

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“ESTUDIO DEL CLORO LIBRE Y TOTAL EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SANTA APOLONIA Y EL MILAGRO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA-2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autoras:

Betsie Lucerito Cabellos Angulo

Jossy Stefhany Cubas Díaz

Asesor:

M.Cs. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A mis queridos padres Maritza Angulo y Ramón Cabellos, por su dedicación y esfuerzo, que me permitieron cumplir hoy un sueño más, gracias a ellos por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, dedicación y de no temer a las dificultades confiando siempre en Dios porque Él está siempre conmigo.

A mi hermana Gabriela, por todos sus consejos, su amor y críticas constructivas para impulsarme día a día a salir adelante.

A mi amada hija Almendra, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mi amiga y compañera de tesis Jossy, gracias por su amistad y por haber sido parte importante de este logro, sin ella no hubiera sido posible.

Betsie Lucerito Cabellos Angulo

A mis amados Padres Agustina Díaz y a Ruber Cubas por ser fuente de ternura, paciencia y sacrificio, permitiéndome alcanzar hoy otro sueño más. Gracias a ellos por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, dedicación y de no temer a las dificultades en cada paso que doy, siempre bajo la protección y bendición de Dios.

A mis hermanas Claudia y Mónica, y mi hermano Carlos, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban caer para que saliera adelante.

A mi amiga y compañera de tesis Betsy, gracias por su amistad incondicional y por haber sido parte importante de este logro, sin ella no hubiera sido posible.

A mi novio por ser un pilar muy importante en cada paso que doy, permitiéndome ser mejor cada día.

Por mucho que diga y escriba, no puedo expresar mi gran afecto y mi profunda gratitud hacia ellos. Espero no decepcionarlos nunca, ni traicionar su confianza, su amor y su sacrificio por mí.

Jossy Stefhany Cubas Diaz

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios por otorgarnos todo lo necesario para cumplir nuestras metas, por guiar nuestros pasos a través de sus promesas.

A nuestros familiares, por darnos las fuerzas y su apoyo incondicional para salir adelante.

A nuestros amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, sus alegrías y sus tristezas.

A nuestra Querida Universidad, por brindarnos una educación de calidad y permitirnos completar todo el proceso universitario, adquiriendo nuevos conocimientos a lo largo de nuestra formación.

Agradezco a todos los profesores de la Universidad Privada del Norte, especialmente a nuestro Asesor Juan Carlos Flores Cerna que, a través de sus palabras, sus consejos y sus críticas, guio nuestras reflexiones para la redacción de la presente tesis.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Realidad problemática:	13
1.1.1 <i>Antecedentes Internacionales:</i>	14
1.1.2 <i>Antecedentes nacionales:</i>	15
1.1.3 <i>Antecedentes Locales</i>	17
1.2 Formulación del Problema:	18
1.3 Objetivos de la Investigación:	18
1.3.1 <i>Objetivo General:</i>	18
1.3.2 <i>Objetivos Específicos:</i>	18
1.4 Hipótesis General:	19
1.4.1 <i>Hipótesis específicas:</i>	19
1.5 Bases teóricas:	20
1.5.1 <i>Agua potable:</i>	20
1.5.2 <i>Calidad del agua:</i>	20
1.5.3 <i>La desinfección mediante cloración del agua</i>	22
1.5.4 <i>Cloro residual en la red de distribución:</i>	23
1.5.5 <i>Proceso tipos de potabilización</i>	24
1.5.6 <i>Cloración</i>	24
<i>Metodología Analítica del Cloro:</i>	26
<i>Cloro residual:</i>	27
<i>Cloro residual combinado:</i>	28
<i>Síntomas de enfermedad transportada por el agua:</i>	29
<i>Nota: Enfermedades relacionadas con el consumo de agua, OMS, Guía Técnica.</i> ..	30
1.5.7 <i>Sistemas de abastecimiento de Agua</i>	30
1.5.8 <i>Plantas de Tratamiento de Agua Potable en la ciudad de Cajamarca</i>	33
1.6 Justificación:.....	36

CAPÍTULO II. MÉTODO	37
2.1 Tipo de investigación:	37
2.2 Población y Muestra	37
2.2.1. Población:	37
2.2.2. Muestra:	38
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	39
2.3.1. Materiales.....	39
2.3.2. Equipos.....	40
2.3.3. Técnicas de recolección de datos.....	40
2.3.4. Análisis de datos.....	42
2.4 Procedimiento.....	42
2.4.1. Ubicación de los puntos de muestreo.....	42
2.4.2. Diseño de muestreo	44
2.4.3. Análisis de la muestra	45
2.5 Aspectos éticos	47
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	48
3.1. Resultados del cloro libre y total de la planta de Santa Apolonia	48
3.2. Resultados del cloro libre y total de la planta de El Milagro	53
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	60
4.1 Discusión	60
4.1.1 Concentración del cloro libre en cada punto en las redes de distribución de la planta de tratamiento Santa Apolonia.....	60
4.1.2 Concentración del cloro total por cada semana en las redes de distribución de la planta de tratamiento Santa Apolonia	63
4.1.3 Concentración del cloro libre en cada punto en las redes de distribución de la planta de tratamiento El Milagro.....	66
4.1.4 Concentración del cloro total por cada semana en las redes de distribución de la planta de tratamiento El Milagro.....	69
4.2 Discusión General.....	71
4.2.1 Discusión General para el cloro libre	73
4.2.2 Discusión General para el cloro total.....	74
4.2.3 Análisis estadístico respecto al cloro libre	76
4.2.3.1 ANOVA de un solo factor: Cloro Libre (mg/L) vs. Puntos de muestreo de la PTAP Santa Apolonia	76

4.2.3.2	<i>ANOVA de un solo factor: Cloro Libre (mg/L) vs. Puntos de muestreo de la PTAP El Milagro.....</i>	79
4.2.3.3	<i>ANOVA de un solo factor: Cloro Total (mg/L) vs. Plantas de Tratamiento de Agua Potable</i>	82
4.3	Conclusiones.....	84
	REFERENCIAS.....	87
	ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 GUÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE.....	21
TABLA 2 ENFERMEDADES A CAUSA DE UNA MALA DESINFECCIÓN DEL AGUA	29
TABLA 3 DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO Y VOLUMEN DE CADA MUESTRA	38
TABLA 4 GEORREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA APOLONIA.....	38
TABLA 5 GEORREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL MILAGRO	39
TABLA 6 CADENA DE CUSTODIA DE AGUA POTABLE	41
TABLA 7 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA PRIMERA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA.....	48
TABLA 8 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA SEGUNDA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA.....	49
TABLA 9 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA TERCERA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA.....	49
TABLA 10 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA CUARTA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA.....	50
TABLA 11 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA QUINTA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA.....	50
TABLA 12 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA SEXTA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA.....	51
TABLA 13 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA SÉPTIMA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA.....	51

TABLA 14 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA OCTAVA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA.....	52
TABLA 15 DATOS DE CLORO LIBRE OBTENIDOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA	52
TABLA 16 DATOS DE CLORO TOTAL OBTENIDOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA	53
TABLA 17 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA PRIMERA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA EL MILAGRO.....	54
TABLA 18 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA SEGUNDA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA EL MILAGRO.....	54
TABLA 19 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA TERCERA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA EL MILAGRO.....	55
TABLA 20 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA CUARTA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA EL MILAGRO.....	55
TABLA 21 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA QUINTA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA EL MILAGRO.....	56
TABLA 22 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA SEXTA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA EL MILAGRO.....	56
TABLA 23 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA SÉPTIMA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA EL MILAGRO.....	57
TABLA 24 DATOS DE CLORO LIBRE Y TOTAL OBTENIDOS LA OCTAVA SEMANA DE MUESTREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA EL MILAGRO.....	57
TABLA 25 DATOS DE CLORO LIBRE OBTENIDOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA EL MILAGRO	58

