1. Calidad de agua para consumo humano | 8 |
| 2.2.2. Cloración de agua | 8 |
| 2.2.3. Dosis de cloro | 9 |
| 2.2.4. Enfermedades relacionadas con el consumo del agua | 10 |
| 2.2.5. Microorganismos en el agua indicadores de contaminación | 11 |
| 2.2.6. Técnica de filtración por membrana | 12 |
| 2.2.7. Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS)..... | 12 |
| 2.2.8. Elementos de almacenamiento y distribución de agua potable | 13 |
| 2.2.9. Decreto Legislativo N°1280 | 15 |
| 2.2.10. Decreto Supremo N°031-2010-S.A. | 15 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 17 |
| 3.1. Lugar de ejecución..... | 17 |
| 3.1.1. Ubicación política | 17 |
| 3.1.2. Ubicación geográfica | 17 |
| 3.1.3. Clima..... | 18 |
| 3.2. Materiales, equipos e insumos..... | 18 |
| 3.2.1. Materiales..... | 18 |
| 3.2.2. Equipos | 18 |
| 3.2.3. Insumos | 19 |
| 3.3. Criterio de investigación..... | 19 |
| 3.3.1. Tipo de investigación..... | 19 |
| 3.3.2. Nivel de investigación | 19 |

| | |
|--|----|
| 3.3.3. Diseño de investigación | 20 |
| 3.3.4. Variables de investigación | 20 |
| 3.3.5. Operacionalización de variables | 21 |
| 3.3.6. Población y muestra..... | 21 |
| 3.3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 22 |
| 3.3.8. Análisis de datos | 23 |
| 3.4. Metodología..... | 23 |
| 3.4.1. Diagnóstico de la cloración e infraestructura del sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge | 23 |
| 3.4.2. Determinación de la dosis total óptima de cloro para el sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge..... | 23 |
| 3.4.3. Evaluación de la relación de la dosificación de cloro y el cloro libre de la red de distribución del sistema de agua potable..... | 26 |
| 3.4.4. Evaluación de la influencia de la dosificación de cloro en la eliminación de bacterias de la red de distribución del sistema de agua potable..... | 26 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 29 |
| 4.1. Diagnóstico de la cloración e infraestructura del sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge..... | 29 |
| 4.2. Determinación de la dosis total óptima de cloro para el sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge | 31 |
| 4.3. Evaluación de la relación de la dosificación de cloro y el cloro libre de la red de distribución del del sistema de agua potable..... | 33 |
| 4.4. Evaluación de la influencia de la dosificación de cloro en la eliminación de bacterias de la red de distribución del sistema de agua potable | 36 |
| V. CONCLUSIONES..... | 43 |
| VI. PROPUESTAS A FUTURO | 44 |
| VII. REFERENCIAS | 45 |
| ANEXOS..... | 52 |

ÍNDICE DE TABLA

| Tabla | Página |
|--|--------|
| 1. Funciones de directiva de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento... | 12 |
| 2. Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos... | 16 |
| 3. Anexo 3. Límites Máximos Permisibles de Parámetros Inorgánicos | 16 |
| 4. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo | 17 |
| 5. Operatividad de la variable independiente y dependiente | 21 |
| 6. Caracterización del sistema de agua potable | 29 |
| 7. Demanda de Cloro | 31 |
| 8. Valores de cloro total aplicado en el punto de muestreo | 33 |
| 9. Promedio de los valores de cloro libre en puntos de muestreo..... | 34 |
| 10. T-Estudent de cloro libre comparación uno a uno..... | 34 |
| 11. Promedio de la cantidad de bacterias UFC/100ml | 36 |
| 12. T-Estudent porcentaje de eliminación de C. Totales comparación uno a uno..... | 37 |
| 13. T-Estudent porcentaje de eliminación de C. Termotolerantes comparación uno a uno | 38 |
| 14. T-Estudent porcentaje de eliminación de <i>Esherichia coli</i> comparación uno a uno.. | 39 |
| 15. T-Estudent porcentaje de eliminación de B. Heterotróficas comparación uno a uno | 41 |
| 16. Cloro libre en los tratamientos..... | 53 |
| 17. Cantidad de los tipos de bacterias en cada tratamiento | 54 |
| 18. Estado de la captación de Supte San Jorge..... | 55 |
| 19. Estado del reservorio de Supte San Jorge..... | 56 |
| 20. Estado de la red de distribución Supte San Jorge | 57 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Página |
|--|--------|
| 1. Reacción de la curva de la demanda de cloro en el agua..... | 10 |
| 2. Ubicación de los puntos de muestreo en el centro poblado Supte San Jorge..... | 18 |
| 3. Cálculo de cloro teórico, real y práctico..... | 24 |
| 4. Curva de demanda de cloro del sector 2 Supte San Jorge..... | 32 |
| 5. Concentración promedio de cloro libre en los distintos tratamientos..... | 34 |
| 6. Cantidad promedio de coliformes totales..... | 37 |
| 7. Cantidad promedio de Coliformes Termotolerantes..... | 38 |
| 8. Cantidad promedio de <i>Escherichia coli</i> | 39 |
| 9. Cantidad promedio de bacterias Heterotróficas..... | 41 |
| 10. Identificación de la captación del sistema de agua potable..... | 61 |
| 11. Reconocimiento de la estructura de captación..... | 61 |
| 12. Identificación de la estructura de reservorio..... | 62 |
| 13. Reunión con los representantes de JASS del sector 2 Supte San Jorge..... | 62 |
| 14. Encuesta y entrevista a la JASS sobre el estado y mantenimiento del sistema..... | 63 |
| 15. Georreferenciando con GPS los puntos de muestreo..... | 63 |
| 16. Realizando la demanda de cloro del agua cruda del sistema..... | 64 |
| 17. Recolección de muestra en la estructura del reservorio..... | 64 |
| 18. Toma de muestra en el primer punto de muestreo (vivienda inicial)..... | 65 |
| 19. Recolección de muestra del segundo punto (vivienda media)..... | 65 |
| 20. Recolección de muestra en el tercer punto de muestreo (vivienda final)..... | 66 |
| 21. Medición de cloro total en el reservorio..... | 66 |
| 22. Pesando los cuatro agares para realizar el análisis microbiológico..... | 67 |
| 23. Diluyendo los agares de M-Fc Agar Base y M-Endo Agar para bacterias coliformes totales y termotolerantes en el agitador magnético respectivamente..... | 67 |
| 24. Diluyendo los agares Plate Count Agar y Macconkey Agar para bacterias <i>E. coli</i> y Heterotróficas en el autoclave respectivamente..... | 68 |
| 25. Depositando las soluciones disueltas de cada agar en las placas petri..... | 68 |
| 26. Vertiendo 100 ml de muestra de agua en el embudo de filtración del equipo de filtración al vacío..... | 69 |
| 27. Colocando las muestras de coliformes termotolerantes y <i>Escherichia coli</i> en la incubadora a 44.5°C..... | 69 |

| | |
|--|----|
| 28. Depositando las placas Petri con las muestras de bacterias heterotróficas y coliformes totales en la incubadora a 35°C | 70 |
| 29. Contabilizando la cantidad de Unidades Formadora de Colonias de cada bacteria . | 70 |
| 30. Resultado del análisis de coliformes termotolerantes del testigo | 71 |
| 31. Resultado de análisis de coliformes termotolerantes con la dosis óptima..... | 71 |
| 32. Análisis microbiológico de coliformes totales del testigo | 72 |
| 33. Análisis microbiológico de coliformes totales de la dosis óptima | 72 |
| 34. Resultado de análisis de bacterias heterotróficas del testigo | 73 |
| 35. Resultado del análisis de bacterias Heterotróficas de la dosis óptima..... | 73 |
| 36. Análisis microbiológico de <i>Escherichia coli</i> del testigo | 74 |
| 37. Análisis microbiológico de <i>Escherichia coli</i> de la dosis óptima..... | 74 |
| 38. Medición final de cloro libre en la red de distribución..... | 75 |
| 39. Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo | 76 |

RESUMEN

En la presente investigación se propuso como objetivo evaluar el efecto de la dosificación de cloro en la eliminación bacteriana del sistema de agua potable del sector 2 del centro poblado de Supte San Jorge 2023. Para ello, se identificaron tres puntos de monitoreo a lo largo de la red de distribución, establecidos de acuerdo a la distancia que tienen desde el reservorio: cerca, media y final, en ellas se evaluaron los parámetros de cloro libre y bacterias; entre ellas a las coliformes totales, termotolerantes, heterotróficas y *Escherichia coli*, durante los meses de mayo a octubre.

Para el monitoreo del cloro libre se tomó 10 ml de agua de cada punto de muestreo, para ser reaccionado mediante la adición del reactivo DPD, luego se procedió a medirlo en el equipo colorímetro HANNA HI701. Para los análisis microbiológicos se recolectó 100 ml de agua de cada punto de monitoreo y se trasladó al laboratorio de calidad de agua para ser analizadas mediante el método de filtración por membrana. El recuento fue realizado en unidades formadoras de colonias.

El mayor porcentaje de eliminación de bacterias se evidenció al aplicar el tratamiento que corresponde a la dosis total óptima de cloro calculada en laboratorio, puesto que, logra eliminar más del 99% de las bacterias existentes en el todo el sistema del agua potable; además, es el único tratamiento que presentó eficientes valores de cloro libre en todos los puntos monitoreados, siendo el más bajo con una concentración de cloro libre de 0,58 ppm.

Palabras clave: dosificación, cloro total, cloro libre, bacterias, sistema de agua potable

An Evaluation of Chlorine Dosage for the Elimination of Bacteria in the Potable Water System in the Town of Supte San Jorge During 2023

ABSTRACT

In the current research, the objective that was proposed was to evaluate the effect of the chlorine dosage on the elimination of bacteria in the potable water system for sector 2 in the town of Supte San Jorge [during] 2023. To do this, the monitoring points were identified throughout the distribution network; established according to the distance that they had from the reservoir: close, middle, and end. From them, the free chlorine and bacterial parameters were evaluated during the months from May to October, including the total coliforms, thermotolerant, heterotrophic, and *Escherichia coli*.

To monitor the free chlorine, 10 ml of water was taken from each sampling point in order to be reconditioned through the addition of reactive DPD; later, measurements were taken with the HANNA HI701 chlorimeter equipment. For the microbiological analysis, 100 ml of water was collected from each monitoring point and taken to the water quality laboratory to be analyzed using the membrane filtration method. The count was done in colony forming units.

The greatest percentage of bacteria elimination was seen when the treatment corresponding to the optimal total dose of chlorine calculated in the laboratory was applied, given that it achieved an elimination of more than 99% of the bacteria that existed in the whole potable water system. Moreover, it was the only treatment which presented efficient values of free chlorine at all of the monitoring points, with the lowest being a free chlorine concentration of 0,58 ppm.

Keywords: dosage, total chlorine, free chlorine, bacteria, potable water system

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de diagnóstico de abastecimiento de agua y saneamiento (DATASS), es una aplicación que proporciona información sobre la calidad de agua que brindan los sistemas de zonas rurales, en ella registra que los sistemas de agua potable presentan niveles críticamente bajos de cloro libre o residual en su mayoría. Indicando que el 0,22% de estos sistemas cuentan con niveles adecuados de cloro residual, mientras que aproximadamente 38,99% carece por completo de cloro. Esta situación tiene graves implicaciones para la salud pública, debido que a la baja dosificación de cloro quedan bacterias, las cuales producen enfermedades gastrointestinales que pueden llegar a producir la muerte.

Las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) desempeñan un papel crucial en las áreas rurales, al asegurar que el agua, que ha pasado por un proceso de potabilización a través de un sistema de agua potable, cumpla con los estándares normativos de calidad, encargándose de la sostenibilidad y mantenimiento continuo del servicio. Sin embargo, el principal inconveniente asociado con la deficiente cloración y, por consiguiente, la insuficiente eliminación de bacterias, es resultado de que los miembros que conforman las JASS, en su mayoría, carecen de un conocimiento eficiente sobre los procedimientos y las dosis apropiadas para la cloración, así como para el mantenimiento requerido por el sistema. Para lograr una desinfección efectiva, es crucial que la concentración mínima de cloro libre en redes de distribución se mantenga por encima de 0,5 ppm.

Frente a estos problemas se plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo afecta la dosificación de cloro en la eliminación bacteriana del sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge?

Hipótesis

La dosificación de cloro elimina más del 99% de las bacterias del sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la dosificación de cloro en la eliminación bacteriana del sistema de agua potable del centro poblado de Supte San Jorge 2023.

1.1.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de la cloración e infraestructura del sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge.
- Determinar la dosis total óptima de cloro para dosificar el sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge.
- Evaluar la relación de la dosificación de cloro y el cloro libre de la red de distribución del sistema de agua potable.
- Evaluar la influencia de la dosificación de cloro en la eliminación de bacterias de la red de distribución del sistema de agua potable.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estado del arte

2.1.1. Internacionales

En la investigación de Solomon et al. (2020), se examinó la eficacia de la desinfección del agua potable mediante la cloración en las viviendas ubicadas en el zonal rural de Dire Dawa con el objetivo de reducir los casos de afecciones estomacales y diarreicas en personas menores de 5 años. Los hogares intervenidos recibieron hipoclorito de sodio al 1,2%. Las viviendas participantes del control continuaron con sus hábitos habituales de recolección y almacenamiento de agua. Se documentaron 446 casos de diarrea, Se observó una reducción del 36%. Las reducciones más altas y más bajas se obtuvieron en los niños menores de 3 años (42,7%) y de 3 - 4 años (30,4%). La cloración del agua domiciliaria empleando lejía redujo considerablemente los episodios de diarrea. Por lo tanto, la cloración del agua potable domiciliaria puede ser una solución provisional valiosa para reducir la incidencia de enfermedades diarreicas hasta que el esta pueda ser accesible para gran parte de la población en la administración de Dire Dawa y otras comunidades etíopes.

García Ávila (2019) en su investigación titulada Modelación del decaimiento de cloro residual en el sistema de abastecimiento de agua potabilizada en Azogues-Ecuador, tuvo como objetivo que sus redes distribuidoras de agua potable se mantengan en concentraciones de cloro mínimas de 0,3mg/L. Elaborando un modelo hidráulico validado, se procedió a determinar la constante K_b , que representa la reactividad con el agua y, la constante K_w , que indica la reactividad con la superficie interna del tubo. Los valores simulados de cloro residual fueron bastante similares a los reales obtenidos en los distintos puntos de la red. Concluyendo que se puede conseguir una mayor precisión utilizando los coeficientes k_w y k_b . La simulación determinó la cloración que se debe mantener en el tanque de almacenaje, para tener la certeza de un valor de concentración adecuado en la red de distribución. Este modelo predice el estado en que se encuentra la calidad del agua, pudiendo ser muy efectiva como herramienta de gestión para su optimización.

Geremew et al. (2018) llevó a cabo un estudio transversal comparativo entre hogares urbanos y rurales con infantes menores de cinco años en el sitio de Vigilancia Demográfica y de Salud de Kersa, en el este de Etiopía, de junio a agosto de 2016. Se recopilaban datos de un cuidador de hogares seleccionados sistemáticamente y se analizaron

utilizando logística multivariable. regresión. Se incluyeron en el análisis un total de 1 912 hogares con una tasa de respuesta del 96,5%. En las áreas rurales, el 4,6 % de los cuidadores supuestamente cloraban el agua en el punto de uso y 1,2% fueron confirmados con cloro residual libre. En las áreas urbanas el 17,1 % de los cuidadores estaban clorando el agua y se confirmó que el 6,6 % tenía cloro residual libre. En dos entornos, la cloración del agua en el punto de uso de los cuidadores se asoció con el sabor del cloro y la percepción de la calidad del agua. La inaccesibilidad a los productos de tratamiento en áreas rurales y el uso de agua embotellada en áreas urbanas fueron algunas de las razones para discontinuar la cloración del agua en el punto de uso.

2.1.2. Nacionales

Paredes Sotomayor (2022) en su investigación titulada Impactos de los sistemas de cloración mediante goteo en los niveles de cloro libre presentes en el agua en zona rural, que se clasifica como una investigación aplicada, explicativa y cuasi experimental, el autor examinó las consecuencias de la aplicación del sistema de cloración por goteo en la presencia de cloro residual en el abastecimiento de agua. Empleando un muestreo no probabilístico en ubicaciones cercanas al reservorio, vivienda intermedia y la última vivienda de la red, se buscó determinar la eficacia de este sistema y sus variaciones en relación con los puntos de monitoreo. Los resultados indicaron que la cantidad de cloro libre varía según la ubicación del punto de cloración, siendo la concentración más notable en la vivienda más cercana al reservorio. y con menor concentración en la vivienda que se encuentra más lejos del reservorio, al final de la red de distribución.

En la tesis de Anacleto Salinas (2021), se llevó a cabo una evaluación del Plan Operativo Institucional del ATM. En este contexto, la Municipalidad Distrital de Pampas buscó optimizar la eficiencia y calidad del servicio proporcionado en el ámbito de agua y saneamiento., estableciendo la creación de las organizaciones comunales, denominadas JASS, y fortaleciendo las capacidades de la misma, para promover su asistencia técnica sostenible, para crear en cada organización comportamientos sanitarios saludables que se rijan en el correcto control del agua de calidad, garantizando su ingesta con una correcta cloración. Se llevó a cabo la restauración de cuatro sistemas de agua potable y, gracias al fortalecimiento en cuanto a la importancia que tiene clorar el agua y a la enseñanza de las dosis adecuadas para clorar el agua del sistema, se logró la autogestión eficiente del servicio, así como una correcta implementación del kit de herramientas básicas para solucionar cualquier problema de avería

que tengan las tuberías. Se logró incrementando la calidad de agua en los cuatro sistemas de potabilización.

Núñez-Figueroa & Gonzales-Vasquez (2021) en su investigación titulada Eficiencia en el proceso de cloración para eliminar los coliformes fecales de la PTAP de Santa Rosa - Chota, se establecieron dos puntos de muestreo, al ingreso y a la salida de la PTAP, realizándose cinco muestreos de agua en época de precipitaciones y cinco en estiaje. Como desinfectante del proceso se utilizó hipoclorito de calcio al 68% con un sistema de cloración autocompensante, cuya dosis de solución fue de 4kg por 600L de agua. Los resultados de los 10 análisis realizados señalan la existencia de coliformes fecales-termotolerantes existentes en el agua sin clorar, cruda, en ambas épocas, de avenida y estiaje, observándose un incremento del 12,75% de coliformes en el estiaje, debiéndose al incremento de sólidos suspendidos originados por la disminución del caudal de ingreso de agua; sin embargo, a la salida de la PTAP, y en ambas épocas, se obtuvo un valor de cero, concluyendo que en el proceso de cloración eliminó al 100% a los coliformes termotolerantes, cumpliendo con el valor máximos permisibles para la ingesta humano.

Huayllani Laurente & Zevallos Salvatierra (2021) en su estudio que lleva por título Relación entre el cloro total y residual del sistema de agua potable - Huancavelica, se determinaron la dosis óptima de cloro que debe ser utilizada durante su tratamiento de aguas, evaluando los factores influyentes como el caudal, pH y turbiedad, presentó una población de estudio estuvo conformada por nueve sectores suministrados por cada PTAP correspondiente, de las cuales se realizaron comparaciones entre sus dosificaciones y cloro libre, con dosis de cloración en intervalos de 1,35 mg/L a 2,00 mg/L, obteniendo en todos los puntos valores de dosis adecuadas ya que se obtuvo valores de cloro libre que cumplen reglamentariamente por el D.S. N° 031-2010 S.A. reglamento de calidad del agua apta de consumo, con un valor de 0,50 mg/L; sin embargo, se concluye de la inexistencia significativa de que la dosis total de cloro se relacione con el cloro libre.