TABLA 26 DATOS DE CLORO TOTAL OBTENIDOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA	
EL MILAGRO	59
TABLA 27 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA PARA FACTOR PUNTOS DE MUESTREO DE LA PTAP SANTA	
APOLONIA	76
TABLA 28 INFORMACIÓN DEL FACTOR	76
TABLA 29 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FACTOR PUNTOS DE MUESTREO DE LA PTAP SANTA	
APOLONIA	76
TABLA 30 MEDIAS PARA FACTOR PUNTOS DE MUESTREO DE LA PTAP SANTA APOLONIA.....	77
TABLA 31 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA PARA FACTOR PUNTOS DE MUESTREO DE LA PTAP EL	
MILAGRO	79
TABLA 32 INFORMACIÓN DEL FACTOR	79
TABLA 33 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FACTOR PUNTOS DE MUESTREO DE LA PTAP EL	
MILAGRO	79
TABLA 34 MEDIAS PARA FACTOR PUNTOS DE MUESTREO DE LA PTAP EL MILAGRO	80
TABLA 35 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA PARA FACTOR PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA	
POTABLE	82
TABLA 36 INFORMACIÓN DEL FACTOR	82
TABLA 37 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FACTOR PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA	
POTABLE	82
TABLA 38 MEDIAS PARA FACTOR PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DOSIS DE CLORO	26
FIGURA 2. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.	30
FIGURA 3. REDES MALLADAS.....	32
FIGURA 4. REDES RAMIFICADAS.....	32
FIGURA 5. REDES MIXTAS.	33
FIGURA 6. MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA SANTA APOLONIA	43
FIGURA 7. MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA EL MILAGRO.....	44
FIGURA 8. CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE EN EL PUNTO MÁS CERCANO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA APOLONIA	60
FIGURA 9. CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE EN EL PUNTO INTERMEDIO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA APOLONIA	61
FIGURA 10. CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE EN EL PUNTO MÁS LEJANO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA APOLONIA	62
FIGURA 11. CONCENTRACIÓN DE CLORO TOTAL EN EL PUNTO MÁS CERCANO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA APOLONIA	63
FIGURA 12. CONCENTRACIÓN DE CLORO TOTAL EN EL PUNTO INTERMEDIO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA APOLONIA	64
FIGURA 13. CONCENTRACIÓN DE CLORO TOTAL EN EL PUNTO MÁS LEJANO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA APOLONIA	65
FIGURA 14. CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE EN EL PUNTO MÁS CERCANO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL MILAGRO	66

FIGURA 15. CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE EN EL PUNTO INTERMEDIO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL MILAGRO	67
FIGURA 16. CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE EN EL PUNTO MÁS LEJANO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL MILAGRO	68
FIGURA 17. CONCENTRACIÓN DE CLORO TOTAL EN EL PUNTO MÁS CERCANO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL MILAGRO	69
FIGURA 18. CONCENTRACIÓN DE CLORO TOTAL EN EL PUNTO MÁS CERCANO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL MILAGRO	70
FIGURA 19. CONCENTRACIÓN DE CLORO TOTAL EN EL PUNTO MÁS CERCANO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL MILAGRO	71
FIGURA 20. GRÁFICA DE CAJAS DEL CLORO LIBRE PARA FACTOR PUNTOS DE MUESTREO DE LA PTAP SANTA APOLONIA.....	78
FIGURA 21. GRÁFICA DE CAJAS DEL CLORO LIBRE PARA FACTOR PUNTOS DE MUESTREO DE LA PTAP EL MILAGRO.....	81
FIGURA 22. GRÁFICA DE CAJAS DEL CLORO TOTAL PARA FACTOR PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	84

RESUMEN

La presente investigación titulada “Estudio de la concentración del cloro libre y total en las redes de distribución de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia y El Milagro de la ciudad de Cajamarca” se realizó tomando tres puntos estratégicos para cada planta, los cuales fueron identificados como punto más cercano, punto intermedio y punto más lejano. El objetivo era evaluar la concentración del cloro libre y cloro total en las redes de distribución de agua potable de las plantas de tratamiento comparándolo con los valores mínimos y máximos permisibles del DS N° 031-2010-SA. Para ello se utilizó el Colorímetro Move 100 – Spectroquant como instrumento de medida. Dando como resultado general que las concentraciones medias del cloro libre en las redes de distribución de ambas Plantas de Tratamiento de Agua Potable cumplen con los límites permitidos, dando un promedio de 0,66 mg/L y 0,53 mg/L pero que en ciertos puntos de muestreo son valores debajo de 0,5 mg/L. También se pudo constatar que las concentraciones medias del cloro total en las redes de distribución de ambas Plantas de Tratamiento de Agua Potable dieron un promedio de 0,75 mg/L y 0,59 mg/L.

Palabras clave: cloro libre, cloro total, calidad de agua, planta de tratamiento de agua potable.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática:

El acceso a los servicios de agua potable y saneamiento constituye un derecho, ya que es fundamental para el sostenimiento y desarrollo para los seres humanos. Es por ello que existen una gran variedad de tratamientos para potabilizar el agua dependiendo de la calidad de esta.

La complejidad de los procesos que constituyen el tratamiento del agua va a depender de las características del agua superficial que se va a tratar; por este motivo, es necesario preservar la calidad del agua desde la fuente para evitar no solo costos ecológicos y sociales sino también económicos (Chulluncuy, 2011, p. 10).

Según la Organización Mundial de la Salud ha dispuesto que antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor deberá realizar la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residuo de cloro a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución, siendo el cloro uno de los desinfectantes adecuados para este fin (Dirección General de Salud Ambiental, 2011, p. 15).

En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución no deberán contener menos de 0,5 mg/L de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0,3 mg/L y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (Ministerio de Salud, 2011, p. 29).

Existen referencias (Cardenas Jaramillo & Patiño Guaraca, 2010, p. 28) que muestran que la calidad del agua dentro de un sistema de distribución cambia en su trayectoria desde las fuentes de abastecimiento hasta la toma domiciliaria.

El cloro utilizado como desinfectante decae una vez introducido en la red; este puede darse por distintos factores ya sea porque presenta una fuga o exista alguna baja o alta presión, con el correspondiente riesgo para la salud de las personas (Vega , 2019, p. 30).

Actualmente, la mayoría de los organismos de agua potable en Perú determinan la dosis necesaria del desinfectante en redes de distribución y se mide en laboratorios para garantizar la calidad del agua, por ello es necesario tener concentraciones establecidas dentro del RD N° 160-2015-DIGESA-SA.

En Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica obtuvieron como datos que en las redes de distribución el cloro residual libre oscilaba entre 0 mg/L y 0,39 mg/L (Pérez y Ramos, 2018). Dado que se han realizado muy pocos estudios similares en Cajamarca, hemos optado por realizar esta investigación.

1.1.1 Antecedentes Internacionales:

Ordoñez y Quiroz (2021) en su tesis que lleva como título “Determinación de la Concentración de Cloro Libre Residual mediante Técnicas Electroquímicas” tuvieron como objetivo determinar los coeficientes de reacción del cloro del sistema de abastecimiento de agua potable y ciertos puntos específicos de la red de distribución. Como resultado de dicho estudio se obtuvieron gráficas del comportamiento del cloro en cinco tuberías seleccionadas aleatoriamente en todo el sector para conocer su comportamiento; se evidencia que todas tienen un comportamiento similar y que reaccionan de acuerdo al consumo; es decir, que en los picos más altos de consumo también se presentan los más altos de cloro; en las horas donde no hay consumo el cloro

decae de manera justificable por su permanencia en la red ya que reacciona con las paredes de la tubería y esto genera esa disminución.