Perales Dominguez (2020), en su investigación titulada Cálculo de la dosis óptima total de cloro con relación al cloro libre en el proceso de tratamiento del agua en la urbanización Santa Lucía, distrito de Morales, realizó dos ensayo de laboratorio para determinar la demanda de cloro que presenta el sistema, obteniendo demandas de cloro de 1,55 y 1,78 mg/L y dosis óptimas valorizadas en 2,7 mg/L y 3,0 mg/L respectivamente, esto aplicando a su sistema, se concluyó que cualquiera de los resultados sirven para suplir y eliminar de manera

total a los agentes patógenos como los microorganismos bacterianos coliformes totales y *Escherichia coli*.

La investigación de Siesquen Carrillo (2019) fue desarrollada con el fin de poder compartir los conocimientos aplicados en el palacio distrital municipal de Túcume, área técnica municipal de saneamiento rural, trabajando con un total de 44 centros poblados, de los cuales se realizaron sus fichas de diagnóstico y así conocer la situación en la que se encuentran el sistema como también para realizar una evaluación de mejoramiento para cumplir con un óptimo funcionamiento en cuanto a operación y mantenimiento, resalta la importancia de capacitar al operador para que cumpla con el funcionamiento responsable de saneamiento del sistema, incluyendo su limpieza y desinfección. Además, realizan mantenimientos preventivos al sistema de agua, lo cual ayuda a incrementar su tiempo de vida útil haciéndolo sostenible en el tiempo, garantizando también el no generar mantenimiento correctivo, por tanto, no se generarán gastos económicos elevados a la JASS. Incorporando también en los usuarios la educación sanitaria.

Díaz & Rios (2020) en su investigación titulado Determinación de la concentración de cloro residual en las aguas del centro poblado La Palma, San Bernardino, tuvo como objetivo evaluar la dosis de cloro libre en el agua destinada para consumo. Siguiendo las directrices del D.S. N° 031-2010-S.A., que establece un valor mínimo de cloro residual igual o superior a 1 ppm en los depósitos y un mínimo de 0,5 ppm en las redes de distribución, se llevaron a cabo mediciones. Los resultados revelaron valores de cloro residual libre en el depósito de 0,9 a 1 ppm, en la primera vivienda de la red de distribución de 0,8 a 0,9 ppm, en la intermedia de 0,4 a 0,5 ppm, y en la tercera y última red se detectaron concentraciones de 0 a 0,2 ppm. Estos últimos dos puntos de monitoreo no cumplen con los valores normativos, donde concluyen que ese sistema de cloración en el núcleo rural de la Palma es deficiente.

En la investigación de Vite Pazo (2021) que lleva por título Mejoramiento e incidencia del sistema de abastecimiento de agua potable del AA.HH. Nuevo Chalaco en el estado sanitario del agua – Piura, en donde se examinaron las condiciones en las cuales se ofrece el servicio de suministro de agua potable, la información fue obtenida mediante el uso de la metodología de encuestas realizado a los moradores y observando minuciosamente la totalidad del sistema de agua, desde el punto de captación hasta la red de distribución, y así determinar el estado de cada componente. Esto se realizó con la finalidad de poder brindar una mejor entrega de agua potable y a la vez generar consciencia en la población sobre la importancia de realizar mantenimiento y operación al sistema en cuanto a su vida útil y concluye que la mayor

parte de la población carece de una adecuada cloración y suministro de agua potable, principalmente debido al deterioro de los componentes del sistema, lo que resulta en la contaminación hídrica.

Pérez Chanca & Ramos Castellanos (2018), en su investigación titulada Niveles de cloro total y residuos en el suministro de agua en la zona de Puyhúan Grande, Huancavelica, el propósito es examinar la cantidad de cloro relacionado con el cloro libre presente en el sistema gestionado por la JASS. Esto se realiza de acuerdo con las normativas nacionales establecidas para la calidad del agua destinada al consumo, como se detalla en el D.S. N° 031-2010 S.A. Se llevó a cabo el cálculo de la dosis como parte de este estudio y se preparó la solución madre, teniendo en cuenta factores como el volumen, el tanque clorador y el aforo de caudal del reservorio. Se recolectaron 132 usuarios de muestras escogidas de manera aleatoria de una población total de 200, con un intervalo de confianza del 95%. Los hallazgos señalaron que la cantidad de dosis empleada no es la apropiada para trabajar con el volumen de entrada de agua del tanque clorador, ya que presentaba valores entre 0,4 ppm y 0,5 ppm de cloro libre en el reservorio y, en su red de distribución, valores entre 0 ppm y 0,39 ppm, concluyendo que no cumple con los estándares establecidos por la normativa.

Gutierrez (2018) en su investigación titulada Influencia del mantenimiento preventivo en el rendimiento del sistema de suministro de agua potable en el centro poblado La Campiña de Supe, 2018, se propuso analizar la relación entre el mantenimiento preventivo y el rendimiento del sistema de suministro de agua potable. La población objeto de estudio abarca todos los sistemas de agua presentes en la ciudad, mientras que la muestra se seleccionó de manera intencional y directa utilizando la técnica de observación, del cual pudo detallar el estado de conservación de las infraestructuras. Para la recolección de datos de caudal se procedió a aforar la estructura de almacenamiento y se recolectó una muestra considerable de agua para determinar la demanda que requiere, realizando también un inventario de las instalaciones del sistema. Se realizó mediciones antes y después de realizar el mantenimiento de las estructuras donde se obtuvo que la calidad del agua es mayor al encontrarse todas las estructuras debidamente reparadas y con el mantenimiento pertinente, llegando a cumplir de esta manera con la normativa vigente, el D.S. N° 031-2010 S.A.

En la investigación de Landeo Espeza (2018) titulada Relación y eficiencia del rendimiento de los métodos de goteo en la existencia de cloro residual en sistemas de cloración ubicados en áreas rurales. El propósito fue analizar los beneficios de la cloración mediante sistemas de goteo, tanto con flotador como con embalse, comparando su eficacia en

cuanto a la concentración final de cloro libre en las instalaciones del sistema de cloración en zonas rurales del distrito de Paucará, Huancavelica. La investigación se realizó empleando un diseño experimental, cuyos resultados indicaron que el método más eficaz de cloración fue el sistema de goteo con flotado. Este método proporcionó resultados más favorables en todas las viviendas muestreadas. En la primera vivienda, se registró un residuo de cloro con variaciones en el rango de 0,71 ppm a 1,03 ppm.; en el hogar intermedio, de 0,67 ppm a 1,01 ppm; y en la última vivienda, una cloración de 0,57 ppm a 0,91 ppm.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Calidad de agua para consumo humano

Según Ríos Tobón et al. (2017) se considera al agua como potable, cuando es apta para consumo humano y se encuentra libre de bacterias originarios de enfermedades. La contaminación microbiana produce consecuencias no favorables para la salud, por tal motivo, su control debe ser un objetivo primordial.

Según Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (2017) es aquella que es suministrada a la población para que pueda ser consumida sin poner en riesgo su salud; por tal motivo, debe tener ciertas propiedades físico-químicas y microbiológicas que logren cumplir con los valores establecidos por la norma. En efecto, la Organización Mundial de la Salud (2009) corrobora lo anterior mencionando también que una buena calidad de agua es aquella que puede ser consumida por la población, sin llegar a afectar ni arriesgar su salud. Para lograr ello, el agua potable debe poseer valores menores a los valores establecidos por las normas, ya que, eso nos asegura un agua de calidad.

La percepción de la calidad del agua se logra a través de sus parámetros organolépticos como su color, sabor y olor; sin embargo, este no es un determinante certero ya que existen organismos no perceptibles a los sentidos, como las bacterias coliformes, por lo que se realiza un análisis microbiológico para tener la certeza de que esta agua es de calidad para consumo humano (Jimenez et al., 2017).

2.2.2. Cloración de agua

La cloración se destaca como el procedimiento de desinfección comúnmente empleado en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). Puede aplicarse en diversas fases del proceso de tratamiento del agua, ya que cada punto de adición de cloro contribuye al control de posibles contaminantes. En el ámbito global, el cloro es el reactivo más

utilizado para la purificación del agua potable, ya que es un método muy económico y eficaz. Si bien es cierto, la cloración nos ayuda a eliminar organismos patógenos y por ende mejorar la calidad del agua, también esta puede llegar a formar subproductos mediante las reacciones en el proceso, las cuales originan problemas de organolépticos en el agua potable, por lo que se debe no sobre dosificarla (Zúñiga & Samperio, 2019)

La mayoría de sistemas de potabilización de agua, recurre al cloro, ya sea de forma gaseosa o sólida mediante hipoclorito de calcio, para lograr la desinfección del agua, ya que, este producto químico elimina gran parte de bacterias que puedan estar presentes en él. La desinfección del agua asegura su calidad microbiológica, protegiendo de esta manera la salud pública; ya que un agua con presencia de carga microbiana produce enfermedades infecciosas que pueden llevar a la muerte. Para evitar de que exista una mala cloración en sistema de distribución, es importante y obligatorio que exista una frecuencia de muestreo de cloro libre en la red de abastecimiento, para poblaciones menores o iguales a 10 000 hab. la frecuencia es diaria, y para una población mayor a esta, su frecuencia está determinada cada 6 horas (Ente Regulador de Servicios Sanitarios, 2020).

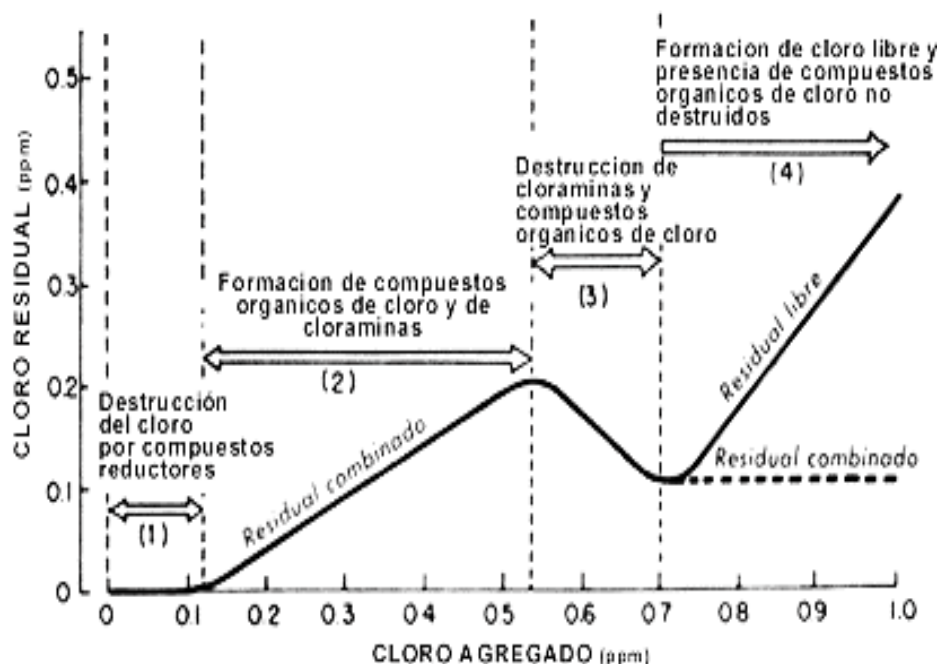
El cloro residual se mide en tres puntos importante, el primero donde se comienza con la cloración; es decir, en el reservorio, es importante analizar para saber si el proceso de cloración está en correcto funcionamiento, el segundo a analizar es la vivienda más cercana del reservorio, en la vivienda situada en el punto medio y en la vivienda más lejana que abarca la red, todas estas mediciones deben tener un valor mayor o igual a 0,5 mg/L (Organización Mundial de la Salud, 2009).

2.2.3. Dosis de cloro

Según Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (2017) La cantidad de cloro a utilizar, es decir, la dosis de cloro, dependerá del tipo de agua que se necesite desinfectar. Esta cantidad se determina antes de poner en marcha el sistema, es fundamental determinar la dosis de cloro que requieren las aguas de los sistemas de distribución por lo menos dos veces al año; ya que varía sus características físico-químicas de acuerdo a la temporada en la que nos encontremos, ya sea, época de lluvias o estiaje. La dosis de cloro para desinfectar se plantea con la siguiente ecuación:

$$\text{Dosis de cloro} = \text{Demanda de cloro} + \text{cloro libre} \quad (1)$$

La **Figura 1** explica gráficamente, el (Punto 1) satisface la demanda de cloro por los agentes reductores, en el (Punto 2) comprende el aumento del cloro resultando la formación de cloraminas, las cuales son desinfectantes muy eficaces en la eliminación de bacterias. Cuando los agentes reductores reaccionaron, comienza a efectuarse el (Punto 3) en donde el cloro residual aumenta y comienza a oxidar las cloraminas formadas, cuando todas las cloraminas hayan sido eliminadas, de este punto en adelante (Punto 4) el agua debe contener una cantidad mínima de 0,5 mg/L de cloro libre, asegurando de esta manera que el agua durante el trayecto a las viviendas, eliminen incluso a las bacterias más tenaces y otras impurezas.



Fuente: Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (2017)

Figura 1. Reacción de la curva de la demanda de cloro en el agua

2.2.4. Enfermedades relacionadas con el consumo del agua

Consumir agua contaminada origina desde gastroenteritis leve hasta algunos casos mortales como disentería, hepatitis y fiebre tifoidea, aunque con poco consumo nos resultan inocuos, que solo notamos un ligero malestar que ni siquiera lo relacionamos con la ingesta de agua, a aquellos que pueden causarnos enfermedad se les engloba con el término patógenos. La población a la que afecta una bacteria dañina con mayor facilidad son a aquellas personas que poseen más bajas defensas, como los niños, ancianos y embarazadas (Larrea et al., 2013)

El agua sucia o contaminada puede llegar a transmitir varios malestares y/o enfermedades, como las EDA, Enfermedad Diarreica Aguda, la cual es una causa principal de morbilidad, que trae consigo elevados índices de desnutrición avanzada o crónica en niños menores de 5 años en todo el Perú (Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH, 2017).

El cloro residual nos va a garantizar un buen estado, calidad del agua, ya que, actúa sobre las bacterias que puedan estar presentes en las instalaciones internas del sistema de agua, por ello es importante el mantenimiento, limpieza y desinfección de la captación, reservorio, redes de distribución y de los tanques domiciliarios en forma periódica (Olmedo, 2008).

2.2.5. Microorganismos en el agua indicadores de contaminación

El agua proveniente de fuentes naturales presenta variedad de microorganismos, de los cuales, algunos de ellos pueden producir daños a la salud humana. Los microorganismos más comunes son los virus, bacterias y protozoarios; y es importante comprender que no todos son dañinos. Cuando la carga orgánica aumenta, las poblaciones de microorganismos tienden a multiplicarse y es allí donde se rompe el balance que existe en la naturaleza; y se desarrollan una mayor cantidad de microorganismos que pudieran ser considerados no benéficos (Robert, 2014).

Existe un grupo de bacterias que cuentan características de bioindicadores potenciales de calidad del agua; las cuales son coliformes, anaerobias facultativas, enterobacterias, fermentadoras de lactosa. Todas estas forman como producto final los ácidos; perteneciendo al 10% de microorganismos intestinales, por lo que al existir en el agua se asocia a un agua con contaminación fecal, indicando que no se están aplicando tratamientos adecuados al agua para ser considerada de consumo humano (Ríos Tobón et al., 2017).

Estos microorganismos son de gran importancia para determinar y controlar la calidad que tiene el agua, ya que, nos advierten alteraciones en el agua. Estos microorganismos deben ser de aislamiento fácil para poder crecer en los laboratorios; además, deben ser inocuos para los animales, dentro de los cuales tenemos a los virus, bacterias y protozoos. En los marcadores microbiológicos para evaluar la calidad del agua se incluyen los coliformes totales, los termotolerantes, las heterotróficas y las *Escherichia coli* (García & Iannacone, 2014).

Para concretar la potabilidad del agua, es esencial considerar la existencia de bacterias coliformes, ya que estas moran en el tracto intestinal., dentro de estas bacterias encontramos a las *Escherichia coli*, las cuales no pueden existir como microorganismos intestinales; ya que estas, son de origen es fecal. Diferenciándose en este caso dos grandes grupos: las coliformes totales, remoto a cualquier origen y las fecales de origen intestinal. El agua no es considerada un buen medio de cultivo; por lo que los microorganismos no pueden sobrevivir o multiplicarse con facilidad, por ello, la presencia de coliformes en una muestra de agua; especialmente de la *Escherichia coli* nos indica una contaminación fecal, haciéndola no apta para consumo humano (García & Iannacone, 2014).

2.2.6. Técnica de filtración por membrana

Es una técnica de análisis microbiológico del agua, el cual consiste en un mecanismo de bomba que ejerce presión al vacío sobre la muestra de agua, reteniendo a las bacterias sobre una superficie de membrana de porosidad 0,45 μm el cual es menor a la dimensión de estos. Las membradas son depositadas en un medio enriquecido que a través de la incubación se logra evidenciar el crecimiento de bacterias en colonias UFC (Paredes Peralta, 2014).

2.2.7. Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS)

Son organizaciones de centros poblados que se encargan de velar por brindar un servicio de calidad en el sistema de agua, además, administran, operan y realizan el mantenimiento que requiera el sistema, como también, de aprobar documentos de gestión, elegir al consejo directivo, designar las cuotas o multas y otros acuerdos de interés para toda la población (Instituto de Promoción para la Gestión del Agua, 2016).

Las JASS son asociaciones civiles encargadas exclusivamente de prestar servicios de saneamiento en zonas rural; con la finalidad de administrar, operar y mantenerlos. Están constituidas por un consejo directivo elegidos de manera democrática por todos los usuarios en una asamblea general por un periodo de dos años. Está conformado por cinco miembros, cuyas funciones están descritas en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Funciones de directiva de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento

| Cargo | Funciones |
|--------------|---|
| Presidente | <ul style="list-style-type: none"> - Ejercer la representación del consejo directivo y del servicio brindado. - Convocar a asambleas generales. |

| Cargo | Funciones |
|--------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Autorizar, en conjunto con el tesorero, las inversiones y gastos generados, así como a la revisión de los documentos y al visado de los mismos con su firma. - Rendir, de manera conjunta con el tesorero, el informe económico del servicio. |
| Secretario | <ul style="list-style-type: none"> - Portar y redactar el libro de actas en las asambleas y sesiones. - Mantener la documentación de forma ordenada y al alcance de cualquier situación en que se requiera. - Sustituir al presidente en situaciones de ausencia o renuncia. |
| Tesorero | <ul style="list-style-type: none"> - Controlar los ingresos y egresos económicos del servicio. - Efectuar los pagos de los acuerdos tomados para algún bien o servicio, visados por el presidente. - Poseer el movimiento contable y toda la documentación pertinente al día. - Portar el padrón de usuarios con todas sus aportaciones y cobranzas. |
| Fiscal | <ul style="list-style-type: none"> - Denunciar ante la asamblea los casos de indisciplina, incumplimiento de los deberes o reglas por parte del comité o usuarios. - Fiscalizar las actividades concierne al servicio. |
| Vocal | <ul style="list-style-type: none"> - Auxiliar a los demás miembros en sus distintas funciones, para una mayor eficiencia. - Notificar a todos los usuarios de las asambleas a llevarse a cabo. |

2.2.8. Elementos de almacenamiento y distribución de agua potable

2.2.8.1. Reservorio

Es el componente más primordial del sistema de agua potable, su función es netamente de almacenar el agua que se va a abastecer a la población, mediante una presión y caudal adecuado, en esta estructura se realiza el proceso de cloración y desinfección, ante la inexistencia de una planta de tratamiento (Muñoz Mendoza, 2019).

El reservorio del sector 2 del centro poblado de Supte San Jorge, pertenece a la categoría cabecera, ya que, estas estructuras se encuentran a un nivel por encima del terreno. Cumplen un rol muy relevante en sistemas de suministro de agua, contar con este tipo de estructura es beneficioso en varios aspectos, dentro de los cuales mencionamos el punto de vista económico, la operatividad hidráulica y sobre todo su mantenimiento es muy eficaz (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

La mayoría de proyectos rurales de sistemas de agua potable, presenta reservorios de cabecera y mediante gravedad. Su ubicación se determinada generalmente por el beneficio de poder mantener una buena presión en toda la red. Las presiones mínimas serán en las viviendas que se encuentren con un nivel más alto o elevado en comparación con las otras y las máximas presiones, la tendrán las viviendas ubicadas en puntos más bajos (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

Esta estructura es importante ya que nos ayuda al almacenamiento y abastecimiento del agua a toda la población, como también, para la cloración ya que en esta estructura se realiza la mezcla con el hipoclorito de calcio, para que de esta manera podamos obtener una eficiente cloración y así brindar un excelente servicio. El reservorio consta de dos partes: el depósito de agua; es decir la infraestructura de almacenamiento y, la caseta de válvulas, que comprende válvulas que controlan el ingreso y la salida del agua, la cual nos servirá al momento de limpiar y desinfectar estas instalaciones (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

2.2.8.2. Red de distribución y línea de conducción

Son la integración de tuberías y dispositivos de control, las cuales sirven de medio de transporte y facilitan la fluidez del agua a utilizar, a partir de los puntos de captación hasta llegar a los hogares. Este transporte debe estar dado en buenas condiciones en cuanto a calidad, cantidad y presión (Martínez et al., 2020).

Las líneas de conducción deben ser de fácil inspección, paralelas a algún camino preferentemente, en caso no exista se debe de analizar la ventaja de la construcción de un camino de acceso, con la finalidad de detectar y corregir de inmediato las fugas desperfectos que puedan sufrir las tuberías; es decir, esta condición facilitará su la inspección y mantenimiento (Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, 2014).

Para poder utilizar la fuerza gravitatoria en la distribución del agua, es fundamental que nuestra fuente de captación se localice sobre el nivel geográfico de los hogares a beneficiar, de manera que se pueda mantener una suficiente presión en todos los puntos de la red y línea de conducción. Para la implementación de las líneas de conducción se estila utilizar preferentemente PVC, Polietileno de Alta Densidad y en algunas ocasiones se considera el fierro galvanizado o acero (Velasco, 2006).

Generalmente para la ejecutar proyectos de redes de agua en áreas rurales, se estila utilizar preferentemente tubos de PVC, el cual tiene muchas ventajas operativas y de costos; adicionalmente la disponibilidad de estos en diámetros menos a las 2” le brinda una ventaja comercial (Saavedra Valladolid, 2018).

2.2.9. Decreto Legislativo N°1280

Indica en los siguientes artículos:

Artículo 1.- Objeto y Finalidad de la Ley

Establece reglas concierne a los servicios de saneamiento, para poder lograr la accesibilidad universal y una buena, eficiente y sostenible calidad, para que, de esta manera, para así promover la protección ambiental y social en beneficiando a la población.

Artículo 2, Sistemas y procesos que comprenden el servicio de saneamiento.

Al sistema lo conforman diversas estructuras, la captación, el reservorio, las cámaras rompe presión y finalmente las líneas de conducción y la red de distribución.

Artículo 14.- Prestación del servicio de saneamiento a zonas rurales

14.1. La prestación de estos servicios en las zonas rurales lo trabaja el municipio correspondiente, ya sea, de manera directa o indirecta, mediante Unidades de Gestión Municipal o a través de organizaciones comunales, respectivamente.

Artículo 26.- La gestión ambiental

26.1. Las empresas o comunidades prestadoras de servicios de saneamiento se crean con el fin de implementar tecnologías adecuadas para los tratamientos de agua potable y residuales, para que así cumpla con LMP “Límites Máximos Permisibles” y los ECA “Estándares de Calidad Ambiental”, para que se pueda evitar su contaminación.

2.2.10. Decreto Supremo N°031-2010-S.A.

En sus artículos 1, 3 y 60, nos menciona que:

Artículo 1°. – En este artículo nos detallan el objetivo del reglamento, el cual es el establecimiento de disposiciones concierne a al agua de calidad para consumo humano, garantizando así una correcta salud y bienestar de los usuarios.

Artículo 3°. - El Reglamento en mención, es de acatamiento obligatorio para toda persona perteneciente al territorio nacional, que participe en la gestión, operación, supervisión y/o fiscalización del suministro del agua potable. El presente reglamento no se aplica a las aguas minerales de origen naturales registradas por su autoridad correspondiente, ni las que son productos medicinales.

Artículo 60°. – En caso de los parámetros microbiológicos, estos deben ser exentos de bacterias de tipo coliformes termotolerantes, totales, *Escherichia coli*, virus, larvas, organismos de vida libre y, en cada caso el límite permitido es 0; sin embargo, para las heterotróficas existe una delimitación mayor, pudiendo llegar hasta 500 UFC/ 100 ml (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2010)

Tabla 2. LMP de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos

| Parámetros | Unidad de medida | Límite Máximo Permissible |
|---|-------------------------|----------------------------------|
| 1. Bacterias Coliformes Totales | UFC/100 ml, 35°C | 0 (*) |
| 2. <i>Escherichia coli</i> | UFC/100 ml, 44.5°C | 0 (*) |
| 3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales | UFC/100 ml, 44.5°C | 0 (*) |
| 4. Bacterias Heterotróficas | UFC/100 ml, 35°C | 500 |

UFC = Unidad Formuladora de colonias

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

Fuente: Reglamento de la Calidad Del Agua Para Consumo Humano (2010)

Artículo 62. – Los parámetros de origen inorgánico no deberán superar los LMP, que visualizamos a continuación, solo al cloro, ya que es pieza fundamental en esta investigación.

Tabla 3. Anexo 3. LMP de Parámetros Inorgánicos

| Parámetro Inorgánico | Unidad de medida | Límite Máximo Permissible |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Cloro | mg/L-1 | 5 |

Fuente: Reglamento de la Calidad Del Agua Para Consumo Humano (2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

La investigación se realizó en dos etapas, la primera etapa en el sistema de agua potable del sector 2 del centro poblado de Supte San Jorge, donde se ejecutó las modificaciones de la dosificación de cloro, la recolección de muestras y la medición de cloro libre, y, la segunda etapa, en el laboratorio de control de calidad de agua de la empresa prestadora de servicios “EPS SEDA HUÁNUCO”, en donde se realizó los análisis microbiológicos de las muestras. Ambas etapas se ubican políticamente en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente el sector 2 del CC.PP. Supte San Jorge, se encuentra ubicado al extremo norte de la ciudad de Tingo María, con una latitud de 9° 17' 15,29" Sur, una longitud de 75° 58' 29,87" Oeste y con una elevación de 649 msnm.

En la **Tabla 4** se visualiza las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo tomados en el área de estudio: El reservorio, la vivienda inicial, la vivienda intermedia y la vivienda final de la red de distribución del sistema de agua potable.

Tabla 4. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo

| ID | Punto de Muestreo | Distancia del reservorio | Zona | Coordenadas UTM (WGS84-18L) | | Altitud (msnm) |
|----|-------------------|--------------------------|------|-----------------------------|--------|----------------|
| | | | | Norte | Este | |
| P0 | Reservorio | 0 m | | 8972085 | 393606 | 689 |
| P1 | Vivienda inicial | 718 m | 18 L | 8972677 | 393198 | 709 |
| P2 | Vivienda media | 1109 m | | 8973049 | 393189 | 706 |
| P3 | Vivienda final | 1509 m | | 8973409 | 393403 | 702 |

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 2** se visualiza la ubicación de las estructuras conformantes del sistema y de los tres puntos de muestreo distribuidos a lo largo del sector 2 del CC.PP. de Supte San Jorge.

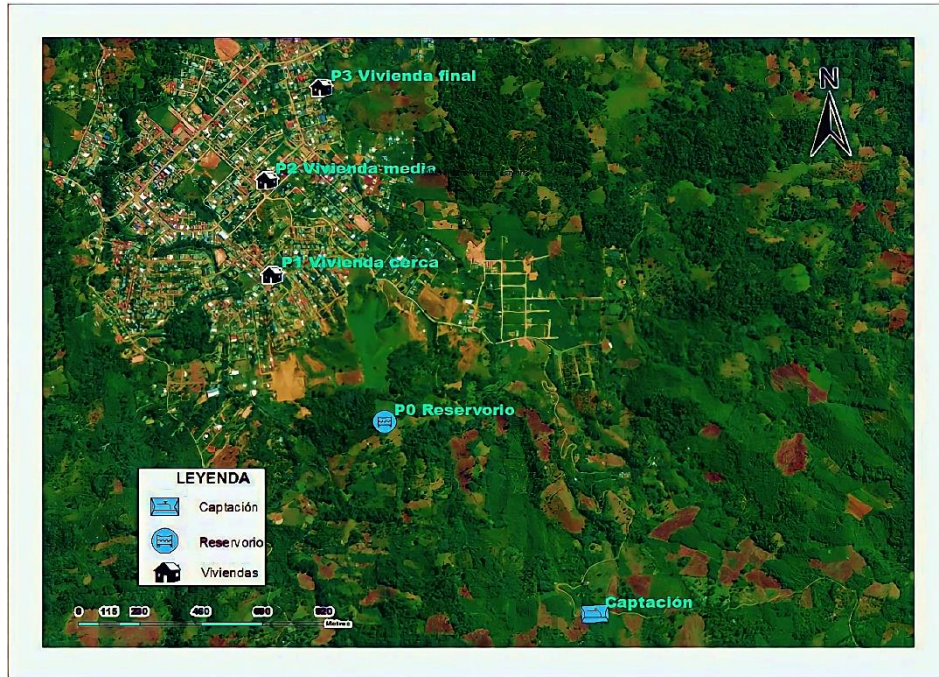


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en el centro poblado Supte San Jorge

3.1.3. Clima

El CC.PP. Supte San Jorge - Rupa Rupa, se distingue por su clima tropical, con una temperatura promedio anual 22 a 26 °C. Presenta una alta humedad relativa promedio de 82,9%, debido a sus elevados niveles de precipitación de 3 454,60 mm (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2022).

3.2. Materiales, equipos e insumos

3.2.1. Materiales

Los materiales utilizados en el estudio fueron: un balde de 20L, cuatro botellas de vidrio, un cooler y fichas de evaluación. En cuanto a los materiales de laboratorio se empleó: alcohol al 90%, agua destilada, espátula de metal, gorro quirúrgico, guantes quirúrgicos, guantes para el calor, guardapolvo de algodón, hilo pabilo, mascarilla quirúrgica, matraz, matraz Kitasato, mechero, membranas de filtración 0,45 µm, papel aluminio, pastilla de agitación, pinza de acero, pipeta, piseta y placas Petri.

3.2.2. Equipos

Los equipos utilizados fueron: autoclave GREETMED, agitador magnético MS-H-PROT DLAB, balanza analítica ADAM NIMBUS NBL 254i, celular

SAMSUNG, colorímetro HANNA, GPS GARMIN, incubadora EUROLAB, laptop ASUS, sistema de filtración al vacío ADVANTEC.

3.2.3. Insumos

Los insumos utilizados fueron: Hipoclorito de Calcio (67%), Macconkey Agar HIMEDIA, M-Endo Agar HIMEDIA, M-FC Agar Base HIMEDIA, Plate Count Agar HIMEDIA, Reactivos DPD.

3.3. Criterio de investigación

3.3.1. Nivel de investigación

La naturaleza de la investigación es aplicada; según Supo (2023) en este contexto, se propone implementar los resultados de la investigación en situaciones del mundo real o en la resolución de problemas particulares. En términos más simples, Se aspira a implementar en la práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la investigación. Esto fundamenta la investigación ya que, mediante cálculos realizados en laboratorio, se llevó a la práctica en campo, aplicando distintas dosis de cloro para mejorar la cloración, eliminar bacterias en base al nivel estipulado por el D.S. N° 031-2010 S.A. y de esta manera prevenir posibles enfermedades bacteriológicas.

3.3.2. Tipo de investigación

La investigación se clasifica como aplicada, siguiendo la definición de Oseda et al. (2019), ya que se centra principalmente en comprender problemas con el propósito de tomar medidas y generar consecuencias prácticas. Conforme a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2015), la investigación aplicada se utiliza para identificar cómo emplear los resultados de una investigación básica, determinando nuevas metodologías para lograr objetivos específicos. En este caso, la investigación busca aplicar conocimientos para abordar problemas prácticos relacionados con el sistema de agua potable. Esta investigación implica considerar y profundizar el conocimiento existente, con el fin de abordar de manera más rápida y efectiva la solución de problemas. Por tal motivo la investigación está sujeta al tipo aplicada, debido a que se basa en los avances y descubrimientos de una investigación pura se conoce que la cloración elimina bacterias; y, en esta investigación calculó el cloro total óptimo para poder eliminar a todas las bacterias y obtener una dosificación de cloro mayor o igual a 0,50 ppm en cada punto que abarca el sistema.

3.3.3. Diseño de investigación

La investigación presenta un diseño cuasi experimental de tipo aplicativo Arias Gonzáles & Covinos Gallardo (2021) ya que se utiliza el grupo de control, los puntos de muestreo no son seleccionados de forma aleatoria, por el contrario, estos son preelegidos. Además, se puede aplicar un instrumento de medición incluso más de tres veces, como es el caso de esta investigación en donde se aplicaron tres dosificaciones de cloro, manipulando gradualmente los niveles la variable independiente a distintos tiempos, en este caso ocurrió cada tres semana.

$$G \quad O_1 \quad X \quad O_2 \quad (2)$$

Donde:

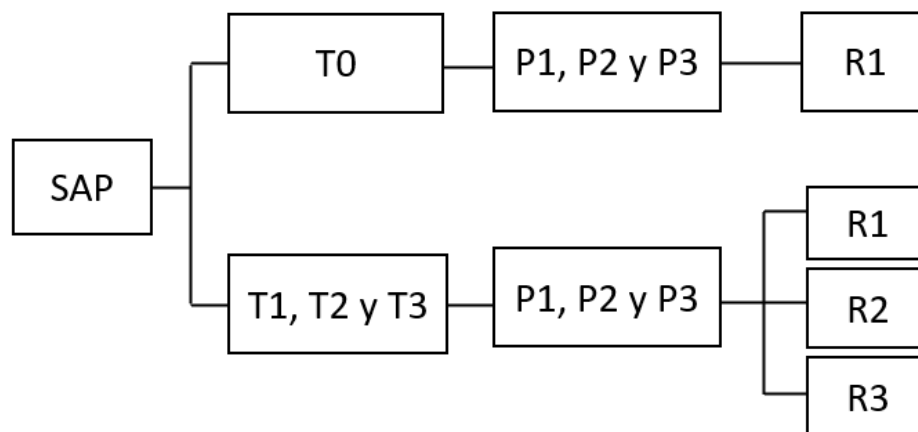
G= Grupo de estudio

O₁= Medición del pre test

X= Aplicación o manipulación la variable independiente

O₂= Medición del post test

A continuación, se presenta gráficamente el diseño de la investigación



[SAP]: Sistema de Agua Potable Sector 2, [T0]: Testigo, [T1-T3]: Tratamientos, [P1-P3]: Puntos de muestreo, [R1-R3]: Repeticiones

3.3.4. Variables de investigación

- Variables independientes

Dosificación de cloro

- **Variable dependiente**

Eliminación de bacterias

- **Variabes intervinientes**

Estado del Sistema de Agua Potable

3.3.5. Operacionalización de variables

Tabla 5. Operatividad de la variable independiente y dependiente

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensión | Indicadores |
|---|---|---|----------------------------|--|
| “Variable Independiente” Dosificación de cloro | Cantidad de Hipoclorito de Calcio 67% suministrada al reservorio para garantizar niveles de cloro libre en la red | Medición de cloro residual mediante equipo colorímetro | Suministro de cloro | Cloro residual en la red de distribución |
| “Variable Dependiente” Eliminación de bacterias | Es la reducción de bacterias en la muestra de agua de la red de distribución de tal manera que no represente un riesgo de contaminación | Recuento de bacterias en la muestra de agua mediante el método de filtración por membrana | Parámetros bacteriológicos | Cantidad de bacterias Coliformes totales, termotolerante <i>s, Escherichia coli</i> y Heterotróficas |

3.3.6. Población y muestra

3.3.6.1. Población

La población es infinita ya que está comprendida por el agua del sistema de agua potable del sector 2 del centro poblado de Supte San Jorge.

3.3.6.2. Muestra

Se empleó un muestreo no probabilístico intencional o por conveniencia, el cual consiste en la elección de los puntos de muestreo basados en sus características en común, sin la utilización de la estadística para definir sus unidades muestrales, por el contrario, va de acuerdo al criterio escogido por el investigación, en este caso según Development Alternatives International (2022) establece que la primera muestra se debe tomar en grifo más cerca al tanque de almacenamiento del agua clorada, la segunda medición se realiza en el punto intermedio del sistema y la tercera y última muestra en el grifo más alejado de la red de distribución del sistema. Por tal motivo en el presente estudio la muestra comprende tres puntos establecidos estratégicamente la vivienda inicial, media y final de la red de distribución.

A continuación, se presenta la fórmula del error estadístico, el cual fue el resultado de despejar la fórmula para determinar el número de muestra para una población infinita.

$$d = \sqrt{\frac{S^2}{n}} \quad (3)$$

Donde:

d= Error estadístico

n= Tamaño de muestra

S^2 = Varianza de la muestra

$$d = \sqrt{\frac{0,29}{3}} * 100 = 31\%$$

3.3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Le recolección de datos se realizó mediante la observación experimental, el cual según Silva et al. (2017) mencionan que estas técnicas se emplean cuando exista una elaboración de datos en condiciones controladas, ya que se utiliza la manipulación de variables,

para esta técnica se empleará una ficha de registro de datos, en donde se registró los niveles de cloro y bacterias obtenidos en las mediciones antes y después de aplicada las capacitaciones.

3.3.8. Análisis de datos

En el estudio llevado a cabo, se utilizó el diseño estadístico T-Student para analizar el impacto de la dosificación de cloro en la eliminación de bacterias en un sistema de agua potable. Los tratamientos se definieron mediante la aplicación de diversos niveles de cloro total en el reservorio, T0 (0mg/L), T1 (0,6mg/L), T3 (1,2mg/L) y T3 (1,8 mg/L).

3.4. Metodología

3.4.1. Diagnóstico de la cloración e infraestructura del sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge

Para realizar el diagnóstico de la cloración y la infraestructura del sistema de agua potable, se presentó una solicitud de acceso al presidente de la JASS del sector 2 de Supte San Jorge, en donde se realizó el diagnóstico de cada estructura que conforma el sistema, recopilando información del estado y conservación de cada una, a través de la ficha de recopilación de datos (Anexo B), completadas mediante el recorrido y la observación brindadas en las visitas realizadas, logrando visualizar la situación en que se encontraban. Además, se midió la dosificación de cloro en reservorio y cloro libre en la red de distribución, para conocer si el estado de cloración que la JASS emplea es el adecuado para cumplir las necesidades reglamentarias de calidad de agua.