Enciso Jauregui (2019) realizó la investigación titulada "Seguimiento de la concentración de cloro residual en tanque de almacenamiento, red de distribución y tanques residenciales en el municipio de Fortul, departamento de Arauca" en la ciudad de Bogotá, donde su objetivo general es realizar el seguimiento a la concentración de cloro residual en tanque de almacenamiento red de distribución y tanques elevados, para ello se realizó el monitoreo de las variables a estudiar en 11 puntos de muestreo distribuidos en el casco urbano del municipio de Fortul, distribuidos estratégicamente y así caracterizar las condiciones del agua de forma periódica, como resultado de este monitoreo se identificó tanto en los datos registrados in situ como en los obtenidos a partir de la modelación, que existe una disminución en la concentración de cloro conforme avanza el tiempo y con respecto a los resultados producto de la modelación, se puede afirmar que los 11 puntos arrojan una tendencia decreciente a partir de las 13 horas cuyo decaimiento mínimo ronda un variación del 30% correspondiente al punto de muestreo 1 y 45% relacionado con el punto 8 donde se presenta la mayor oscilación, la cual puede verse afectada por la localización de cada punto dentro de la red, dicho esto, se encontró que la calidad del agua en el municipio de Fortul en relación al residual de cloro libre monitoreado en los puntos de muestreo, se encuentra entre el rango establecido en la normatividad nacional.

1.1.2 Antecedentes nacionales:

Huillcas y Taipe (2019) realizaron la investigación titulada "Cloro residual libre en agua potable y casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en el Área Urbana del

distrito de Yauli”, en el departamento de Huancavelica, donde el objetivo principal es evaluar la relación entre el cloro residual libre en agua potable y los casos de enfermedades diarreicas, para ello se establecieron 32 puntos de monitoreo en los grifos de cada vivienda, en los cuales se obtuvieron los resultados a mencionar, los 23 puntos de monitoreo no cumple con los límites mínimo permisible de 0,5 mg/L según lo que establece DS. 031-2010-SA.

Escalante (2020) realizó la investigación que tiene por título “Determinación de cloro residual en la red de distribución de agua potable de los anexos del distrito de Matucana - Octubre 2020” donde tienen como objetivo evaluar la cantidad de Cloro residual en la red de distribución de agua potable y si este cumple con los límites permitidos, en el cual se concluye que los resultados obtenidos del análisis de cloro libre residual en mg/L en la comuna de Los Olivos, Cacachaqui, Moyoc y Huariquiña presentan valores mínimos, sobrepasando el 0,5 mg/L y con un máximo de 0,7 mg/L en cada punto por lo tanto si cumple con los estándares establecidos.

Sánchez et al. (2021) realizaron la investigación titulada "Concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Acobamba, Huancavelica, Perú" teniendo como finalidad evaluar la concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, y compararlos con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA. Concluyendo que la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba para el cloro total está dentro de los límites máximos permisibles, pero en cantidades mínimas, por lo tanto, el agua

es apto para consumo humano, pero no garantiza una buena calidad de agua potable a la ciudad de Acobamba por la inadecuada cloración, por otro lado, el cloro residual libre no cumple con los límites máximos permisibles, por lo tanto, el agua no es apta para el consumo humano.

1.1.3 Antecedentes Locales

Núñez (2019) realizó la investigación titulada “Concentración De Compuestos clorados en la red de distribución de agua potable del Reservorio N.º 2 de la Planta El Milagro en la Ciudad de Cajamarca – 2018” donde su objetivo fue evaluar la concentración de cloro libre residual, cloro combinado y cloro total, si estos cumplen con los requerimientos que el el DS. N° 031- 2010-SA y la OMS exigen y con ello asegurar que el agua potable está debidamente desinfectada y que no pone en riesgo nuestra salud. Para realizar dicha investigación, la toma de muestra se realizó a través de las conexiones domiciliarias enlazadas directamente al reservorio N° 2 de la planta El Milagro, verificando que la llave no tenga fugas y que las tuberías se encuentren en buen estado; llegando a la conclusión respecto al cloro libre residual que por sector no varía de manera significativa y que en su mayoría no cumple con lo establecido a la norma vigente ya que los resultados son menores a 0,5 mg/L cuando debería ser ≥ 5 mg/L de acuerdo a los parámetros del DS. N° 031-2010-SA; y con respecto al cloro total residual que por sector su variación es mínima y que no excede el límite máximo permisible de ser menor o igual a 5 mg/L ya que los niveles de concentración están dentro de los parámetros del DS. N° 031-2010-SA y la OMS.

Mantilla y Rucoba (2015) en su tesis "Evaluación de la concentración de cloro en agua de consumo en Cajamarca – Perú 2014", donde podemos observar que, en los 27 puntos de monitoreo de agua potable en la ciudad de Cajamarca, los resultados obtenidos en los meses de junio, julio y agosto oscilan entre 0,51 mg/L y 1,73 mg/L estando dentro de las concentraciones establecidas por el DS N° 031–2010–SA.

1.2 Formulación del Problema:

¿Cuál es el resultado del estudio de la concentración del cloro libre y total en las redes de distribución de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia y El Milagro de la ciudad de Cajamarca – 2021?

1.3 Objetivos de la Investigación:

1.3.1 Objetivo General:

Estudiar la concentración del cloro libre y total en las redes de distribución de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia y El Milagro de la ciudad de Cajamarca – 2021.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Determinar la concentración del cloro libre y total en los puntos más cercanos de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia y El Milagro de la ciudad de Cajamarca.

- Determinar la concentración del cloro libre y total en los puntos intermedios de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia y El Milagro de la ciudad de Cajamarca.
- Determinar la concentración del cloro libre y total en los puntos más lejanos de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia y El Milagro de la ciudad de Cajamarca.
- Comparar los resultados obtenidos de cloro libre con los límites máximos permisibles establecidos en el DS N° 031-2010-SA.

1.4 Hipótesis General:

El estudio de la concentración del cloro libre y cloro total en las redes de distribución de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia y El Milagro de la ciudad de Cajamarca nos dice que no hay una buena dosificación.

1.4.1 Hipótesis específicas:

- La concentración del cloro libre y cloro total en la red de distribución de agua potable en los puntos más cercanos de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia y El Milagro son muy bajos.
- La concentración del cloro libre y cloro total en la red de distribución de agua potable en los puntos intermedios de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia y El Milagro son muy bajos.
- La concentración del cloro libre y cloro total en la red de distribución de agua potable en los puntos más lejanos de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia y El Milagro son muy bajos.

- Los resultados obtenidos de las concentraciones de cloro libre en las redes de distribución de agua potable de la planta de tratamiento de agua potable El Milagro y Santa Apolonia no cumple con los límites máximos permisibles del DS N° 031-2010-SA.

1.5 Bases teóricas:

1.5.1 Agua potable:

En el Perú, las Empresas Prestadoras de Servicios (EPS) son las encargadas de brindar el servicio de agua potable a la población, estas tienen la obligación de ofrecer un producto satisfactorio y realizar, por tanto, el control de calidad del agua potable que distribuyen. Por tanto, la EPS tiene la responsabilidad de suministrar agua potable cuya calidad sea rigurosamente controlada, esta debe cumplir con una serie de requisitos bacteriológicos, físicos y químicos fijados por una norma nacional (SUNASS, 2004, p. 28).

1.5.2 Calidad del agua:

La calidad del agua es un valor ecológico esencial para la salud y para el crecimiento económico. En nuestro país por su naturaleza mineralógica debido a la presencia del sistema montañoso de los Andes y por su economía dependiente de la actividad extractiva de minerales, se generan condiciones para la dispersión de contaminantes químicos, especialmente metales, que alcanza incluso al agua potable, determinando una exposición generalizada de la población a un riesgo crónico que ya empieza a ser inmanejable (Villena, 2018, p. 304); sin embargo, se debe tener en cuenta

que para un correcto consumo, se debe mantener un debido control de calidad, en el que se garantiza el cumplimiento de las disposiciones y requisitos sanitarios (Ministerio de Salud, 2011, p. 9).

Es muy importante el proceso del control de la calidad del agua potable ya que de esto se conocen las características del agua procesada y suministrada a la población y se establecen las acciones necesarias para mejorar la calidad del mismo teniendo en cuenta la normativa vigente (SUNASS, 2004, p. 56).

Tabla 1

Guía para el control de calidad del agua potable

Tipo de control	Parámetro	Requisito de calidad	Norma/guía	Toma de muestras ^b
Desinfección	Cloro residual libre	80% de las muestras de la red deben contener >0,5 mg/L	Directiva sobre desinfección del agua R. S. N.º 190-97- SUNASS	<ul style="list-style-type: none"> - En la red de distribución - A la Salida de los reservorios - A la salida de las plantas de tratamiento - A la salida de fuentes subterráneas
		20% de las muestras de la red pueden contener como mínimo 0,3 mg/L		
Bacteriológico	Coliformes totales	95% de las muestras de la red deben estar sin coliformes totales	Norma nacional / Guía OMS	<ul style="list-style-type: none"> - En la red de distribución - A la salida de los reservorios - A la salida de las plantas de tratamiento - A la salida de fuentes subterráneas
	Coliformes termotolerantes	100% de las muestras de la red deben estar sin coliformes termotolerantes		
Físico	Turbiedad	< 5 UNT	Norma nacional / Guía OMS y directiva sobre control de calidad del agua R.S. N.º 1121-99-SUNASS	<ul style="list-style-type: none"> - En la red de distribución - A la salida de los reservorios - A la salida de las plantas de tratamiento - A la salida de fuentes subterráneas
	pH	6,5 - 8,5		
	Conductividad	< 1.500 µS/cm		

Químico	Afectan aceptabilidad	Valores máximos permisibles referenciales ^a	Norma nacional / Guía OMS y directiva sobre control de calidad del agua R. S. N.º 1121-99- SUNASS	- En la red de distribución - A la salida de los reservorios
	Afectan la salud	Valores máximos permisibles referenciales ^a		- A la salida de las plantas de tratamiento - A la salida de fuentes subterráneas

Fuente: SUNASS

a Los valores máximos permisibles referenciales están dados por el oficio circular 677-2000/SUNASS-INF.

b Las frecuencias de muestreo y el número de muestras son establecidos por la Superintendencia para cada EPS.

1.5.3 La desinfección mediante cloración del agua

La desinfección del agua, y más concretamente la cloración, está siendo objeto de polémica en los últimos años como consecuencia, principalmente, de los productos de desinfección, llegando a cuestionarnos la necesidad de la propia desinfección en muchos casos, la calidad de agua destinada al consumo humano exige que el agua sea desinfectada, y fija unos valores o parámetros indicadores de cloro libre y residual en la red de abastecimiento si se utiliza cloro o sus derivados en el tratamiento del agua (Ramírez, 2005, p. 9).

Otro aspecto destacable en el uso de cloro como desinfectante es el tiempo de contacto con el agua su efecto aumenta con el tiempo de contacto entre el agua y el cloro, es decir un tiempo de contacto pequeño se puede compensar con el empleo de una mayor dosis de reactivo (Nuevo, 2018).

1.5.4 Cloro residual en la red de distribución:

El consumo de cloro por el agua de una red de distribución se debe, por una parte, al consumo de este, por sustancia presentes en el agua y por condiciones físico-hidráulicas tales como temperatura, agitación, turbulencias, etc.; y por otra, el consumo depende principalmente del contenido en materias orgánicas disueltas y otras inorgánicas capaces de ser oxidadas (Clemente Ninalaya, 2014, p. 12).

Existen 2 tipos de técnicas generalmente empleadas y son la cloración residual simple y la cloración residual combinada, la cloración residual libre supone la aplicación de cloro al agua para conseguir que ya sea directamente, o bien después de la destrucción del amoníaco que de cloro residual libre tanto a la salida de la planta como en la red de abastecimiento; como también la cloración residual combinada implica la reacción del cloro con el amoníaco añadido (sin llegar a la destrucción de éste) y el mantenimiento de este cloro residual combinado en la red (Caceres Lopez, 1990, p. 20).

Tal y como se indicó, la evaluación de la calidad de las aguas es una materia compleja y según sean los objetivos que se persigan se requerirá uno u otro tipo de medida y/o control, se debe tener en cuenta que para obtener un diagnóstico correcto se debe describir las condiciones actuales de la calidad de las aguas, analizar las tendencias a largo plazo e identificar los factores que afectan a la calidad de las aguas (Ministerio de Medio Ambiente, 2000, p. 198).

1.5.5 Proceso tipos de potabilización

La potabilización consiste principalmente en eliminar sustancias que resultan tóxicas para las personas, como el cromo, el plomo o el zinc, así como algas, arenas o las bacterias y virus que pueden estar presentes en el agua, en definitiva, eliminar cualquier potencial de riesgo para la salud de las personas, como también es el proceso por el cual se trata el agua para que pueda ser consumida por el ser humano sin que presente un riesgo para su salud (Rodríguez Vidal, 2003, p. 26).

El proceso de potabilización del agua varía en función de las condiciones naturales del territorio, si es el caso de que la fuente es superficial (agua de un río o lago), el tratamiento de potabilización suele consistir en un proceso de separación de ciertos componentes del agua natural, seguido de la precipitación de impurezas, filtración y desinfección con cloro u ozono (Martínez Andrés, 2019, p. 162).

Si la fuente de agua tiene presencia de sales y/o metales pesados los procesos de eliminación de este tipo de impurezas son más complicados y costosos (Acciona, 2020).

1.5.6 Cloración

Con todo lo expuesto hasta ahora, tenemos ya las bases para poder discutir un poco más en profundidad sobre qué parámetros nos permiten decidir que un agua está correctamente tratada, como hemos visto, la cloración es correcta siempre que nos encontremos en valores de cloro residual superiores a los del punto de ruptura (que

coinciden aproximadamente con los valores de cloro residual libre) (Ordoñez & Quiroz, 2021, p. 21).

Las cantidades de cloro libre residual recomendada por D.S. 031-2010-SA para aguas potables oscilan entre 0,5 mg/L y 5 mg/L, la dosis del desinfectante depende del tipo de agua a clorar, deberá determinarse antes de poner en funcionamiento el sistema de agua potable, se debe tener en cuenta que para una buen monitoreo se requiere de un laboratorio y personal especializado, por ende se recomienda determinar la dosis de cloro por lo menos dos veces al año, según varíen las características fisicoquímicas del agua a desinfectar (Ministerio de Salud, 2011, p. 30, 40).

La guía técnica de la OMS, 2009 argumenta que no hay razón para no clorar el agua en la red de tuberías si el suministro es intermitente. Ya que todos los sistemas de tubería tienen fugas y, cuando se detiene el suministro de agua, la presión baja y entra agua contaminada en los tubos a través de las grietas en las paredes de los tubos. Debemos saber que ningún nivel aceptable de cloro residual, para los consumidores puede neutralizar niveles tan altos de contaminación, se debe asumir que todos los suministros intermitentes de agua están contaminados y se deben tomar las medidas necesarias para desinfectarla en el punto de uso.

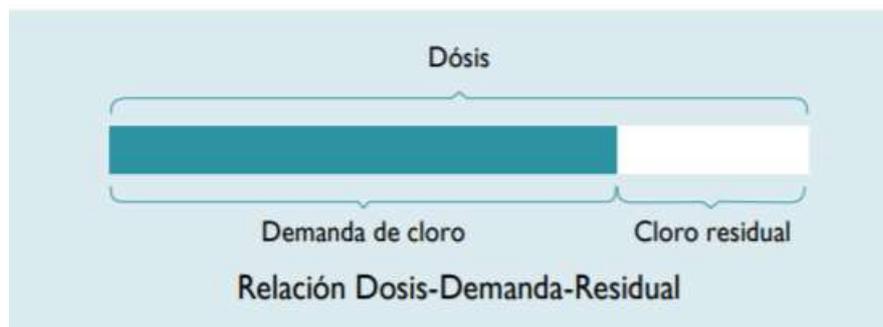


Figura 1. Dosis de cloro

Nota: Marega, 2021, p. 17.