3.4.2. Determinación de la dosis total óptima de cloro para el sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge

Se recolectó una muestra de agua, sin cloro, de la estructura de captación en un balde de 20 L, el cual se enjuagó dos veces con la misma agua de la estructura, utilizando los equipos de protección personal, EPP, correspondientes (mascarilla, gorro quirúrgico y guantes de quirúrgico) se recolectó el agua, se tapó correctamente para evitar el ingreso de microorganismos externos y se trasladó al laboratorio de calidad de agua de la EPS SEDA HUÁNUCO S.A.

Se consideró una concentración de 50 mg/L y se calculó el peso del hipoclorito de calcio a utilizar, empleando la fórmula (4).

$$p = \frac{C \cdot V}{10(\%)} \quad (4)$$

Donde:

p= Peso del Hipoclorito de Calcio (g)

C= Concentración (mg/L)

V= Volumen (L)

%= Concentración del Hipoclorito de Calcio 67%

El peso obtenido se depositó en un matraz de 1000 ml aforándolo con agua destilada; de la solución obtenida, solución 1, se extrajo 10 ml con una pipeta y se depositó y aforó en otro matraz de 1000 ml, solución 2, se midió en el colorímetro y se obtuvo el cloro práctico, como se aprecia en la **Figura 3**.

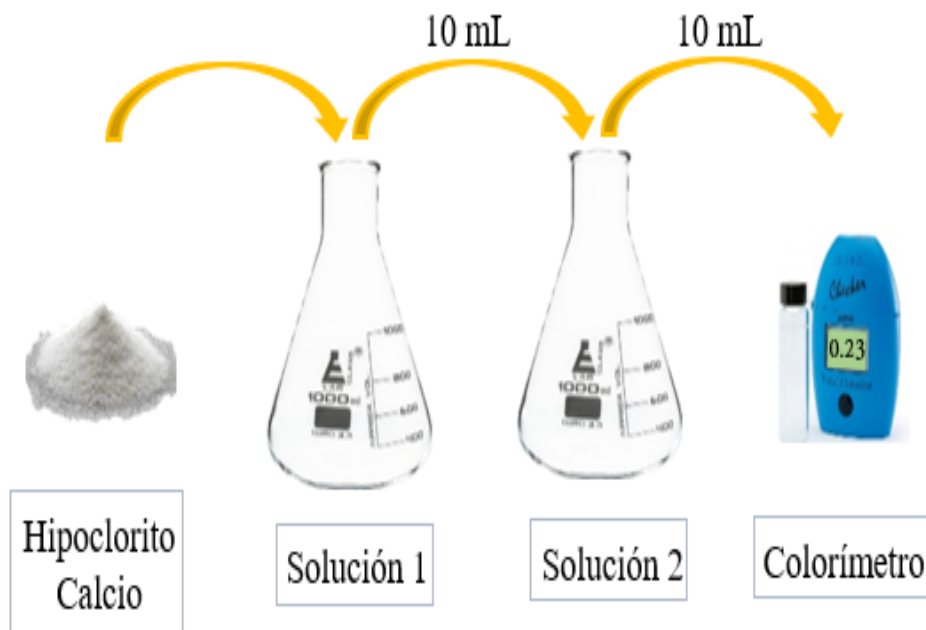


Figura 3. Cálculo de cloro teórico, real y práctico

Las concentraciones del cloro teórico y cloro real se obtuvieron aplicando la siguiente fórmula:

$$V_1 C_1 = V_2 C_2 \quad (5)$$

Donde:

V1= Volumen de la solución original

C1= Concentración de la solución original

V2= Volumen de la solución resultante

C2= Concentración de la solución resultante

El cloro teórico se calculó mediante las dosis de la solución 1 y el cloro real corresponde al valor determinado por el colorímetro de la solución 2, con el valor real y aplicando la Fórmula 2 se calculó el cloro práctico, con este valor y aplicando la misma fórmula, se calculó doce volúmenes de distintas concentraciones, desde 0,5 mg/L y se depositaron en matraces de 500 ml aforándolos con agua destilada, se dejó reaccionar por un periodo de treinta minutos y se midió en el colorímetro.

Los valores obtenidos se digitalizaron en Excel, aplicando la Fórmula 2 para el cálculo de la demanda de cloro en cada caso, se calculó la curva de demanda de cloro y se visualizó en el punto de ruptura en la curva de la demanda de cloro del agua potable del sistema.

Se calculó la dosis necesaria (mg/L) para clorar el agua del sistema, utilizando la Fórmula 2, en donde para el cloro residual se consideró un valor de 0,50 mg/L debido a que es el valor mínimo de cloro que requiere el agua para ser considerada de esta manera apta para consumo. Se obtuvo la dosis de cloro a utilizar en reservorio, para ello se procedió a modificar la dosificación de cloro en campo desde la dosis encontrada (0,35 ppm) hasta la dosis óptima.

Para el cálculo del peso (Kg) de hipoclorito de calcio a utilizar en reservorio se empleó la siguiente fórmula:

$$p(Kg) = \frac{3600 \times V(L) \times Q(L/s) \times D(mg/L)}{q(L/h) \times \% \times 10^6} \quad (6)$$

Donde:

p= Peso del Hipoclorito de Calcio a emplear en reservorio (Kg)

V= Volumen del tanque dosificador (L)

Q= Caudal de ingreso a la estructura(L/s)

D= Dosis de cloro a requerida (mg/L)

q= Caudal del gotero de cloración (L/h)

%= Concentración del Hipoclorito de Calcio 67%

Se necesitó calcular el volumen del reservorio, con dimensiones de 3m de altura; sin embargo, el nivel del agua almacenada se mantiene a 2m, un largo de 12m y un ancho de 3m. Con estos datos y utilizando la siguiente fórmula se calculó el volumen el reservorio.

$$V = A \times H \quad (7)$$

Donde:

V= Volumen del reservorio

A= Área de reservorio

H= Altura del agua

Con el volumen del reservorio obtenido (L) se calculó el caudal de ingreso (Q) cronometrando el tiempo que tardó en llenarse la estructura, el caudal de cloración (q) es estable de 2 L/h. Con todos los valores obtenidos, se aplicó la fórmula 7 y se calculó el peso requerido de hipoclorito de calcio a utilizar en cada nivel de dosificación.

3.4.3. Evaluación de la relación de la dosificación de cloro y el cloro libre de la red de distribución del sistema de agua potable

Para este análisis se utilizó el equipo colorímetro y los reactivos DPD, donde se tomó 10 ml de muestra en la celda de vidrio del equipo, se insertó la muestra en el checker de cloro y se pulsó el botón para tararlo a cero, se retiró la muestra y se adicionó el reactivo DPD, se disolvió hasta homogeneizar y tomar un color rosado, se reinsertó la celda en el colorímetro y se pulsó el botón de medición de cloro libre presente en ese punto de muestreo. Este procedimiento se ejecutó en cada punto de muestreo [P1-P3]. Debido a que la JASS cloraba a una dosis de 0,30 ppm, El testigo [T0] fue el agua del sistema sin ninguna dosis de cloro, existieron tres tratamientos donde el [T1] fue 0,60 ppm, el [T3] fue la dosis óptima calculada para clorar el sistema (1,80 ppm) y el [T2] fue la dosis entre el T1 y T3. La dosis de cloro se fue modificando de manera mensual, realizándose en total tres mediciones por cada tratamiento, una por semana, para ver de esta manera la influencia de la dosificación de cloro en reservorio [P0] sobre el cloro libre la red de distribución [P1-P3].

3.4.4. Evaluación de la influencia de la dosificación de cloro en la eliminación de bacterias de la red de distribución del sistema de agua potable

Se realizó la toma de muestra de agua en los cuatro puntos establecidos del sistema de agua potable [P0-P3], muestreando también en el reservorio, para poder calcular

el porcentaje de eliminación de bacterias. El análisis microbiológico fue realizado en el laboratorio de calidad de la EPS Seda Huánuco sucursal Leoncio Prado, se realizó en total diez análisis microbiológicos, uno del testigo [T0] y tres de cada tratamiento [T1, T2 y T3], los cuales ocurrieron en un intervalo mensual, de acuerdo a las modificaciones de dosificación de cloro que se fueron realizando. Se analizó cuatro tipos de bacterias:

1. Bacterias Coliformes Totales
2. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales
3. Bacterias Heterotróficas
4. *Escherichia coli*

Para analizar estas bacterias se necesitó calcular el peso requerido para cada uno, para cada agar se utilizó cuatro placas Petri, debido a que son cuatro puntos de muestreo [P0-P3]. Para 5 placas Petri se necesitan 100 ml de agua destilada, entonces se realizó la regla de tres simples para cuatro placas Petri, obteniendo que se necesita 80 ml de agua destilada para cada tipo de análisis microbiológico.

3.4.4.1. Determinación de bacterias coliformes totales

Para este tipo de análisis se utilizó el M-Endo agar, en donde menciona como indicaciones suspender 51,05 g en 980 ml de agua destilada. Sin embargo, en esta investigación se trabajará con 80ml de agua destilada, es decir con 4,167 g, la solución se calentó el agitador magnético hasta la ebullición para disolver el medio por completo, se enfrió y se las vertió en cuatro las placas Petri.

3.4.4.2. Determinación de bacterias termotolerantes o fecales

Para este análisis se utilizó el M-Fc agar base, donde menciona suspender 52,1 gramos en 1000 ml de agua destilada; sin embargo, en esta investigación se trabajará con 80ml de agua destilada, es decir con 4,168 g, la solución obtenida se calentó hasta su ebullición para disolver el medio por completo, se enfrió a 45-50°C para poder manipular y verterlo en las cuatro placas Petri.

3.4.4.3. Determinación de bacterias heterotróficas

Para este tipo de bacterias se utilizó el Plate Count Agar, se detalla en sus indicaciones suspender 23,5 g en 1000 ml de agua destilada, según se calculó se debe trabajar con 80ml de agua destilada, es decir, con 1,88 g de agar. Se calentó la solución hasta el punto

de ebullición para su completa disolución en la autoclave a una presión de 15 libras (121 °C) durante 15 minutos, se enfrió a una temperatura ambiente y se vertió el líquido en las cuatro placas de Petri.

3.4.4.4. Determinación de *Escherichia coli*

Para este análisis se utilizó el MacConkey agar, 51,55 gramos en 1000 ml de agua destilada; sin embargo, en esta investigación se trabajará con 80ml de agua destilada, es decir con 4,124 g, se calentó hasta ebullición para disolver la solución completamente, se esterilizó en la autoclave a una presión de 121°C durante 15 min, se enfrió a 45-50°C y se vertió en las placas de Petri.

Una vez listas las 16 placas Petri con los cuatro agares, se utilizó el equipo de filtración al vacío, colocando en el centro de la unidad de filtración, con ayuda de una pinza estéril, un filtro de membrana con la cuadrícula hacia arriba, se ajustó correctamente los cuatro embudos sujetos en la rampa de filtración y se vertió 100 ml de muestra de agua en cada uno, se puso en operación el equipo aplicando una bomba de vacío, que produjo una filtración del agua desde el embudo hasta el matraz Kitasato conectado al sistema. Una vez filtrada la muestra, se abrió el embudo y retiró el filtro de membrana. Los cuatro filtros de la misma muestra se colocaron sobre la superficie de los cuatro distintos agares dispuestos en las placas Petri, y se repitió este procedimiento para las cuatro muestras de agua [P0-P3] restantes.

Las placas Petri contenidas de agares para bacterias coliformes totales y heterotróficas se incubaron en posición invertida a una temperatura de 35°C por un periodo de 24 horas, y las que contienen los agares de bacterias coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, se incubaron en la misma posición y el mismo periodo de tiempo, pero a 44,5 °C. Transcurrido el tiempo se retiraron las placas Petri y se contabilizaron el número total de colonias para cada caso.



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN


4.1. Diagnóstico de la cloración e infraestructura del sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge

Los resultados del diagnóstico obtenidos en cuanto a la dosificación de cloro que la JASS empleaba en su sistema de agua potable, no fue la adecuada, debido a que se encontró que dosificaban a razón de 0,34 mg/L, por tal motivo, en su red de distribución no se encontró presencia de cloro libre; y según la OMS (2009) menciona que como mínimo el cloro libre del agua de la red de distribución debe ser 0,5 mg/L; en este caso, no cumple ya que, el valor encontrado está por debajo de lo recomendado para ser considerada agua de consumo humano.

Por otra parte, el diagnóstico de la infraestructura fue obtenida a través de la ficha de recolección de datos, el cual se centró en el estado y conservación en el que se encuentran las estructuras que componen el sistema. Se observó que no se llevan a cabo labores de mantenimiento en el sistema de agua potable de la JASS 2 de Supte San Jorge, por ello existe déficit en la conservación de sus estructuras; detalladas a continuación en la **Tabla 6**

Tabla 6. Caracterización del sistema de agua potable

| Estructura | Caracterización | Imagen |
|------------|--|--|
| Captación | La estructura presenta paredes con mohos, una tapa sanitaria de metal que se encuentra oxidada, el perímetro se encuentra con excesiva vegetación, no cuenta con cerco perimétrico y posee un filtro de sólidos de material de malla raschel en estado de deterioro. |  |
| Reservorio | Presenta filtración de lluvias en la estructura, un cerco perimétrico en mal estado estando, en algunos tramos al ras del suelo, presenta una tapa sanitaria oxidada que requiere soldadura en una bisagra, la tapa de caseta de válvula está sin protección, y posee excesiva vegetación. |  |

| Estructura | Caracterización | Imagen |
|---------------------|--|--|
| Red de distribución | La tubería desde reservorio hasta la primera vivienda se encuentra expuesta, existen fugas y algunas reparaciones están realizadas con materiales inadecuados, hay tramos de la tubería que se encuentra sobre una loma de tierra, y otras colgando entre dos lomas. |  |

A lo largo de toda la red de distribución, que se encuentra expuesta sobre el suelo, existen fugas de agua, sobre todo en las reparaciones mal realizadas, con lo que (Montoya & Montoya, 2012) señala que la existencia de estas fugas llega a producir un decaimiento en cuanto a la presión, esta situación fue acontecida por los pobladores del sector 2, según lo mencionado por los representantes de la JASS 2, por lo que (Anacleto Salinas, 2021) destaca la importancia de contar con un kit de herramientas básicas para solucionar de manera inmediata y eficiente cualquier avería que se puedan presentar en las tuberías.

Las tapas sanitarias tanto de la captación como del reservorio se encuentran en estado de oxidación y corrosión, respectivamente, esto puede deberse a las características propias que tiene el agua, como el pH, donde (Salazar Jiménez, 2015) menciona que las soluciones con un pH ácido son más corrosivas, además, la temperatura también influye en la velocidad de corrosión ya que, a mayor temperatura existirá un incremento en la velocidad de corrosión, debido a que se acelera la difusión del oxígeno del medio hacia el material afectado, y como la concentración de oxígeno en materiales ferrosos, también aumenta la velocidad de corrosión. En función de lo mencionado, En relación a la idea anterior, (Vite Pazo, 2021) afirma que un sistema de agua potable con estructuras deterioradas, con corrosión, es un problema de gran importancia, ya que, llega a afectar la calidad del agua. Por lo que (Anaya Orellano, 2023) y (De Sousa et al., 2010) sugieren realizar el pintado constante de las estructuras metálicas, utilizando pintura de esmalte antihumedad para prevenir la oxidación.

Por otra parte, cabe considerar que el ministerio de vivienda construcción y saneamiento [MVCS] garantiza que la limpieza y desinfección de las estructuras del sistema de agua potable, elimina la suciedad y bacterias patógenos presentes en las mismas, y asegura que el agua brindada a las viviendas conformantes del sistema se encuentra en buenas condiciones de calidad. La JASS del sector 2 Supte San Jorge realiza dos limpiezas al año de

su sistema de agua, cumpliendo con lo mencionado por Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2020) que el mantenimiento, limpieza y desinfección de las infraestructuras de almacenamiento, debe realizarse por lo menos con una frecuencia semestral. Además, Gutierrez (2018) indica la importancia de elaborar un plan preventivo de mantenimiento para todos los componentes del sistema, ya que, no solo lo mantiene en óptimas condiciones, sino que también asegura el brindado de un servicio de agua potable de calidad. En este aspecto la JASS del sector 2 no cumple con lo estipulado, debido a que desconocían de la importancia que trae consigo realizar mantenimientos preventivos, sólo realizaban mantenimientos correctivos, es decir, cuando ya ocurría alguna avería. Además, Siesquen Carrillo (2019) indica que, contar con fichas de diagnóstico del sistema, logra brindar la situación exacta en que se encuentran cada estructura, logrando brindar un mantenimiento rápido y oportuno, haciendolo de esta manera hacerla más sostenible en el tiempo.

4.2. Determinación de la dosis total óptima de cloro para el sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge

En la **Tabla 7** se presenta el cálculo del cloro combinado en cada una de las soluciones analizadas. Se inició la medición para una concentración de cloro total de 0,50 mg/L, resultando en una solución de 11 ml, se leyó el cloro libre en el colorímetro de 0,19 mg/L y aplicando la Fórmula 1, se calculó la columna del cloro combinado, repitiendo este procedimiento para cada una de las concentraciones planteadas, hasta llegar al último cálculo, de la solución N°12, en la cual se trabajó con una concentración de 2,80 mg/L resultando ser diluida en una solución de 61 ml, leyendo como valor de cloro libre -0,08 mg/L y se calculó su demanda de cloro en el quipo, resultando ser 2,88 mg/L. Sin embargo, la dosis óptima se determinó visualizando la curva de la demanda.

Tabla 7. Demanda de Cloro

| N° | Solución (ml) | Cloro total (mg/L) | Cloro libre (mg/L) | Cloro Combinado/ Demanda cloro (mg/L) |
|-----------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| 1 | 11 | 0,50 | 0,19 | 0,31 |
| 2 | 15 | 0,70 | 0,08 | 0,62 |
| 3 | 22 | 1,00 | 0,11 | 0,89 |
| 4 | 26 | 1,20 | 0,13 | 1,07 |
| 5 | 30 | 1,40 | 0,11 | 1,29 |

| N° | Solución (ml) | Cloro total (mg/L) | Cloro libre (mg/L) | Cloro Combinado/ Demanda cloro (mg/L) |
|----|---------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 6 | 35 | 1,60 | 0,13 | 1,47 |
| 7 | 39 | 1,80 | 0,51 | 1,29 |
| 8 | 43 | 2,00 | 0,40 | 1,60 |
| 9 | 48 | 2,20 | 0,19 | 2,01 |
| 10 | 52 | 2,40 | 0,10 | 2,30 |
| 11 | 57 | 2,60 | -0,02 | 2,62 |
| 12 | 61 | 2,80 | -0,08 | 2,88 |

En la **Figura 4** se visualiza que el punto de quiebre, representado por la declinación de la curva, ocurre en el punto de 1,80 mg/L, resultando ser esta la dosis total óptima del sistema. Además, se visualiza un coeficiente de correlación lineal, r , elevado, encontrándose en una correlación positiva muy alta.