Metodología Analítica del Cloro:

Habitualmente la determinación de cloro residual en aguas se realiza por reacción con o toluidina o bien N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD, N,N-diethyl-pphenylenediamine). La primera de ellas se realiza de forma simple, pero presenta el inconveniente de que no permite una buena diferenciación entre el cloro residual libre y el combinado, la o-toluidina reacciona rápidamente con el cloro libre, pero a partir de los 5 segundos también reacciona con el combinado, de forma que no se puede cuantificar ambos por separado, ya que es casi imposible realizar el análisis por separado en una escala tan corta de tiempo, al no poder determinar si realmente existe cloro libre (y en qué cantidad), podemos tener un agua mal clorada, alto contenido en cloro combinado, pero ausencia de cloro libre (es decir, estaríamos clorando por debajo del punto de ruptura) (Huilcas Noa & Taipe Alanya , 2019, p. 50)

Por lo anteriormente expuesto, es más recomendable el uso de DPD, que sí permite distinguir entre cloro libre y combinado. La DPD, a pH entre 6,2 y 6,5 da lugar a una coloración rojiza que es proporcional a la cantidad de cloro libre presente en el medio

y para la comparación con una escala de color se puede determinar la cantidad de cloro libre sobre la misma muestra, se añade yoduro potásico, que libera el cloro combinado y hace que éste reaccione con la DPD, con lo que finalmente tenemos la lectura de cloro residual total (Ávila Perez, 2013, p. 24).

Cómo actúa el cloro:

Cuando se añade cloro, éste purifica el agua al destruir la estructura celular de los organismos, lo cual los elimina; sin embargo, este proceso sólo funciona si el cloro entra en contacto directo con los organismos, es decir si el agua contiene lodo, las bacterias se pueden esconder dentro del mismo y no son alcanzadas por el cloro (Organización, 2013, p. 30).

El cloro necesita cierto tiempo para destruir todos los organismos en agua a una temperatura mayor de 18°C, el cloro debe estar en contacto con el agua, al menos, durante 30 minutos, si el agua está más fría, el tiempo de contacto se debe incrementar. Por esta razón, es normal que se le añada cloro al agua apenas se introduce en el tanque de almacenamiento o en una tubería larga de distribución, para darle tiempo a que el producto químico reaccione con el agua antes de llegar al consumidor (Ramírez Quiroz, 2005, p. 26).

Cloro residual:

El cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de

los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen (López del pino, Martín Calderón, & López de las Huertas Martínez, 2015, p. 30).

El cloro residual libre se alcanza rápidamente para aguas de una demanda de cloro baja, y para aguas que contengan cantidades importantes de contaminantes reductores, puede llevarse a cabo por la cloración más allá del punto de ruptura. El mantenimiento de una concentración residual de cloro libre dentro de una planta de tratamiento de aguas, minimiza el crecimiento de microorganismos y barros en los filtros de arena y en cámaras de sedimentación, como también facilita la oxidación (Weber, 2003, p. 453)

Cloro residual combinado:

El cloro residual combinado se aplica después de la desinfección, y el que este combinado con el amoníaco formando cloraminas, es menos reactivo que el cloro libre, y por lo tanto persiste durante largos periodos de tiempo posteriores a la cloración, las principales funciones de estas concentraciones residuales duraderas de cloro combinado, de las cuales tenemos control de algas y posterior crecimiento bacteriano, reducción de los problemas de oxidación en extremos estancos, en los sistemas de distribución y, por último, protección bactericida del agua potable contra una recontaminación (Weber, 2003, p. 453, 454).

Síntomas de enfermedad transportada por el agua:

La mayoría de las enfermedades transportadas por el agua causan síntomas comunes y las características de cada síntoma dependen de las bacterias, virus, o microorganismos patogénicos (Aguilar Prieto & Cepero Martin, 2015, p. 5).

Estos síntomas incluyen: malestar o calambres abdominales; fiebre; vómitos diarrea; y pérdida de peso y fatiga tal vez acompañen muchas de las enfermedades virales, normalmente, el tracto intestinal del ser humano contiene muchos tipos de bacterias que el cuerpo elimina rutinariamente. Sin embargo, al estar los seres humanos expuestos a las bacterias por tiempos prolongados tales como en situaciones de desastres o cambios en los hábitos de higiene personal, pueden enfermarse. Generalmente, el número de incidencias de enfermedades transportadas por el agua en los Estados Unidos es bajo comparado con otras causas principales de enfermedad (Organización, 2013, p. 7).

Tabla 2

Enfermedades a causa de una mala desinfección del Agua

Enfermedad y Transmisión	Fuentes del agente en el Suministra de Agua	Síntomas Generales
Amebiasis (de mano a boca)	Aguas negras, agua no tratada, moscas en el suminstras de agua	Malestar abdominal, fatiga. Pérdida de peso, diarrea, dolores de gas
Camfilobacteriosis (oral- fecal)	Condiciones atestadas de viviendo con instalaciones inadecuadas de baños	Fiebre, dolor abdominal, diarrea
Cólera (oral-fecal)	Agua no tratada, aguas negras, mal higiene, condiciones atestadas de vivienda con instalaciones inadecuadas de baños	Diarrea agua, vómitos, calambres musculares esporádicos.

Criptosporidiosis (oral)	Se acumula en las membranas y filtros de agua que no pueden desinfectarse, estiércol, residuos líquidos de temporada.	Diarrea, malestar abdominal
--------------------------	---	-----------------------------

Nota: Enfermedades relacionadas con el consumo de agua, OMS, Guía Técnica.

1.5.7 Sistemas de abastecimiento de Agua

Los sistemas de abastecimiento de agua permiten que esta llegue desde las fuentes naturales hasta el punto de consumo, con la cantidad y calidad requerida (Barreto, s.f.).

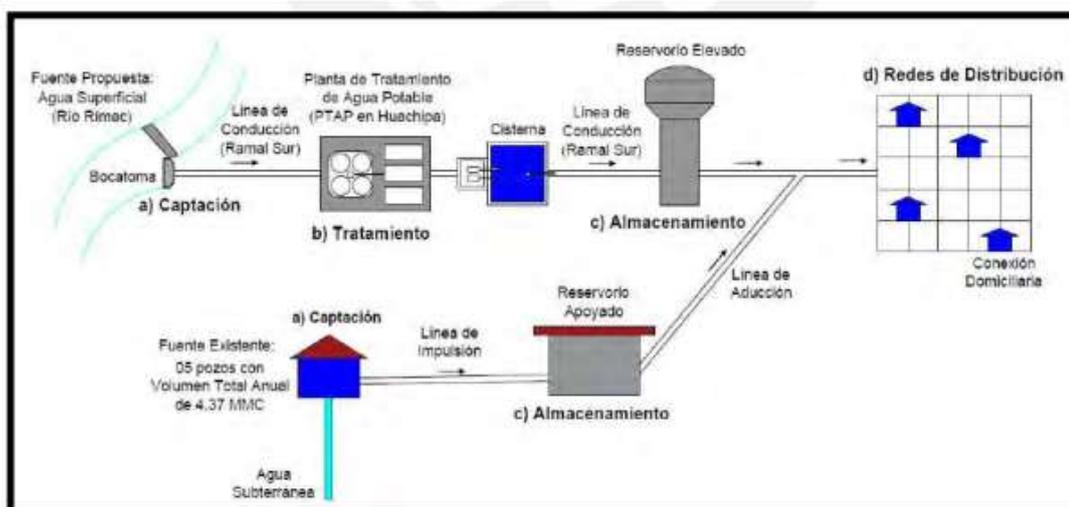


Figura 2. Esquema general del sistema de abastecimiento de agua potable.

Nota: Vargas, 2020, p. 10, adaptado del informe de factibilidad del Proyecto Manchay 2da Etapa

Captación:

Es el punto inicial de la red, las obras civiles y equipos electromecánicos son necesarias para captar y disponer adecuadamente del agua superficial o subterránea que luego será distribuido (Llenque Martinez, 2017, p. 42)

Almacenamiento:

Barreto, s.f. nos dice que “es el conjunto de estructuras destinadas a dotar el agua de la fuente de la calidad necesaria para el consumo y uso humano. Este incluye todos los procesos físicos, mecánicos y químicos que harán que el agua adquiera las características necesarias para que sea apta para su consumo. El almacenamiento se refiere a los tanques de reservorios que permiten suministrar el caudal de máximo horario a la red de distribución, manteniendo la presión adecuada”.

Redes de distribución:

Conformada por estaciones de bombeo; válvulas, tuberías, reservorios, dispositivos para la medición encargas de transportar el agua desde una fuente de abastecimiento o planta de tratamiento hasta las derivaciones domiciliarias (Vargas 2020, p. 10). Siendo lo ideal que el servicio sea constante las 24 horas del día (Barreto, s.f.).

Tipos de redes

Redes Malladas

Se disponen en forma de cuadrícula, en estas redes el agua puede circular en cualquier sentido; por lo que, cada punto de la red se puede abastecer por diferentes tuberías permitiendo aislar determinados sectores de la red para labores de reparación y mantenimiento de la misma (Llenque, 2017, p.36).

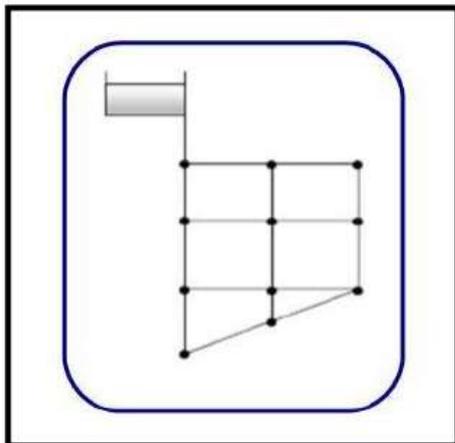


Figura 3. Redes mallas.

Nota: LLenque, 2017, p. 37

Redes Ramificadas

En estas redes el agua circula únicamente por un solo sentido en la red, ya que a través de una tubería principal se van conectado a tuberías secundarias cada vez de menor diámetro; por lo que, presentan ciertas deficiencias como la posibilidad de estancamiento del agua, un único camino de distribución para cada punto final y la pérdida de la efectividad del cloro residual en las zonas con poco uso (Llenque, 2017, p. 37).

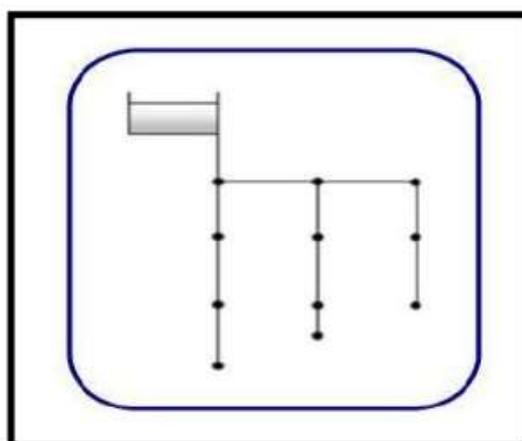


Figura 4. Redes ramificadas.

Nota: Llenque, 2017, p. 38

Redes mixtas

Estas redes son una combinación de las redes malladas y ramificadas. (Llenque, 2017, p.38).

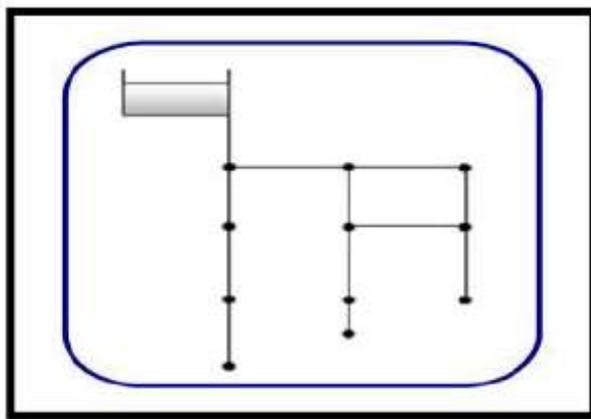


Figura 5. Redes mixtas.

Nota: Llenque 2017, p. 38

1.5.8 Plantas de Tratamiento de Agua Potable en la ciudad de Cajamarca

A) Planta de Tratamiento “Santa Apolonia”

La planta de tratamiento es tipo hidráulico convencional con filtración lenta, ubicada en la cota promedio 2793 msnm, esta instalación se alimenta de la captación del río San Lucas. Consta de dos módulos (unidades de floculación, decantación y filtración) similares, paralelos. La capacidad máxima de almacenamiento es de 10 lps. Cuenta con los siguientes componentes: Cámara de mezcla rápida, tanques de floculación, tanques de sedimentación, (SEDACAJ, 2015, p. 4).

El Agua trata de la Planta Santa Apolonia deriva a los siguientes reservorios:

Reservorio R-1

Reservorio apoyado, semienterrado, cilíndrico, con capacidad de almacenamiento de 1,000 m³, construido en el año 1942, recibe el agua tratada de la planta Santa Apolonia. El funcionamiento del reservorio es de cabecera y se ubica en la cota de nivel máximo de agua de 2791.30 msnm. Esta instalación sirve al Sector N°1 de distribución comprendido entre la Av. Perú (excluyendo esta) y el Jr. Huánuco (inclusive) mediante una tubería de Ø16” de diámetro, tipo Hume y a su vez alimenta al reservorio R-3 por medio de una línea de impulsión de AC Ø8” de diámetro y esta a su vez alimenta al reservorio R-5 por medio de una línea de impulsión de HDF Ø 8” de diámetro. Consta de una cámara de válvulas y de una estación de bombeo en la cual se encuentran instaladas dos bombas de 48 HP y un tablero de control, de esta estación se controla el abastecimiento hacia el R-3. La zona abastecida por el R-1 corresponde a un 33% de la población abastecida, destinando un 85% del volumen para el sector N°1 de distribución y un 15% del volumen se impulsa hacia el R-3 (SEDACAJ, 2015, p. 4,5).

Reservorio R-3

Reservorio apoyado de forma circular construido en 1980, con funcionamiento de cabecera, ubicado en la cota de nivel máximo de agua de 2849.63 msnm., tiene una capacidad de almacenamiento de 700 m³. Este reservorio es abastecido por bombeo del R-1, cuenta con una caseta de válvulas de control, de ingreso, salida y limpieza del reservorio, la tubería de salida es de 10” reduciendo a 6” para su empalme con la red de distribución así mismo no cuenta con dispositivo para medición de nivel. El período de bombeo es de 5 o 6 horas, las operaciones que se efectúan son la medición del tirante y del cloro residual (3 veces/día), las labores de mantenimiento (1 vez/3 meses) demanda

un período de ejecución de 14 horas generando el desabastecimiento en este sector de distribución. (SEDACAJ, 2015, p.5).

B) Planta de Tratamiento “El Milagro”

Se ubica en el caserío de Huambocancha Baja a unos 5,4 km. de Cajamarca en la cota 2844 msnm., con una capacidad nominal de tratamiento de 140 l/s. Las fuentes de abastecimiento de esta planta de tratamiento son el río Porcón y río Grande. Se utiliza equipo electromecánico para los procesos de mezcla rápida, floculación, lavado de filtros, funcionamiento del tanque hidroneumático y otros.

Cuenta con los siguientes componentes: cámara de reunión de agua cruda y medición, cámara de mezcla rápida, cámara de floculación, filtros rápidos, cisterna de agua filtrada (SEDACAJ, 2015, p.2,3).