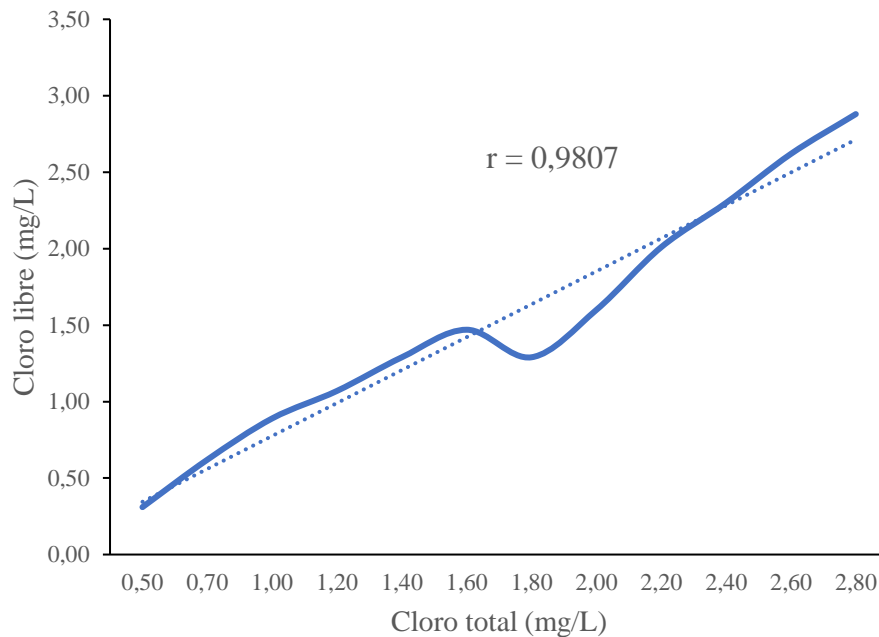


Figura 4. Curva de demanda de cloro del sector 2 Supte San Jorge

Esta dosis total óptima, cumple con lo descrito por Sánchez Minaya (2021) quien menciona que el valor mínimo de cloro total para potabilizar el agua debe ser mayor a 1 mg/L, corroborando con esto en diversas investigaciones como la de Huayllani Laurente & Zevallos Salvatierra (2021) cuya dosis total óptima obtenida para su sistema fue de 1,35 mg/L y 2,00 mg/L, y para ambos casos presentó una correcta cloración en todos los puntos muestreados.

Como también Perales Dominguez (2020) determinó que la dosificación óptima oscila de 2,7 mg/L a 3,0 mg/L. Sin embargo, Pérez Chanca & Ramos Castellanos (2018) realizó mediciones sin tomar en cuenta ni el caudal, ni la cantidad de hipoclorito de calcio a utilizar, por tal motivo su reservorio sólo presentaba 0,5 mg/L de cloro, valor por debajo de lo recomendado, obteniendo en este caso una deficiente cloración de todo el sistema, teniendo valores de 0 mg/L de cloro en algunos puntos de muestreo.

Por otra parte, Anacleto Salinas (2021) menciona que debe realizarse capacitaciones a la población en cuanto a la importancia de la cloración y a los efectos positivos que esta tiene en la eliminación de bacterias, ya que, muchas veces ellos son los agestes principales que se desisten a la manipulación del agua con cloro, por el tema de percepción gustativa. Por tal motivo, en esta investigación se fue incrementando la concentración de cloro de poco en poco, para que los usuarios del sistema de agua potable del sector 2 Supte San Jorge se vayan familiarizando con el sabor y el olor característico del agua correctamente clorada.

4.3. Evaluación de la relación de la dosificación de cloro y el cloro libre de la red de distribución del del sistema de agua potable

La dosificación óptima de cloro calculada es 1,80 mg/L, por tal motivo, se emplearon tres tratamientos distintos hasta alcanzarla. Estos tratamientos fueron: 0,60 mg/L, 1,20 mg/L y 1,80 mg/L y un testigo de 0mg/L, identificados como [T0, T1, T2 y T3].

En la **Tabla 8**, se presentan los valores de las dosificaciones de cloro total empleadas para dosificar el reservorio (Tratamientos).

Tabla 8. Valores de cloro total aplicado en el punto de muestreo

| Punto Muestreo | Cloro total (mg/L) | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 |
| P0 (Reservorio) | 0 | 0,60 | 1,20 | 1,80 |

T0: Testigo, T1: Tratamiento 1, T2: Tratamiento 2, T3: Tratamiento 3

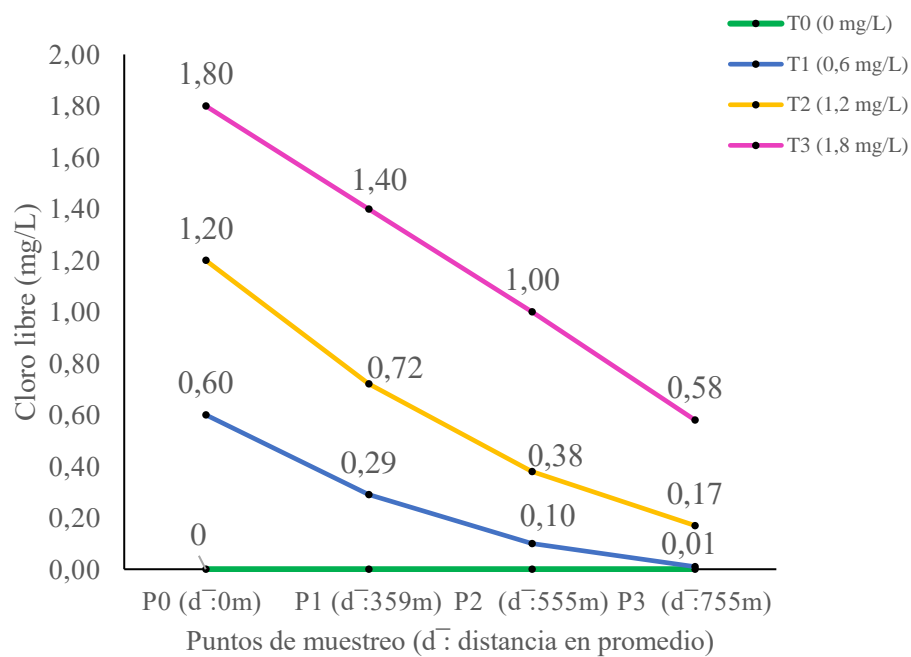
En la **Tabla 9**, se presentan los valores promedio de las mediciones de cloro libre para cada tratamiento empleado. Se observa que a medida que la dosificación de cloro total en el reservorio [P0] aumenta, el valor de cloro libre en las viviendas [P1-P3] también aumenta, mostrando una relación directamente proporcional. El último punto de medición, ubicado más alejado del sistema de distribución, presenta el valor más bajo de cloro libre.

Tabla 9. Promedio de los valores de cloro libre en puntos de muestreo

| Puntos Muestreo | Cloro libre (mg/L) | | | |
|---|--------------------|------|------|------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 |
| P1 (Vivienda cercana - \bar{d} :359m) | 0 | 0,29 | 0,72 | 1,40 |
| P2 (Vivienda media - \bar{d} :555m) | 0 | 0,10 | 0,38 | 1,00 |
| P3 (Vivienda final - \bar{d} :755m) | 0 | 0,01 | 0,17 | 0,58 |

T0: Testigo (0mg/L); \bar{d} : Distancia en promedio; T1, T2, T3: Promedio de Tratamiento 1, 2, 3 (0,6 mg/L; 1,2 mg/L; 1,8 mg/L)

La **Figura 5** muestra la concentración promedio de las tres repeticiones medidas de cloro libre (mg/L) en los diferentes tratamientos. Se observa que el tercer tratamiento, T3, con una concentración de 1,80 mg/L, es el que cumple adecuadamente con los niveles de cloro libre requeridos en todos los puntos de monitoreo.

**Figura 5.** Concentración promedio de cloro libre en los distintos tratamientos

La **Tabla 10** se observa que hay diferencia significativa entre casi todos los tratamientos y cada tratamiento son diferentes entre sí, en cuanto al porcentaje de eliminación de bacterias coliformes totales. A diferencia del T1, el cual no presenta diferencia significativa a los tratamientos adyacentes a él.

Tabla 10. T-Student de cloro libre comparación uno a uno

| Tratamiento | Medias | N | E.E. | |
|-------------|--------|---|------|---|
| T0 | 0,00 | 4 | 0,18 | A |

| Tratamiento | Medias | N | E.E. | | |
|-------------|--------|----|------|---|---|
| T1 | 0,25 | 12 | 0,11 | A | B |
| T2 | 0,62 | 12 | 0,11 | | B |
| T3 | 1,20 | 12 | 0,11 | | C |

T0: Testigo (0mg/L); T1: Tratamiento 1 (0,6mg/L); T2: Tratamiento 2 (1,2mg/L); T3: Tratamiento 3 (1,8mg/L)

Paredes Sotomayor (2022) señala que, el valor de cloro residual varía de acuerdo al lugar del punto de abastecimiento, las cuales presentan mayor cloro residual en la red más cercanas al reservorio y con menor concentración en las que se encuentren más alejadas, es decir, al final de la red de distribución. Lo cual respalda a esta investigación, debido a que, en las tres dosis de cloro aplicada se obtuvo un descenso de cloro libre, donde el mayor valor siempre estuvo denotado en la primera vivienda, la más cercana al reservorio, seguido de la vivienda intermedia y finalmente se obtuvo un menor valor en la vivienda más alejada de él. Landeo Espeza (2018) en su investigación corrobora lo señalado, debido a que se obtuvo también un mayor valor de cloro residual en su primera vivienda, oscilando entre 0,71mg/L y 1,03mg/L, seguido de la vivienda intermedia en donde se obtuvo valores de 0,67 mg/L a 1,01 mg/L y en la vivienda final del sistema se obtuvo una cloración de 0,57 mg/L a 0,91 mg/L.

Por su parte García Ávila (2019) menciona que las viviendas que no cuentan con un cloro libre óptimo se encuentran ubicadas en las partes finales de las redes, sobre todo si son ramificadas ya que presentan una mayor acumulación de sedimentos, aumentando de esta manera su demanda de cloro, por lo que el sistema no llega a cumplir al 100% los valores recomendados para la cloración. Complementando con Díaz & Rios (2020) quienes demuestran que al clorar a una concentración de 1,0 mg/L o menor a ella en reservorio; no satisface las necesidades de potabilización, ya que, se obtuvo valores en la primera red de distribución un cloro residual de 9,0 mg/L, en la red intermedia de 0,5 mg/L y en la red de distribución final encontró como máximo un valor de 0,2 mg/L, es decir que la cloración total empleada no compensa la demanda de cloro, debido a que en el último punto siempre se encontraban valores por debajo de los 0,5 mg/L, esto se debe a que utilizaron una dosificación de 1ppm, y como menciona Sánchez Minaya (2021) el valor mínimo para potabilizar el agua de un sistema debe ser mayor a 1,0 mg/L. Lo mencionado en estas investigaciones se solidifican en la presente investigación, ya que, al clorar con dosis de 0,6 mg/L y 1,2 mg/L, se obtienen cloros libre inferiores al valor mínimo de calidad, sobre todo con respecto al P3, punto más alejado del reservorio. Sin embargo, la segunda dosis de 1,2 mg/L está por encima de 1 mg/L, pero se obtuvo valores de cloro libre menores a 0,5 mg/L, lo que podría estar influyendo es la

presencia de otros factores como menciona Huayllani Laurente & Zevallos Salvatierra (2021) como caudal, el pH y la turbiedad, añadiendo lo que menciona García Ávila (2019) que se puede obtener un mayor nivel de cloración al emplear coeficientes de reacción del cloro con el agua y con las paredes del tubo.

4.4. Evaluación de la influencia de la dosificación de cloro en la eliminación de bacterias de la red de distribución del sistema de agua potable

La **Tabla 11** se presenta el promedio de las repeticiones de los conteos de bacterias obtenidos en los diversos análisis microbiológicos realizados para cada uno de los tratamientos.

Tabla 11. Promedio de la cantidad de bacterias UFC/100ml

| Tipo de bacterias | Puntos Muestreo | Cantidad de bacterias (UFC/100ml) | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----|----|----|
| | | T0 | T1 | T2 | T3 |
| Coliformes Totales | P0 (d̄:0m) | 80 | 25 | 6 | 0 |
| | P1(d̄:359m) | 88 | 39 | 13 | 0 |
| | P2(d̄:555m) | 96 | 48 | 22 | 0 |
| | P3(d̄:755m) | 100 | 60 | 31 | 0 |
| Coliformes Termotolerantes | P0 (d̄:0m) | 68 | 19 | 5 | 0 |
| | P1(d̄:359m) | 75 | 33 | 9 | 0 |
| | P2(d̄:555m) | 80 | 45 | 28 | 0 |
| | P3(d̄:755m) | 89 | 66 | 31 | 0 |
| <i>Escherichia coli</i> | P0 (d̄:0m) | 50 | 17 | 4 | 0 |
| | P1(d̄:359m) | 68 | 30 | 8 | 0 |
| | P2(d̄:555m) | 78 | 42 | 21 | 0 |
| | P3(d̄:755m) | 99 | 63 | 31 | 0 |
| Bacterias Heterotróficas | P0 (d̄:0m) | 150 | 25 | 8 | 1 |
| | P1(d̄:359m) | 170 | 50 | 15 | 3 |
| | P2(d̄:555m) | 195 | 89 | 31 | 4 |
| | P3(d̄:755m) | 219 | 106 | 47 | 7 |

T0: 0mg/L; T1, T2, T3: Promedio de tratamientos (0,6;1,2;1,8 mg/L); P0: Reservorio; P1: Vivienda cerca, P2: Vivienda media; P3: Vivienda final, d̄: Distancia en promedio

Bacterias Coliformes Totales

La **Figura 6** muestra la cantidad promedio de coliformes totales (UFC/100ml) presentes en los puntos de muestreo, se observa que el T3, de 1,80 mg/L de dosificación, es el único que cumple con lo establecido, ya que elimina en su totalidad el número total de bacterias existentes en el agua.

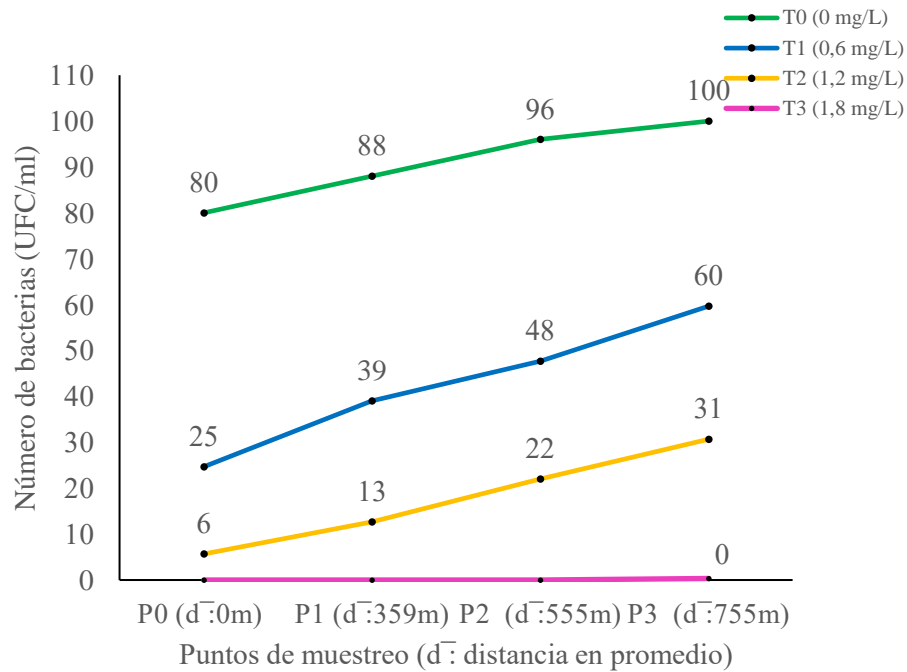


Figura 6. Cantidad promedio de coliformes totales

La **Tabla 12**, se observa que hay diferencia en los efectos de los tratamientos en cuanto al porcentaje de eliminación de bacterias coliformes totales, y cada tratamiento es diferentemente significativo entre sí.

Tabla 12. T-Estudent porcentaje de eliminación de C. Totales comparación uno a uno

| Tratamiento | Medias | N | E.E. | |
|-------------|--------|----|------|---|
| T0 | 0,00 | 4 | 4,74 | A |
| T1 | 57,25 | 12 | 2,73 | B |
| T2 | 82,17 | 12 | 2,73 | C |
| T3 | 99,92 | 12 | 2,73 | D |

T0: Testigo (0mg/L); T1: Tratamiento 1 (0,6mg/L); T2: Tratamiento 2 (1,2mg/L); T3: Tratamiento 3 (1,8mg/L)

Bacterias Coliformes Termotolerantes

La **Figura 7** se muestra la cantidad promedio de bacterias coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en cada punto de muestreo, donde se observa que el T3, de 1,80 mg/L, es el único que logra eliminar la cantidad de bacterias existentes en el agua en su totalidad.

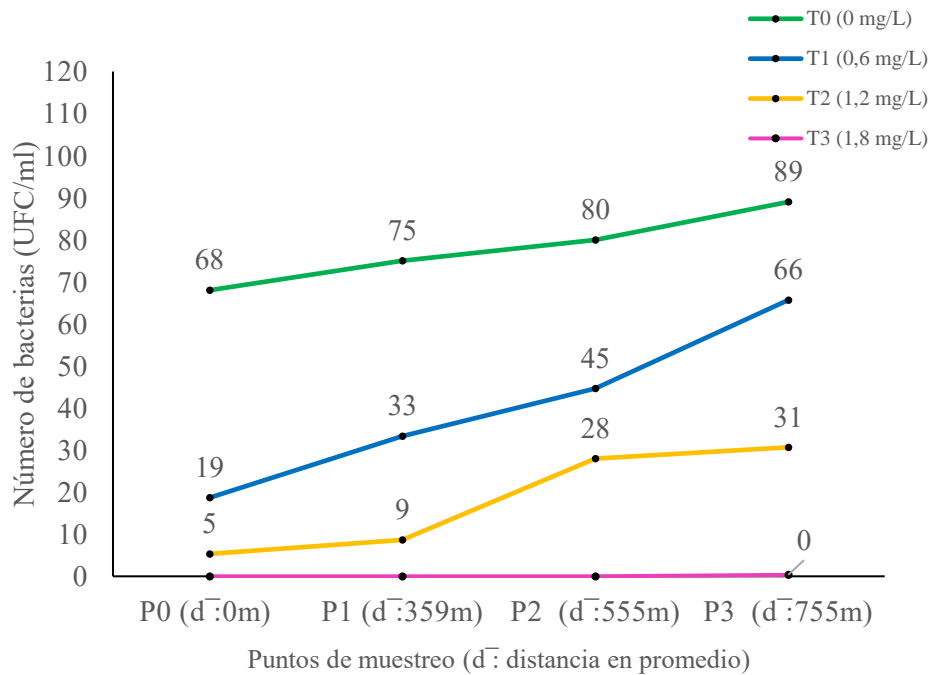


Figura 7. Cantidad promedio de Coliformes Termotolerantes

La **Tabla 13** se observa que hay diferencia en los efectos de los tratamientos en cuanto al porcentaje de eliminación de bacterias coliformes termotolerantes, y cada tratamiento son diferentes entre sí.