El Agua trata de la Planta El Milagro deriva a los siguientes reservorios:

Reservorio R-2

Reservorio apoyado circular con techo abovedado construido en el año 1980, tiene una capacidad de almacenamiento de 2,500 m³, su funcionamiento es de cabecera, ubicado en la cota de nivel máximo de agua de 2783.50 msnm. Esta estructura está alimentada por una tubería de AC de Ø16” de diámetro que proviene de la Planta de Tratamiento “El Milagro”, cuenta con dos líneas de aducción de 10” y 12” de diámetro, cámara de válvulas y válvula de altitud. El R-2 distribuye a través de dos aducciones que corresponden a dos zonas de presión distintas, la zona de presión “alta” se abastece

directamente del R-2 y la zona “baja” recibe el agua de la cámara rompe presión instalada en la aducción respectiva (SEDACAJ, 2015, p. 5).

Reservorio R-4

Reservorio apoyado de forma circular de 1,500 m³; construido en el año 2,005 con financiamiento de la KFW de Alemania. Tiene un funcionamiento del tipo cabecera, y se encuentra ubicado en la cota de nivel máximo de agua de 2785.90 msnm. en la zona sur de la ciudad, en el barrio Sta. Elena en un sitio llamado Agua tapada. El terreno escogido (aproximadamente 1 800 m²) es suficientemente grande para en un futuro edificar un segundo reservorio de misma forma, que debe ser conectado a la cámara de válvulas, donde las conexiones principales ya estarán instaladas (SEDACAJ, 2010, p. 5).

1.6 Justificación:

La dosificación del cloro debe tener un estricto control en las plantas de tratamiento de agua potable para proteger la salud de los consumidores. Es por ello que la presente investigación es de importancia y utilidad porque nos muestra la realidad de la calidad de agua de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable en Cajamarca y los resultados pueden contribuir a mejoras en la calidad del agua que consume la población cajamarquina; finalmente sirve como base sólida para futuras investigaciones.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1 Tipo de investigación:

La investigación reúne todas las características para ser calificada como una investigación con enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo con diseño no experimental, longitudinal de panel.

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Hernández et al, 2006 p.5).

Los estudios descriptivos únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren (Hernández et al, 2006, p. 102).

Como estudio de investigación no experimental debido a que los estudios se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos (Hernández et al, 2006, p. 205).

Como diseño longitudinal de panel debido a que el mismo grupo es medido u observado en todos los tiempos o momentos (Hernández et al, 2006, p.220).

2.2 Población y Muestra

2.2.1. Población:

Las aguas de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia y El Milagro.

2.2.2. Muestra:

Las muestras tomadas fueron cuarenta y ocho de las cuales se midió 5 mL de agua potable en cada una.

Tabla 3

Determinación de los puntos de muestreo y volumen de cada muestra

Planta de tratamiento de agua potable	Punto	Volumen
Santa Apolonia	SA – 01	5 mL
	SA – 02	5 mL
	SA – 03	5 mL
El Milagro	EM – 01	5 mL
	EM – 02	5 mL
	EM – 03	5 mL

Tabla 4

Georreferenciación de los puntos de muestreo de la planta de tratamiento Santa Apolonia

Muestra	Dirección	Coordenadas UTM	Descripción
SA – 01	Centro de Salud Pachacútec	Este 73919,3 Norte 92349,1	Muestra 1 del punto más cercano a la planta de tratamiento Santa Apolonia.
SA – 02	Jr. Juan Villanueva 310	Este 773562,1 Norte 9208196,9	Muestra 2 del punto intermedio a la planta de tratamiento Santa Apolonia.
SA – 03	Jr. José Quiñones y Jr. Petateros	Este 774667,1 Norte 9206651,6	Muestra 3 del punto más lejano a la planta de tratamiento Santa Apolonia.

Georreferenciación y descripción de cada punto de muestreo de la planta de tratamiento Santa Apolonia.

Tabla 5

Georreferenciación de los puntos de muestreo de la planta de tratamiento El Milagro

Muestra	Dirección	Coordenadas UTM	Descripción
EM – 01	Psj. Las Colinas 120	Este: 773376,8 Norte: 9210203,9	Muestra 1 del punto más cercano a la planta de tratamiento El Milagro.
EM – 01.1	Av. Miguel Carducci 512	Este: 773347,9 Norte: 9210227,3	Muestra 1.1 del punto más cercano a la planta de tratamiento El Milagro. (Fue tomado este punto para realizar las últimas 3 mediciones y su simbología se seguirá tomando como EM – 01 para un correcto análisis de los datos)
EM – 02	Jr. Juan XXIII 132	Este: 774991,6 Norte: 92444,4	Muestra 2 del punto intermedio a la planta de tratamiento El Milagro.
EM – 03	Jr. Larry Jhonson 771	Este: 777164,5 Norte: 9205156,3	Muestra 3 del punto más lejano a la planta de tratamiento El Milagro.

Georreferenciación y descripción de cada punto de muestreo de la planta de tratamiento El Milagro.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Materiales

- Mascarilla
- Guantes desechables
- Propipeta

- Pipeta de 10 mL
- Vaso de precipitado de 250 mL
- Agua destilada
- Papel toalla
- Reactivo Cl2-1 (ácido bórico)
- Reactivo Cl2-2 (yoduro de potasio)

2.3.2. Equipos

- Colorímetro Move 100 – Spectroquant
- GPS

2.3.3. Técnicas de recolección de datos

- Para la recolección de datos de las muestras se realizó una autorización de permiso para el ingreso a cada punto de muestreo establecido. (Ver Anexos nº 1, nº 2, nº 3, nº 4, nº 5, nº 6)
- Para la recolección de datos de las muestras se utilizó un adecuado equipo de protección personal (guantes y mascarilla) y el GPS para determinar las coordenadas UTM de cada punto de muestreo.
- El equipo utilizado para el recojo de información es el Colorímetro Move 100 – Spectroquant, el cual consta con un manual de Test en cubetas para la determinación de cloro libre, de cloro total.
- Para asegurar la integridad de la recolección de datos de las muestras se utilizó la siguiente cadena de custodia.

Tabla 6

Cadena de custodia de Agua Potable

CADENA DE CUSTODIA - AGUA POTABLE								
Código No. de Custodia:								
Fecha de reporte:								
Departamento:					Distrito:			
Provincia:								
Muestreador:					DNI:			
Código de Muestra	Hora de Muestreo	Identificación del Punto de Monitoreo	Análisis requeridos		Observaciones	Coordenadas del punto de monitoreo		
			Cloro libre (mg/L)	Cloro total (mg/L)		Zona UTM		
						Este	Norte	

Responsable del Monitoreo

2.3.4. Análisis de datos

- Para una correcta interpretación de los datos obtenidos se realizaron tablas y gráficos mediante Microsoft Excel 2021 para cada planta de tratamiento en estudio, dividido por cada semana y el análisis estadístico ANOVA para cada PTAP.

2.4 Procedimiento

2.4.1. Ubicación de los puntos de muestreo

De acuerdo con lo establecido en el RD N° 160-2015-DIGESA-SA “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano” donde se indica que se debe programar la ubicación y número de muestras a tomar, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios para localizar los puntos fijos de muestreo:

Para la planta de tratamiento de agua potable de Santa Apolonia.

- Primer punto, en la casa más cercana a la planta en estudio.
- Segundo punto, en la casa intermedia a la planta en estudio.
- Tercer punto, en la casa más lejana a la planta en estudio.

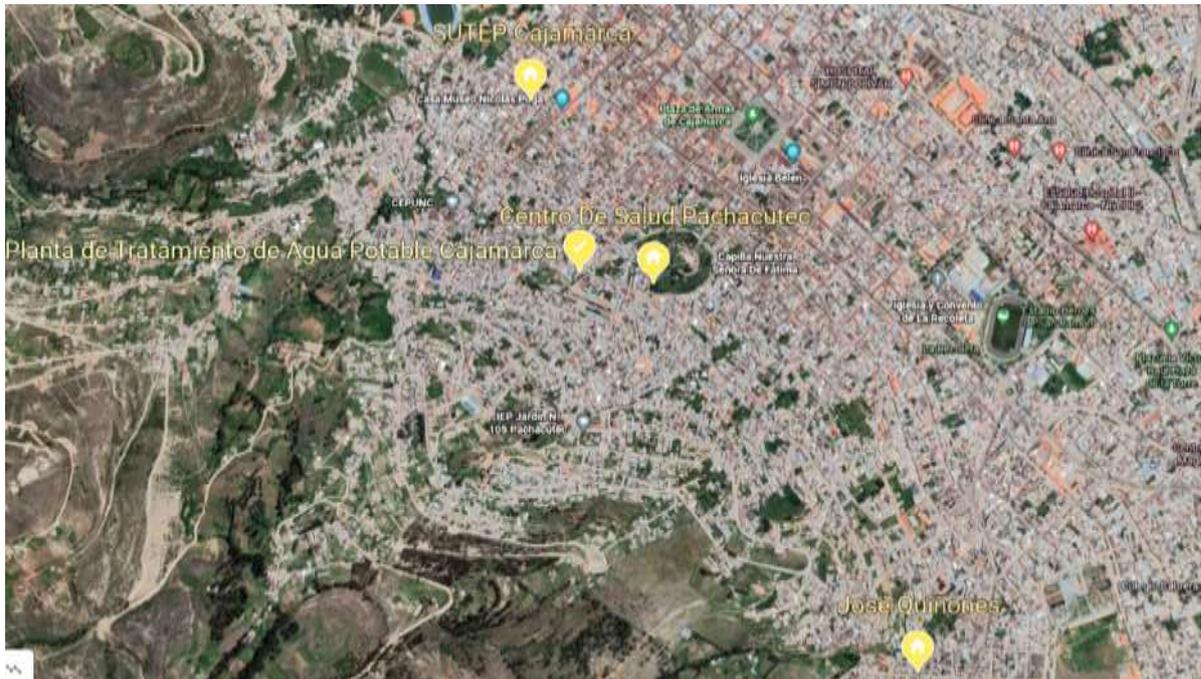


Figura 6. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de las redes de distribución de la planta Santa Apolonia

Para la planta de tratamiento de agua potable de El Milagro.

- Primer punto, en la casa más cercana a la planta en estudio.
- Segundo punto, en la casa intermedia a la planta en estudio.
- Tercer punto, en la casa más lejana a la planta en estudio.

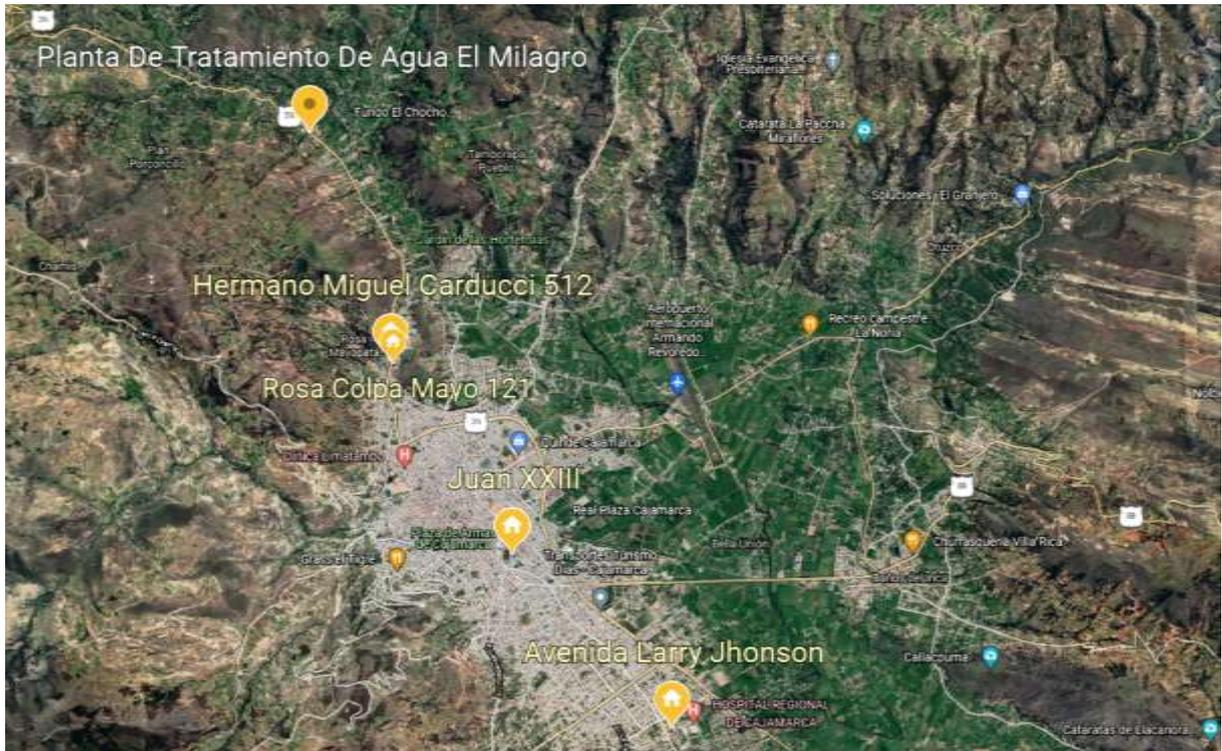


Figura 7. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de las redes de distribución de la planta El Milagro

2.4.2. Diseño de muestreo

Se utilizó nuevamente el “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano” comprendido en la R.D. N° 160-2015-DIGESA-SA para realizar el monitoreo, usando la siguiente denominación para los puntos de muestreo:

- SA – 01: Primer punto, en la casa más cercana a la planta de tratamiento de agua potable Santa Apolonia.
- SA – 02: Segundo punto, en la casa intermedia a la planta de tratamiento de agua potable Santa Apolonia.

- SA – 03: Tercer punto, en la casa más lejana a la planta de tratamiento de agua potable Santa Apolonia.
- EM – 01: Primer punto, en la casa más cercana a la planta de tratamiento de agua potable El Milagro.
- EM – 02: Segundo punto, en la casa intermedia a la planta de tratamiento de agua potable El Milagro.
- EM – 03: Primer punto, en la casa más lejana a la planta de tratamiento de agua potable El Milagro.

Para el monitoreo se tomó una muestra los días 09, 16, 23, 30 y 07, 15, 21, 29 en cada punto de muestreo durante los meses de noviembre y diciembre del 2021, respectivamente, dando un total de 48 muestras, cumpliendo con lo regulado en el protocolo antes mencionado, donde se registró toda la información relevante para asegurar la integridad de los datos de muestreo.

2.4.3. Análisis de la muestra

Para el recojo de información in situ se utilizó el colorímetro Move 100 – Spectroquant, el cual consta con un manual de Test en cubetas para la determinación de cloro libre y de cloro total; se procedió de la siguiente manera:

- Se estableció los 3 puntos de muestreo en la red de distribución de cada planta de tratamiento: punto más cercano, punto intermedio y punto más lejano.
- Se utilizó el equipo de protección personal (guantes y mascarilla).
- Se tomó la muestra de cada punto de la siguiente manera: se verificó que el grifo esté en buen estado, se abrió la llave y se dejó que el agua fluya por 2 minutos

aproximadamente, ya que este procedimiento limpia la salida y descarga el agua que ha estado almacenada en la tubería.

- Se enjuagó tres veces el vaso de precipitado y la pipeta con el agua corriente y luego con el agua destilada, para luego proceder con la toma de muestra de agua.
- Los pasos siguientes son los mencionados en el manual de test en cubetas para el Colorímetro Move 100 – Spectroquant. (Anexo n.º 7)
- Se encendió el Colorímetro Move 100 – Spectroquant y se eligió el método ①③①.
- Para la cubeta del blanco, se introdujo aproximadamente 10 mL de agua destilada en una cubeta de 16