Tabla 13. T-Student porcentaje de eliminación de *C. Termotolerantes* comparación uno a uno

| Tratamiento | Medias | N | E.E. | |
|-------------|--------|----|------|---|
| T0 | 0,00 | 4 | 6,81 | A |
| T1 | 54,40 | 12 | 3,93 | B |
| T2 | 79,59 | 12 | 3,93 | C |
| T3 | 99,91 | 12 | 3,93 | D |

T0: Testigo (0mg/L); T1: Tratamiento 1 (0,6mg/L); T2: Tratamiento 2 (1,2mg/L); T3: Tratamiento 3 (1,8mg/L)

Escherichia coli

La **Figura 8** se muestra la cantidad promedio de *Escherichia coli* (UFC/100ml) presentes en los puntos de muestreos. Se observa que el T3, cuya dosificación es 1,80 mg/L, es el tratamiento que logra eliminar al 100% la cantidad de bacterias.

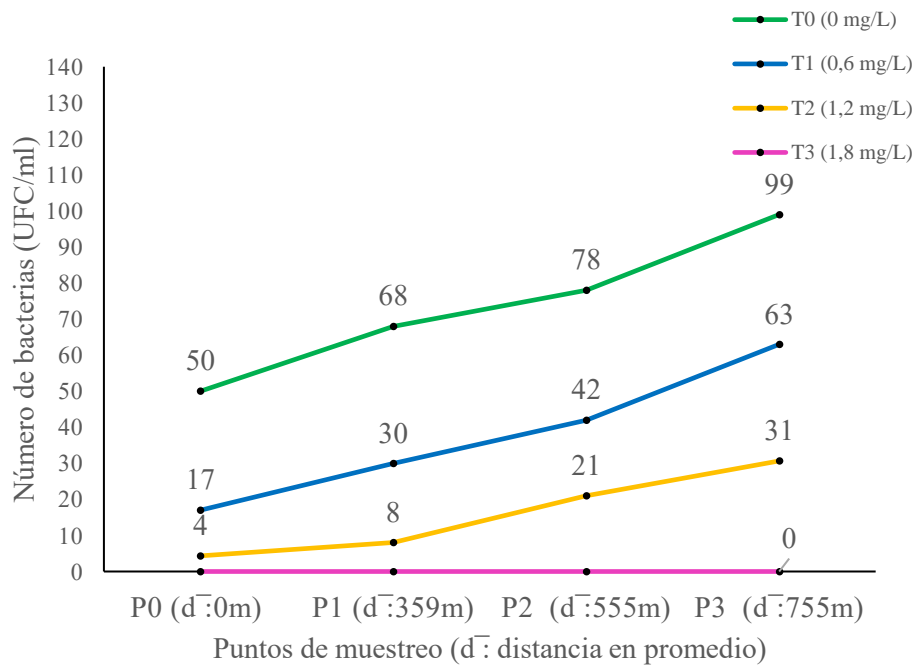


Figura 8. Cantidad promedio de *Escherichia coli*

La **Tabla 14** se observa que existen diferencias en los efectos de los tratamientos en cuanto a su porcentaje de eliminación de las bacterias *Escherichia coli* y, por tal motivo, cada tratamiento es diferente entre sí, produciendo en cada uno de ellos un distinto porcentaje de eliminación de este tipo de bacterias.

Tabla 14. T-Student porcentaje de eliminación de *Escherichia coli* comparación uno a uno

| Tratamiento | Medias | N | E.E. | |
|-------------|--------|----|------|---|
| T0 | 0,00 | 4 | 5,94 | A |
| T1 | 61,62 | 12 | 3,43 | B |
| T2 | 83,84 | 12 | 3,43 | C |
| T3 | 100,00 | 12 | 3,43 | D |

T0: Testigo (0mg/L); T1: Tratamiento 1 (0,6mg/L); T2: Tratamiento 2 (1,2mg/L); T3: Tratamiento 3 (1,8mg/L)

Urseler et al. (2019) menciona que realizar actividades agrícolas y ganaderas cerca de la fuente constituirán una importante fuente de contaminación microbiológica de las aguas subterráneas, debido a que estas actividades generan gran impacto en su calidad, debido, entre otras causas, a la introducción de bacterias contaminantes. Esto puede ser el caso de la investigación, ya que, cerca de la fuente de abastecimiento existen sembríos tipo vivero, de las viviendas aledañas a la zona.

Reyes López (2016) logró eliminar microorganismos patógenos, coliformes, en las plantas de tratamientos a un porcentaje del 99,99% empleando una cloración de 2 mg/L aproximadamente, y, desde la perspectiva de esta investigación, empleando una cloración de 1,80 mg/L también se logró eliminar a un 99,94% de las coliformes totales.

Cabe resaltar que Herrera (2020) menciona que existe un mayor crecimiento de coliformes en las estructuras de almacenaje sin desinfección, ya que, llega a superar los límites estipulados en el reglamento de la calidad de agua de consumo, esto corrobora lo encontrado en esta investigación, ya que, el tratamiento sin desinfección, el T0 testigo, es el que presentó una mayor incidencia en cuanto al crecimiento de bacterias.

Es conveniente acotar que Núñez-Figueroa & Gonzales-Vasquez (2021) en su investigación evidenció un incremento de coliformes en la época de estiaje, lo cual lo fundamenta que el incremento de sólidos suspendidos se origina por la disminución del caudal de ingreso de agua, además, con la aplicación de una dosis óptima de cloración logró eliminarlos con una eficiencia al 100% esto se corrobora y afirma en esta investigación, debido a que la ciudad de Tingo María en los meses de Abril a Octubre se encuentra en temporada seca (Duran, 2019)

Sin embargo, Pacheco (2023) evidenció una mayor presencia de coliformes totales en la época de avenida, en donde registró una media de 105 UFC/100 ml; sin embargo, este valor fue similar al de la presente investigación pese a que esta se realizó en temporada seca, contando con un valor promedio de 100 UFC/100ml, esto puede deberse a lo mencionado por Paredes Sotomayor (2022) quien afirma el cloro residual se encuentra inversamente relacionado con la presencia de coliformes totales, fecales, conductividad, pH y turbiedad. Además, Minaya Laureano (2020) afirma que los problemas de calidad de agua se relacionan con incidencias físicas como es el caso de acumulación de sedimento y el ingreso directo de contaminantes mediante la red, como se evidenció en este caso, puede traer consigo la aparición de problemas químicos y/o microbiológicos. Dentro de este marco, (Herrera, 2020) menciona que la existencia de bacterias coliformes totales en la red de distribución, está estrechamente relacionado con su interacción con los parámetros físicos, químicos y operativos.

Por lo que Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (2017) recalca la importancia de que la turbiedad posea como valor máximo 0,1 UNT y de esta manera mejorar la efectividad en la que el agua se desinfecta, ya que, cuanto más turbia se encuentre el agua, existe una mayor incidencia de contaminación microbiológica. Además, también recomienda que el agua debe encontrarse en un rango de pH

de 6,5 a 8,5; superiores a esto, el agua requiere una mayor demanda en cloro. Por su parte, García Ávila (2019) menciona que, la presencia de microorganismos se debe también a la operabilidad de las tuberías en mal estado, ya que, permite el ingreso de microorganismos.

Bacterias Heterotróficas

La **Figura 9** se muestra la cantidad promedio de bacterias heterotróficas (UFC/100ml) presentes en los puntos de muestreo. Se observa que todos los tratamientos logran gran cantidad de eliminación de bacterias, pero el que elimina casi en su totalidad es el T3.

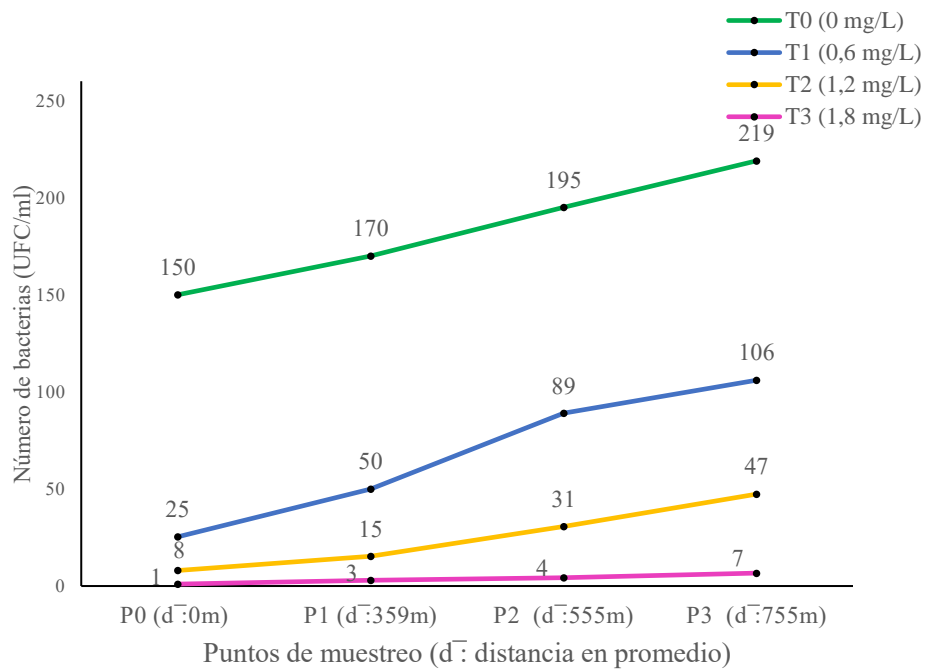


Figura 9. Cantidad promedio de bacterias Heterotróficas

La **Tabla 15** se observa que existe diferencia en los efectos de los tratamientos en cuanto al porcentaje de eliminación de bacterias heterotróficas y cada tratamiento son diferentes entre sí; a excepción del T3 el cual no es significativamente diferente al T2.

Tabla 15. T-Student porcentaje de eliminación de B. Heterotróficas comparación uno a uno

| Tratamiento | Medias | N | E.E. | |
|-------------|--------|----|------|---|
| T0 | 0,00 | 4 | 4,67 | A |
| T1 | 69,14 | 12 | 2,70 | B |
| T2 | 88,43 | 12 | 2,70 | C |
| T3 | 98,29 | 12 | 2,70 | C |

T0: Testigo (0mg/L); T1: Tratamiento 1 (0,6mg/L); T2: Tratamiento 2 (1,2mg/L); T3: Tratamiento 3 (1,8mg/L)

Herrera (2020) en su investigación también encontró diferencias significativas entre dosificaciones de cloración, ya que, cuando las estructuras no tenían presencia de cloración existía un 21% de muestras que superaban el límite máximo permisible, cuando cloraban con 0,30 mg/L se obtuvo en promedio 80 UFC/100ml de bacterias heterotróficas, con 0,60 mg/L se obtuvo 24 UFC/100ml y con 0,80 mg/L se redujo a 14 UFC/100ml. Comparado con esta investigación, se observa que, en su investigación el testigo ostentó un mayor número de bacterias heterotróficas, incluso algunas muestras superaban el límite establecido, pese a ello, al clorar con dosis similares e incluso menores, se obtuvieron mejores resultados en cuanto a la eliminación de bacterias, esto puede deberse a que ese sistema de agua contaba con un mejor estado de sus tuberías de distribución, y no existían más ingresos de microorganismos del exterior (García Ávila, 2019).

Herrera (2020) menciona que la cloración en los sistemas de agua es idónea para poder limitar el crecimiento de poblaciones de bacterias heterotróficas, logrando mantenerlas a hasta menores de las 100 UFC/ml en la red de distribución; sin embargo, en temporadas de verano muchos sistemas perciben un gran incremento en cuanto a sus poblaciones de bacterias heterotróficas llevándolas a un rango de 500 a 1000 UFC/100ml.

V. CONCLUSIONES

1. Se realizó el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable, donde se encontró que todas las estructuras requieren mantenimiento correctivo.
2. La dosis total óptima de cloro, calculada en laboratorio, es la adecuada para cumplir con las necesidades reglamentarias de cloro libre en viviendas.
3. La dosificación de cloro tiene una relación directamente proporcional al cloro libre de la red de distribución.
4. La dosificación de cloro influye de manera positiva en la eliminación de bacterias, además, la dosis total óptima es la única que logra eliminarlas en su totalidad.
5. Se afirma la hipótesis planteada, la dosificación de cloro elimina más del 99% de las bacterias del sistema de agua potable del centro poblado Supte San Jorge, siempre y cuando se realice con la dosis total óptima.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Dar continuidad al presente estudio abarcando los meses en época de avenida e incluir los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua, estipulados en el Decreto Supremo N° 031-2010-S.A., para evidenciar en todos los ámbitos posibles que el agua es apta para consumo humano.
2. Se sugiere realizar una limpieza y desinfección preliminar de todo el sistema de agua potable para realizar los análisis microbiológicos, y de esta manera, evitar una posible presencia de bacterias adheridas a las estructuras.
3. Realizar evaluaciones con dosificaciones de cloro entre los dos últimos tratamientos de la presente investigación, para comprobar que el último tratamiento, el de la dosis óptima, es la mínima dosificación óptima que requiere el sistema.
4. Contar con un operador constante que realice la vigilancia y monitoreo continuo de la cloración del agua del sistema de agua potable y el mantenimiento preventivo y correctivo oportuno que requieran las estructuras del sistema.

VII. REFERENCIAS

- Anacleto Salinas, K. (2021). Fortalecimiento de la capacidad Institucional de los servicios de agua y saneamiento del área técnica Municipal del Distrito de Pampas – Provincia Pallasca – Región Ancash [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. En *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65159>
- Anaya Orellano, D. A. (2023). *Evaluación y mejoramiento de las estructuras hidráulicas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable del caserío de Paquishca, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, región de Áncash - 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote]. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/35164>
- Arias Gonzáles, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. https://www.bibliotecavirtualtodoeduca.com/wp-content/uploads/2021/12/Arias-Covinos-Diseno_y_metodologia_de_la_investigacion.pdf
- Cooperación Alemana, implementada por la D., & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. <http://www.buenagobernanza.org.pe/>
- De Sousa, C., Correia, A., & Colmenares, M. C. (2010). Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 50(2), 187-196. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482010000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Development Alternatives International. (2022). *GUÍA PROTOCOLARIA PARA LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD AGUA*.
- Díaz, E., & Ríos, A. V. (2020). *Determinación de cloro residual en agua de consumo humano del centro poblado La Palma, distrito San Bernardino, 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23891>
- Duran, L. Y. (2019). *Índices de cambio climático y tendencia climática de las variables meteorológicas de las ciudades de Tingo María y Tocache, 2003-2017* [Tesis de postgrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].

<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/5594/PGA00092D98.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ente Regulador de Servicios Sanitarios. (2020, julio 30). *Importancia de la Cloración en la potabilización de Agua – Enress*. <https://www.enress.gov.ar/importancia-de-la-cloracion-en-la-potabilizacion-de-agua/>

García Ávila, F. F. (2019). *Modelo de decaimiento de cloro libre en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Azogues, Ecuador* [Tesis de postgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3845>

García, L., & Iannacone, J. (2014). Pseudomonas Aeruginosa un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica. *The Biologist*, ISSN-e 1816-0719, Vol. 12, N°. 1, 2014, págs. 133-152, 12(1), 133-152. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4755797&info=resumen&idioma=EN>
G

Geremew, A., Mengistie, B., Alemayehu, E., Lantagne, D. S., Mellor, J., & Sahilu, G. (2018). Point-of-use water chlorination among urban and rural households with under-five-year children: a comparative study in Kersa Health and Demographic Surveillance Site, Eastern Ethiopia. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 8(3), 468-480. <https://doi.org/10.2166/WASHDEV.2018.173>

Gutierrez, P. (2018). *Influencia del mantenimiento preventivo en la eficiencia del Sistema de agua potable del C.P. rural La Campiña de Supe, Barranca, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. En *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25062>

Herrera, A. (2020). *Alteraciones de la calidad bacteriológica del agua almacenada en tanques de conexiones domiciliarias, abastecidos con agua potable de Sedapal* [Tesis de postgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4547>

Huayllani Laurente, N. M., & Zevallos Salvatierra, A. (2021). Relación entre la dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable en la ciudad de Huancavelica - 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. En *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65317>

- Instituto de Promoción para la Gestión del Agua. (2016). *La JASS: Funciones e instrumentos de gestión*. <https://www.iproga.org.pe/>
- Jimenez, M., Cova, R., Trías, L., Vega, C., & Manganiello, L. (2017). Parameters relating to chemical properties and organoleptic quality of waters confluing reservoirs for human consumption. *Revista Ingeniería UC*, 24(1), 128-136. <https://www.redalyc.org/pdf/707/70750544014.pdf>
- Landeo Espeza, A. F. (2018). *Relación de los métodos por goteo y la eficacia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1698>
- Larrea, J. A., Rojas, M. M., Romeu, B., Rojas, N. M., & Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
- Martínez, M., Fernández, D., Castillo, R., & Uribe, D. (2020). *Líneas de conducción por gravedad*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SAGARPA%20s.f.%20L%C3%ADneas%20de%20Conducc%C3%ADon%20por%20gravedad..pdf
- Minaya Laureano, M. F. (2020). Implementación del método de filtración por membrana empleando el sistema de filtración EZ-FIT TM en análisis microbiológico de agua purificada en laboratorio de caramelos farmacéuticos en el periodo de mayo – octubre del 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Privada Norbert Wiener]. En *Universidad Privada Norbert Wiener*. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/4243>
- Montoya, L. J., & Montoya, R. (2012). Efecto de la presión sobre las fugas de agua en sistema de tubería simple. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11(20), 77-86. <http://scielo.org.co/pdf/rium/v11n20/v11n20a07.pdf>
- Muñoz Mendoza, R. (2019). Eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo - Celendín [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. En *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3564>
- Núñez-Figueroa, M., & Gonzales-Vasquez, W. (2021). Eficiencia del proceso de cloración en la eliminación de coliformes termotolerantes en una planta de tratamiento de agua potable.

Revista Ciencia Norandina, 4(2), 70-76. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021V4N2P70>

- Olmedo, M. T. (2008). Subproductos de la desinfección del agua por el empleo de compuestos de cloro. Efectos sobre la salud. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 8, 335-342. [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51018bc59c356_Hig.Sanid_.Ambient.8.335-342\(2008\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51018bc59c356_Hig.Sanid_.Ambient.8.335-342(2008).pdf)
- Organización Mundial de la Salud. (2009). Medición del cloro residual en el agua. *Organización Mundial de la Salud*, 1(11), 1-4. www.lboro.ac.uk/wedc
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados. *Organización Mundial de la Salud*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/AG%C3%9CERO%202004.%20Dise%C3%B1o%20y%20construccion%20reservorios%20apoyados.pdf
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable. *Organización Mundial de la Salud*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005a.%20Dise%C3%B1o%20reservorios%20elevados.pdf
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2015). *Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental* (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, Ed.). www.OECD.org/publishing/corrigenda.
- Pacheco, J. (2023). *Calidad de agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2553>
- Paredes Peralta, A. P. (2014). *Implementación del protocolo para la determinación de Coliformes Totales y e. Coli en Agar Chromocult para la Asociación Municipal de Acueductos Comunitarios AMAC* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Perira]. <https://hdl.handle.net/11059/4927>
- Paredes Sotomayor, B. W. (2022). Efectos de los Sistemas de Cloración por Goteo en la Concentración de Cloro Residual del Agua Potable en Zonas Rurales [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. En *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4940>

- Perales Dominguez, E. N. (2020). *Determinación de la dosificación óptima de cloro en relación con cloro residual en el tratamiento de agua para consumo en la Urbanización Santa Lucia - Morales* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4252>
- Pérez Chanca, E., & Ramos Castellanos, G. (2018). *Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2181>
- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, (2010). <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- Reyes López, M. G. (2016). *Uso del cloro en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas: desinfección y formación de subproductos* [Tesis de postgrado, Universidad Politécnica Nacional]. <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/23350/1/Tesis%20Gpe%20Reyes%20.pdf>
- Ríos Tobón, S., Agudelo Cadavid, R., & Gutiérrez Builes, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 35(2), 236-247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Robert, M. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 45(1), 25-36. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf>
- Saavedra Valladolid, G. N. (2018). *Propuesta técnica para el mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable en los centros poblados rurales de Culqui y Culqui Alto en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, Piura* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. <https://bit.ly/3TInXfT>
- Salazar Jiménez, J. A. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica). *Tecnología en marcha*, 28(3), 127-136. <https://doi.org/doi.org/10.18845/tm.v28i3.2417>
- Sánchez Minaya, M. L. (2021). *La Gestión Municipal y la eficiencia de prestación de servicios de agua y saneamiento en el Distrito de Santa María del Valle Huánuco 2015 – 2018*

- [Tesis de postgrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].
<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6898>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2022). *Datos meteorológicos a nivel nacional*. <https://www.gob.pe/senamhi>
- Siesquen Carrillo, C. A. (2019). *Capacitación en administración, operación y mantenimiento de agua y saneamiento rural, desinfección, cloración y educación sanitaria del distrito de Túcume (JASS)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8852>
- Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado. (2014). *Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades*. <https://sswm.info/es/node/11831>
- Solomon, E. T., Robele, S., Kloos, H., & Mengistie, B. (2020). Effect of household water treatment with chlorine on diarrhea among children under the age of five years in rural areas of Dire Dawa, eastern Ethiopia: A cluster randomized controlled trial. *Infectious Diseases of Poverty*, 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/S40249-020-00680-9/TABLES/4>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2020). *Frecuencia mínima de muestreo de los parámetros que deben ser controlados por las EPS*. https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/re15_012cd_expo.pdf
- Supo, J. (2023, abril 2). *Niveles de investigación*. Bioestadístico. <https://bioestadistico.com/niveles-de-investigacion>
- Urseler, N. L., Bachetti, R. A., Damilano, G., Morgante, V., Ingaramo, R. N., Saino, V., & Morgante, C. A. (2019). Calidad microbiológica y usos del agua subterránea en establecimientos agropecuarios del centro-sur de Córdoba, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 839-848. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.06>
- Velasco, G. (2006). *Diseño de línea de conducción y red de distribución*. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/deschamps_g_e/capitulo3.pdf
- Vite Pazo, I. L. (2021). Diagnóstico del sistema de agua potable del asentamiento humano Nuevo Chalaco y su incidencia en la condición sanitaria de la población, distrito de Vice, provincia de Sechura, departamento Piura 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Católica

Los Ángeles de Chimbote]. En *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*.
<https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/24147>

Zúñiga, I. R., & Samperio, H. (2019). Importancia de la cloración del agua: sitios de abastecimiento con presencia de bacterias patógenas. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 39(3), 86-92. <https://www.researchgate.net/publication/337290298>

ANEXOS

Anexo A: Detalle de los tipos de microorganismos y cloro libre en las muestras**Tabla 16.** Cloro libre en los tratamientos

| Puntos Muestreo | Cloro libre (mg/L) | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | T0 | T1 | | | T2 | | | T3 | | |
| | | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 |
| P0 | 0 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,80 | 1,80 | 1,80 |
| P1 | 0 | 0,28 | 0,28 | 0,30 | 0,72 | 0,75 | 0,70 | 1,40 | 1,37 | 1,43 |
| P2 | 0 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,38 | 0,42 | 0,34 | 1,00 | 0,98 | 1,03 |
| P3 | 0 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,17 | 0,21 | 0,13 | 0,58 | 0,53 | 0,63 |

Tabla 17. Cantidad de los tipos de bacterias en cada tratamiento

| Tipo de bacterias | Puntos Muestreo | Cantidad de bacterias (UFC/ml) | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------|--------------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| | | T0 | T1 | | | T2 | | | T3 | | |
| | | | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 |
| Coliformes Totales | P0 | 80 | 28 | 21 | 25 | 6 | 5 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| | P1 | 88 | 42 | 35 | 40 | 13 | 10 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| | P2 | 96 | 52 | 44 | 47 | 22 | 19 | 26 | 0 | 0 | 0 |
| | P3 | 100 | 64 | 55 | 60 | 30 | 27 | 35 | 1 | 0 | 0 |
| Coliformes Termotolerantes | P0 | 68 | 15 | 18 | 23 | 3 | 6 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| | P1 | 75 | 30 | 34 | 36 | 3 | 11 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| | P2 | 80 | 40 | 45 | 49 | 27 | 28 | 29 | 0 | 0 | 0 |
| | P3 | 89 | 59 | 68 | 70 | 29 | 30 | 33 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Escherichia coli</i> | P0 | 50 | 17 | 15 | 19 | 4 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| | P1 | 68 | 31 | 24 | 35 | 8 | 6 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| | P2 | 78 | 42 | 38 | 46 | 23 | 15 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | P3 | 99 | 64 | 58 | 67 | 31 | 28 | 33 | 0 | 0 | 0 |
| Bacterias Heterotróficas | P0 | 150 | 21 | 25 | 30 | 6 | 8 | 10 | 0 | 2 | 1 |
| | P1 | 170 | 48 | 49 | 53 | 12 | 16 | 18 | 2 | 3 | 4 |
| | P2 | 195 | 85 | 89 | 93 | 29 | 30 | 33 | 2 | 6 | 5 |
| | P3 | 219 | 100 | 108 | 110 | 45 | 47 | 50 | 5 | 8 | 7 |

Anexo B. Descripción del estado del sistema de agua de Supte San Jorge

Tabla 18. Estado de la captación de Supte San Jorge

| | | | | | |
|---------------------------|---|-----------|----------------|--------------------------------|-------------|
| Nombre del informe | Estado de conservación de la estructura de captación de Supte San Jorge | | | | |
| Ubicación política | | | Altitud | Coordenadas Geográficas | |
| Tingo María | Leoncio Prado | Rupa Rupa | 885 msnm | 18 L 394374 | UTM 8971304 |

Estado de conservación de la captación

La estructura no tiene delimitación definida, ya que, no se encuentra cercada perimétricamente, existe presencia de maleza en todo el perímetro, lo que dificulta su ubicación inmediata.

| | |
|--------------------------------|--|
| Beneficiarios directos: | 500 familias de centro poblado de Supte San Jorge. |
| Prioridad | Alta |
| Impacto | Impacto negativo de las condiciones en que se encuentra la estructura de captación con respecto a la cloración y presencia de bacterias. |
| Objetivo Principal | Identificar los principales problemas que afectan a la calidad y saneamiento del sistema de abastecimiento del agua. |

Descripción de la Ficha

La presente ficha sirvió para localizar el lugar donde se encuentra la estructura de captación del sector 2 Supte San Jorge, permitiendo de esta manera conocer las condiciones en la que se encuentra, para poder fundamentarlo al momento que se planteó los resultados y discusiones. como también para poder elaborar una propuesta técnica de mejora a la estructura. En esta estructura se encontró maleza al rededor y la inexistencia de una estructura de protección, que amenaza de una posible contaminación del agua.

Propuestas: Realizar la limpieza urgente de la estructura y el terreno, el pintado con material antioxidante, cambiar el filtro de sólidos y construir el cerco perimétrico

Acciones a desarrollar para lograr los objetivos

- Cronograma de planificación de trabajo de Campo
- Realización del trabajo en campo utilizando herramientas manuales y EPP correspondientes
- Elaboración de un proyecto para la construcción del cerco perimétrico

Entidades responsables de la ejecución de la ficha técnica

La Junta Administrativa de Servicios de Saneamiento

Tabla 19. Estado del reservorio de Supte San Jorge

| | | | | | |
|---------------------------|--|-----------|----------------|--------------------------------|-------------|
| Nombre del informe | Estado de conservación de la estructura sanitaria del centro poblado Supte San Jorge | | | | |
| Ubicación política | | | Altitud | Coordenadas Geográficas | |
| Tingo María | Leoncio Prado | Rupa Rupa | 689 msnm | 18 L 393607 | UTM 8972088 |

Estado de conservación del reservorio

El reservorio cuenta con un cerco perimétrico elaborado con alambre de púas; sin embargo, no está tenso en todo el perímetro lo cual permite el fácil acceso por los alambres cerca al suelo a cualquier persona que quisiera ingresar, su tapa sanitaria requiere un mantenimiento correctivo de soldadura, la estructura no presenta rajaduras, ni fugas de agua y su interior se encuentra limpio, todas las válvulas están operativas y sí cuentan con su punto de muestreo.

| | |
|--------------------------------|--|
| Beneficiarios directos: | 500 familias de centro poblado de Supte San Jorge |
| Prioridad | Alta |
| Impacto | Impacto negativo en cuanto a los objetivos a realizar sobre aumento de cloración y disminución de bacterias. |
| Objetivo Principal | Identificación de los problemas que afectan al reservorio. |

Descripción de la Ficha

La presente ficha nos permitió localizar el lugar donde se encuentra la estructura de reservorio del sector 2 de Supte Sa Jorge, que permita la elaboración de una propuesta técnica y cambio progresivo del funcionamiento del reservorio, debido a la falta de protección que nos brinda el cerco perimétrico como la tapa sanitaria de ingreso de amenazas de contaminación al agua de la estructura. El estudio hará posible que se realice la inspección continua del reservorio ante posibles deterioros. Propuestas: Realizar el mantenimiento correctivo del cerco perimétrico, tensando cada lateral de los alambres y de la tapa sanitaria de la estructura de almacenamiento, que se encuentra con una bisagra deteriorada.

Propuesta de acciones a desarrollar para la efectividad de la estructura

- Capacitación a la población sobre la cloración y realización del cronograma de trabajo de campo: y para el mantenimiento, limpieza y desinfección.
- Cambio de la tapa sanitaria
- Elaboración del mantenimiento del cerco perimétrico

Entidades responsables de la ejecución de la ficha técnica

La Junta Administrativa de Servicios de Saneamiento

Tabla 20. Estado de la red de distribución Supte San Jorge

| | | | | | |
|---------------------------|--|----------------|----------|--------------------------------|-------------|
| Nombre del informe | Estado de conservación de la estructura sanitaria del dentro poblado Supte San Jorge | | | | |
| Ubicación política | | Altitud | | Coordenadas Geográficas | |
| Tingo María | Leoncio Prado | Rupa Rupa | 709 msnm | 18 L 393198 | UTM 8972677 |

Estado de conservación de la red de distribución

Gran parte de la tubería de la red de distribución se encuentra expuesta sobre el suelo, lo que ocasiona una mayor probabilidad de ser dañados al impacto e incluso existen fugas de agua por donde podrían ingresar más microorganismos afectando la calidad

| | |
|--------------------------------|--|
| Beneficiarios directos: | 500 familias de centro poblado de Supte San Jorge |
| Prioridad | Alta |
| Impacto | Impacto negativo sobre la desinfección y potabilización del agua del sistema. |
| Objetivo Principal | Identificar problemas que afectan a las tuberías de la red de distribución y su disposición a las viviendas. |

Descripción de la Ficha

La presente ficha nos permitió poder definir las condiciones en la cual se encuentra la red de distribución, desde el reservorio hasta la vivienda final, observando que el 80% de la tubería se encuentra bajo tierra, el 20% restante se encuentra sobre el suelo, requiriendo un mantenimiento correctivo, ya que se encontraron pequeñas fugas, sin el reparo correcto.

Propuestas: Realizar el mantenimiento correctivo de las tuberías expuestas y estructurarlas bajo tierra.

Acciones a desarrollar para lograr los Objetivos

- Realizar cronograma de planificación de trabajo de campo
- Implementación del kit adecuado para la reparación de las tuberías dañadas
- Elaboración de un plan de trabajo para realizar mantenimientos preventivos de las tuberías

Entidades responsables de la ejecución de la ficha técnica

La Junta Administrativa de Servicios de Saneamiento

Anexo C: Solicitud de autorización para la ejecución del estudio

“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

CARTA N° 008- 2023- MMPP/TM

Tingo María, 30 de abril del 2023

SEÑOR : JULIO CESAR VÁSQUEZ JARA
Presidente de la JASS 2 Supte San Jorge

ASUNTO : Solicito acceso al sistema de agua potable y toma de muestras

REFERENCIA: Resolución N°210-2023-D-FRNR-UNAS

De mi mayor consideración.

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y desearle éxito en su gestión, a la vez manifestarle, que siendo bachiller en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, deseo ejecutar mi proyecto de Tesis en el Sistema de Agua Potable que usted dignamente dirige; así mismo, hago de su conocimiento que con Resolución N°210-2023-D-FRNR-UNAS, aprueban y autorizan la ejecución de mi proyecto de Tesis titulado **“Efecto de la dosificación de Cloro en la eliminación de microorganismos del sistema de agua potable de la JASS 2 Supte San Jorge, 2023”**.

Por tal motivo, solicito a usted permiso de acceso a las instalaciones del sistema de agua potable y toma de muestras de agua del reservorio para su respectivo análisis microbiológico, que se realizará de manera quincenal comenzando del mes de Mayo hasta el mes de Agosto del presente año.

Sin otro en particular, me suscribo de usted, no sin antes reiterarle mi saludo y estima personal.

Atentamente:



 Bach. Merilley Mishel Paredes Picón
 DNI N° 72210375
 Solicitante



“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

CARTA N° 005 - 2023- JASS 2- SUPTE SAN JORGE/TM

Tingo María, 04 de mayo del 2023

SRTA : MERILLEY MISHHELL PAREDES PICÓN

ASUNTO : ACEPTACIÓN A LO SOLICITADO

REFERENCIA: CARTA N°08- 2023- MMPP/TM

De mi mayor consideración.

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente, a la vez comunicarle que la Junta Administradora de servicios de saneamiento JASS 2 de Supte San Jorge, ha visto por conveniente aceptar y brindar las facilidades para el acceso a las instalaciones del sistema de agua potable y toma de muestras de agua del reservorio, para la ejecución del proyecto de tesis **“Efecto de la dosificación de Cloro en la eliminación de microorganismos del sistema de agua potable de la JASS 2 Supte San Jorge, 2023”**.

Sin otro en particular, me despido de usted, deseándole éxitos en la ejecución de su proyecto de tesis.

Atentamente:

ASOCIACIÓN DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE
SUPTE SAN JORGE
[Firma]
Julio Cestero Pasquez Jara
DNI 23018125
PRESIDENTE

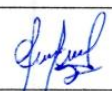

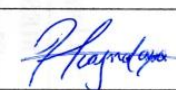
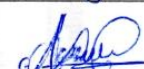
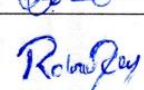
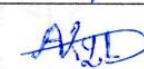
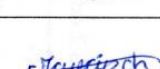
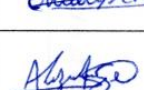
[Firma]
ONESIMO BERAÚN PIMENTEL
DNI : 22413463
VICEPRESIDENTE

**“REGISTRO DE ASISTENCIA A REUNIÓN CON LA JASS DEL SECTOR 2”
SUPTE SAN JORGE**

TEMA : ALCANCES DEL PROYECTO DE TESIS A REALIZAR

FECHA: 20 de Mayo del 2023

PARTICIPANTES

| N° | NOMBRES Y APELLIDOS | DNI | CARGO | FIRMA |
|----|-------------------------------------|----------|----------------|---|
| 1 | Julio Cesar Vasquez Jara | 23019125 | Presidente |  |
| 2 | Onésimo Borcán Pimentel | 22413463 | Vicepresidente |  |
| 3 | Clemente Condor Hurynalaya | 19903631 | Tesorero |  |
| 4 | Aurelia Dionicia Villanova Valdivia | 22750212 | Secretaria |  |
| 5 | Rolando Figueroa Zegorra | 23002937 | Vocal |  |
| 6 | Antonio Julia Laurencio | 23141125 | Vocal |  |
| 7 | Idalia Silvestre Chacón | 22963918 | Vocal |  |
| 8 | Alejandro Santiago Clemente | 41285949 | Operario |  |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |



Bach. Merilley Mishell Paredes Picón
DNI:72210375
TESISTA

Anexo D. Panel fotográfico



Figura 10. Identificación de la captación del sistema de agua potable



Figura 11. Reconocimiento de la estructura de captación



Figura 12. Identificación de la estructura de reservorio



Figura 13. Reunión con los representantes de JASS del sector 2 Supte San Jorge



Figura 14. Encuesta y entrevista a la JASS sobre el estado y mantenimiento del sistema



Figura 15. Georreferenciando con GPS los puntos de muestreo



Figura 16. Realizando la demanda de cloro del agua cruda del sistema



Figura 17. Recolección de muestra en la estructura del reservorio



Figura 18. Toma de muestra en el primer punto de muestreo (vivienda inicial)



Figura 19. Recolección de muestra del segundo punto (vivienda media)



Figura 20. Recolección de muestra en el tercer punto de muestreo (vivienda final)



Figura 21. Medición de cloro total en el reservorio



Figura 22. Pesando los cuatro agares para realizar el análisis microbiológico



Figura 23. Diluyendo los agares de M-Fc Agar Base y M-Endo Agar para bacterias coliformes totales y termotolerantes en el agitador magnético respectivamente



Figura 24. Diluyendo los agares Plate Count Agar y Macconkey Agar para bacterias *E. coli* y Heterotróficas en la autoclave respectivamente



Figura 25. Depositando las soluciones disueltas de cada agar en las placas Petri



Figura 26. Vertiendo 100 ml de muestra de agua en el embudo de filtración del equipo de filtración al vacío



Figura 27. Colocando las muestras de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en la incubadora a 44.5°C



Figura 28. Depositando las placas Petri con las muestras de bacterias heterotróficas y coliformes totales en la incubadora a 35°C



Figura 29. Contabilizando la cantidad de Unidades Formadora de Colonias de cada bacteria

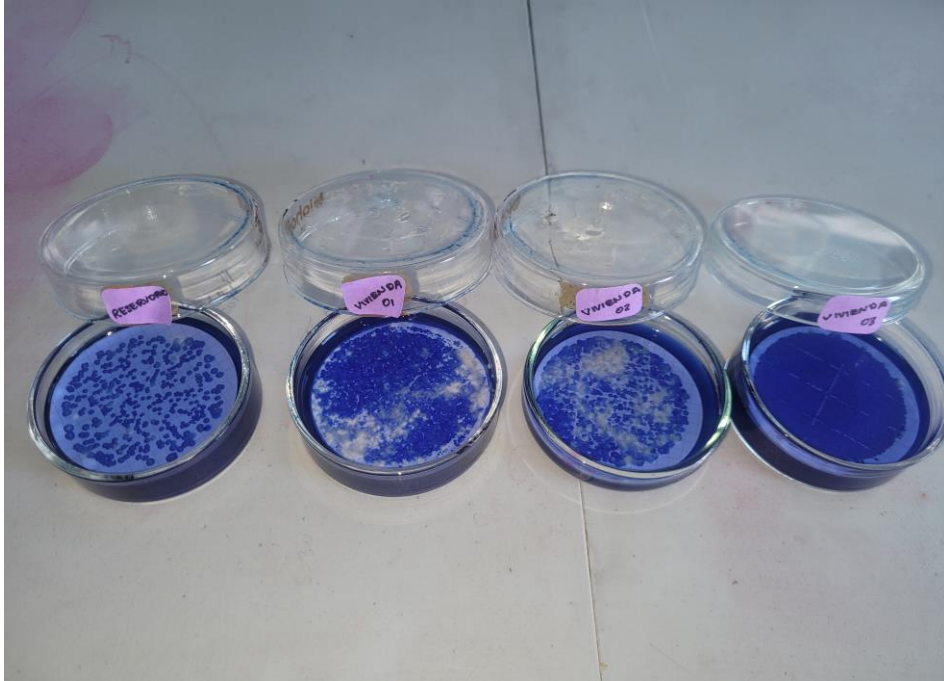


Figura 30. Resultado del análisis de coliformes termotolerantes del testigo

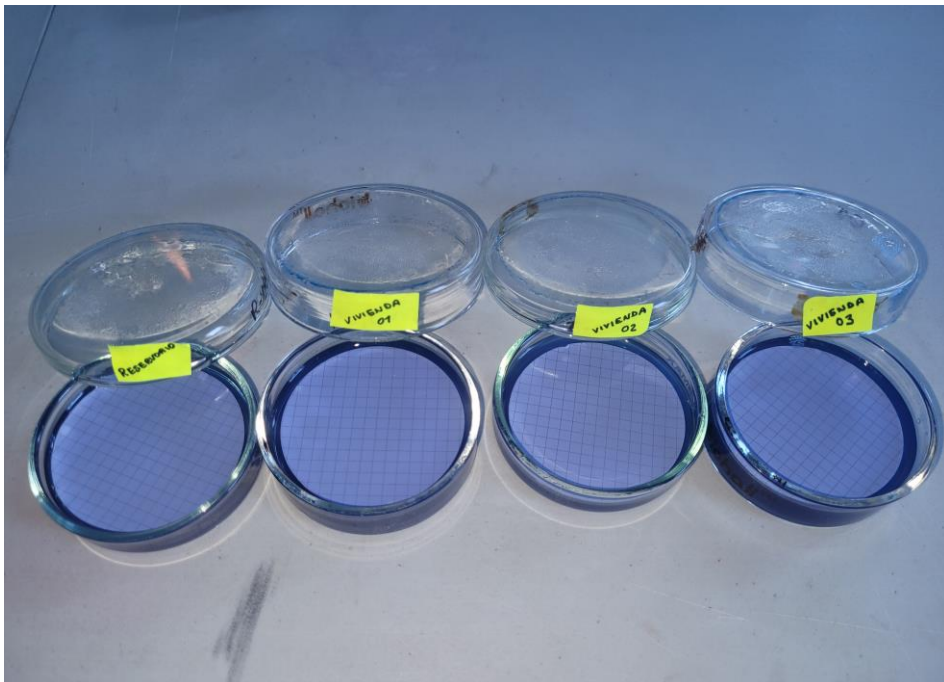


Figura 31. Resultado de análisis de coliformes termotolerantes con la dosis óptima

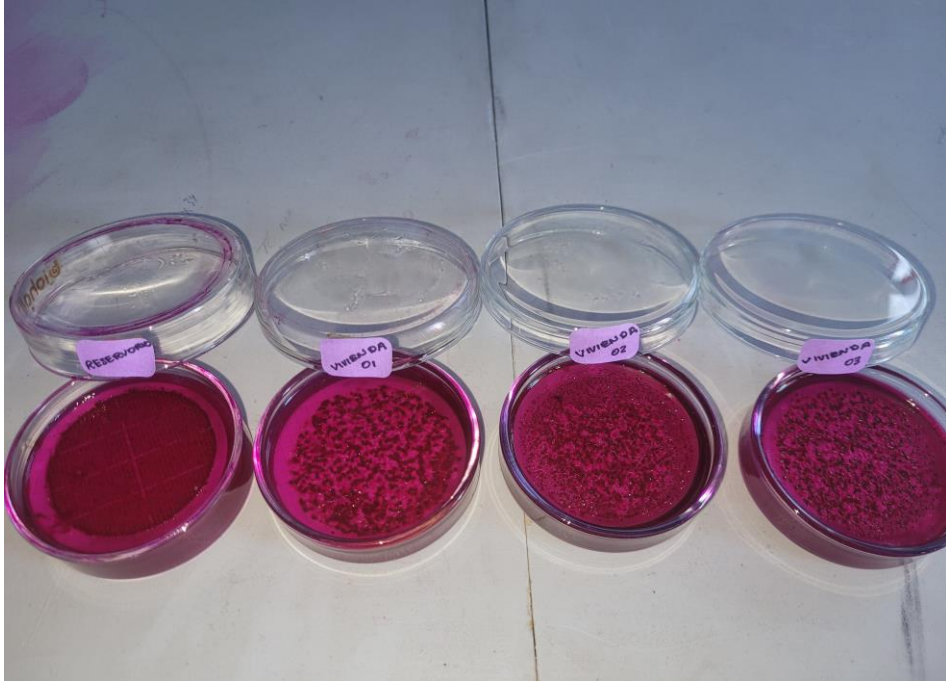


Figura 32. Análisis microbiológico de coliformes totales del testigo

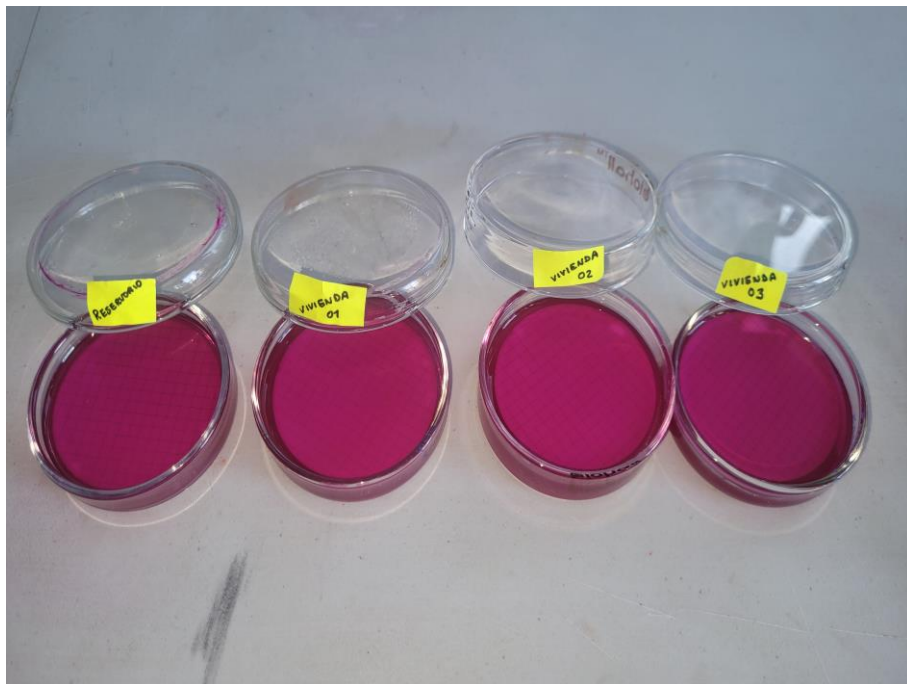


Figura 33. Análisis microbiológico de coliformes totales de la dosis óptima

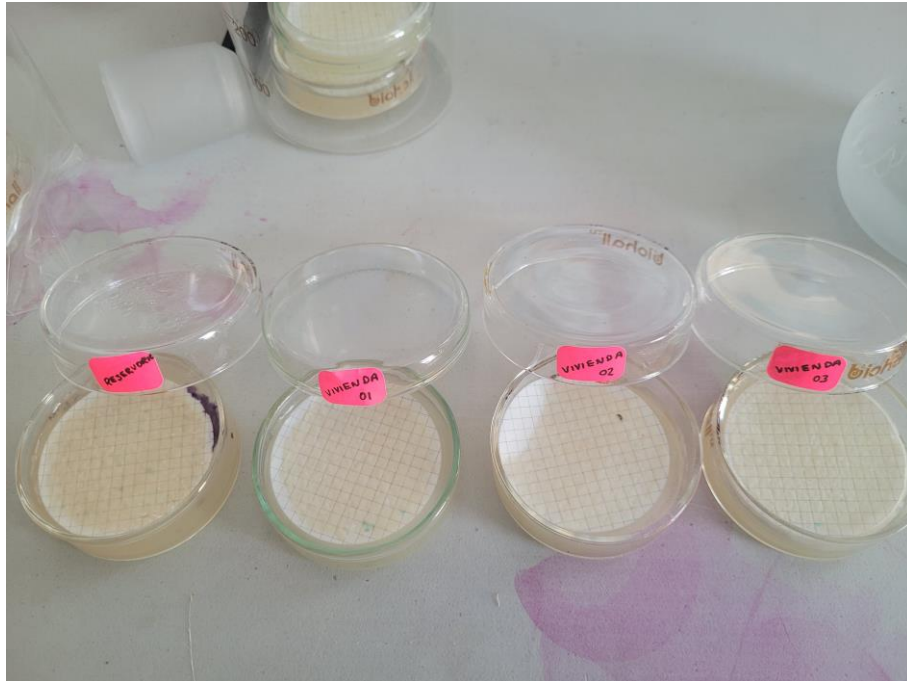


Figura 34. Resultado de análisis de bacterias heterotróficas del testigo

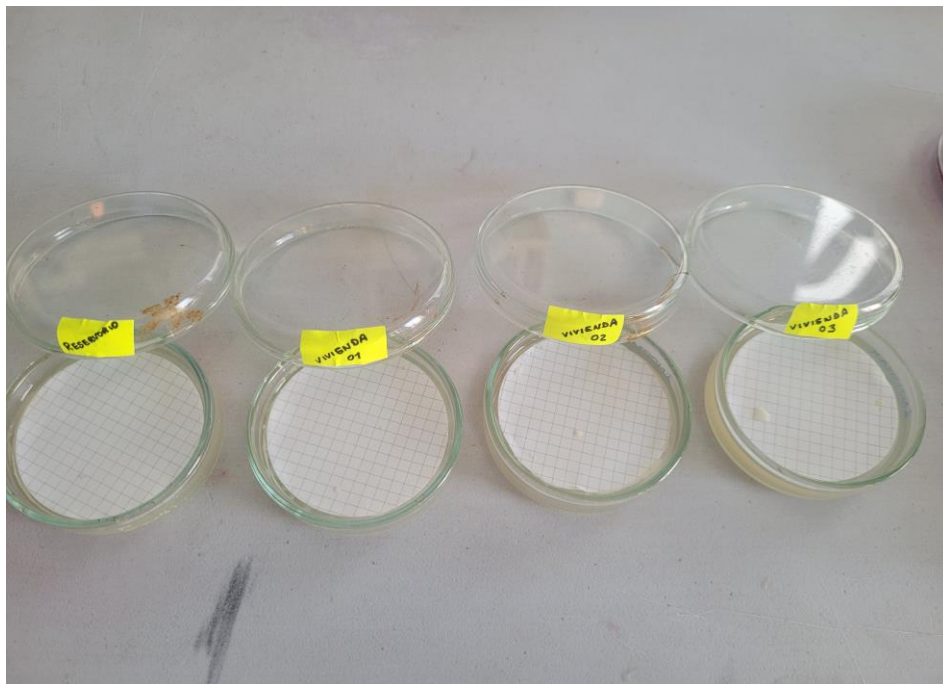


Figura 35. Resultado del análisis de bacterias Heterotróficas de la dosis óptima

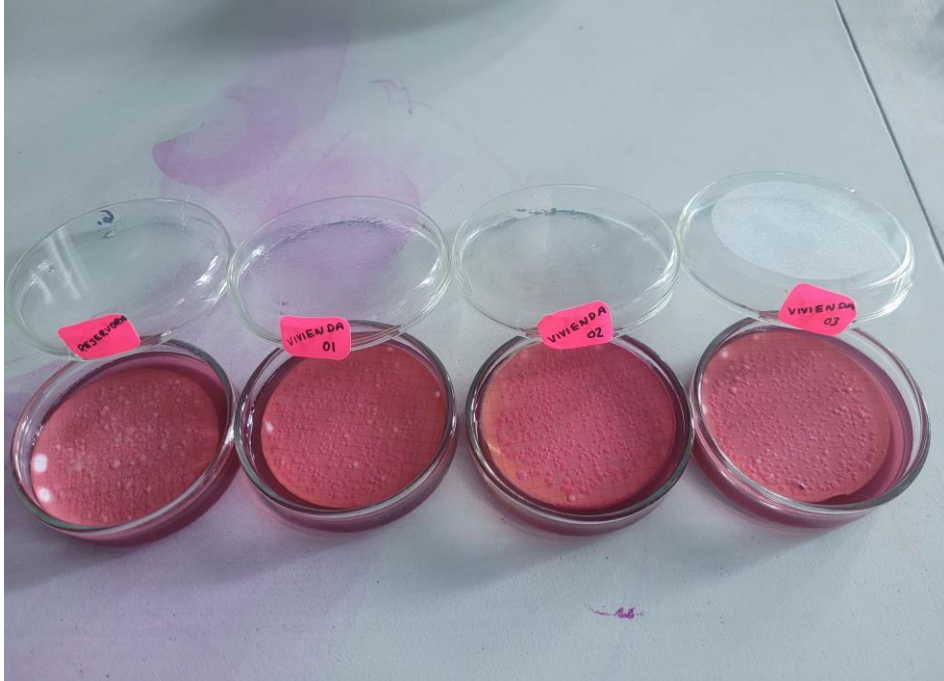


Figura 36. Análisis microbiológico de *Escherichia coli* del testigo

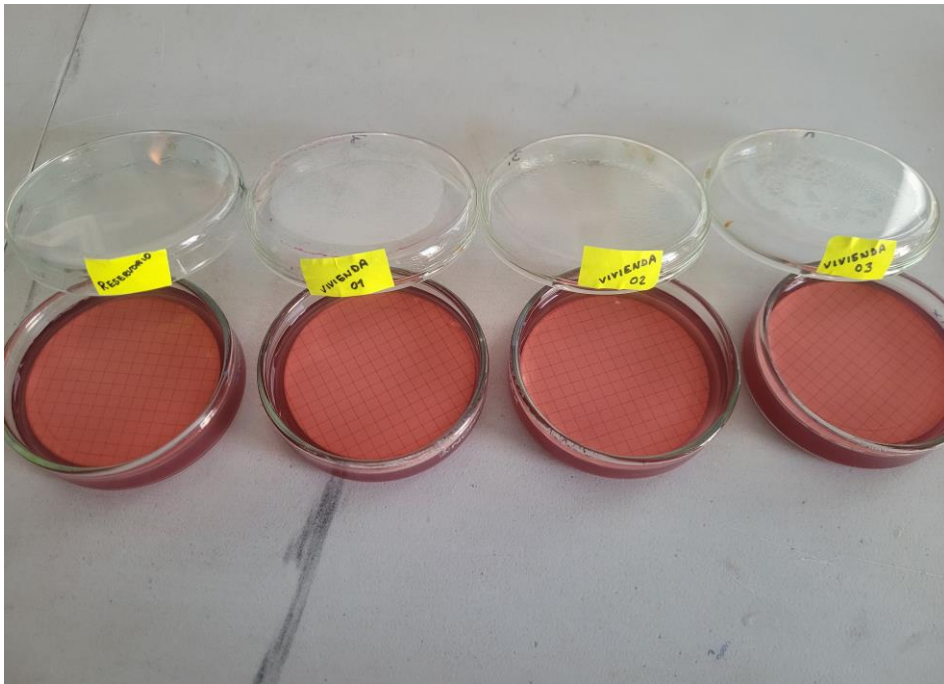


Figura 37. Análisis microbiológico de *Escherichia coli* de la dosis óptima



Figura 38. Medición final de cloro libre en la red de distribución

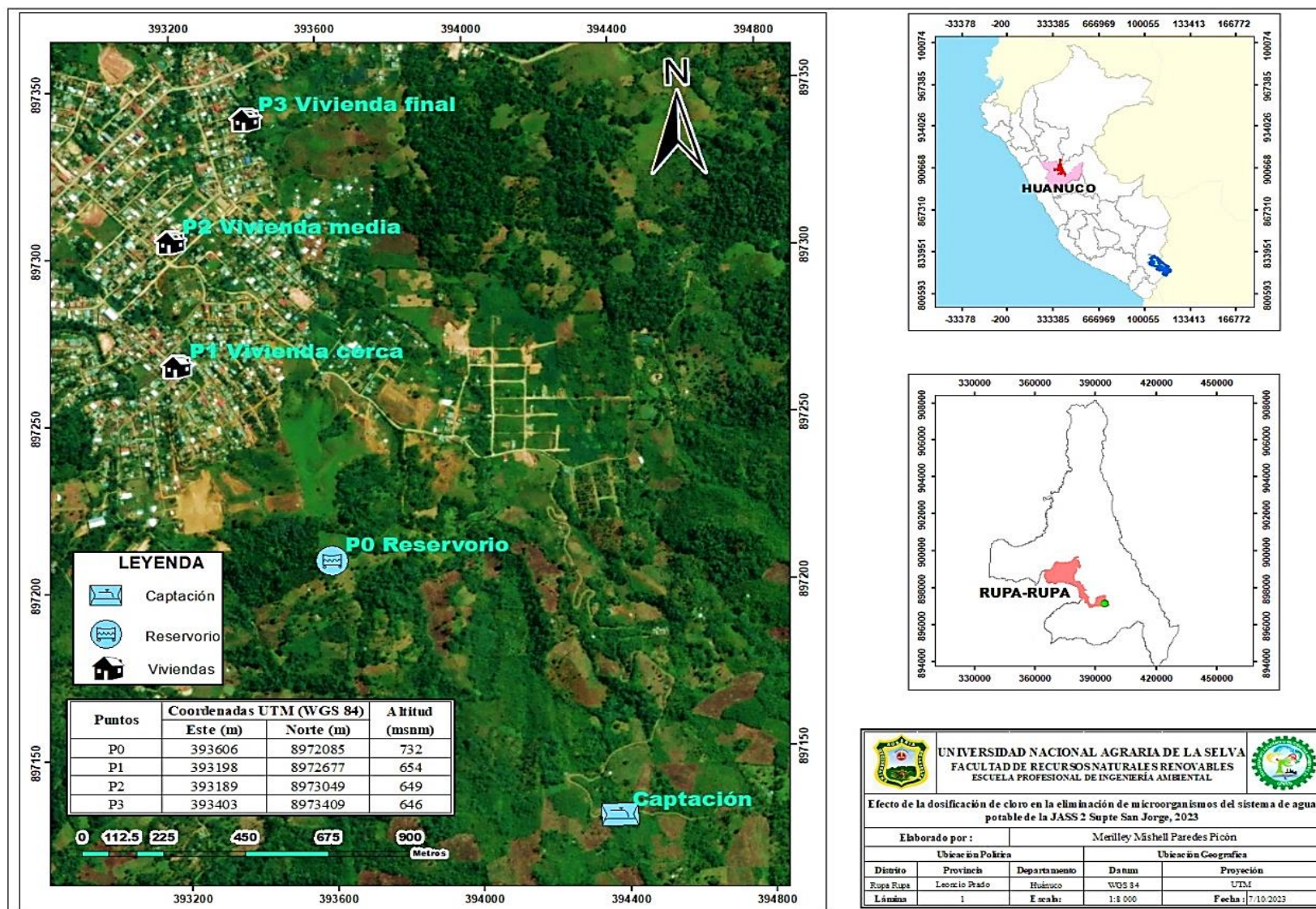


Figura 39. Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo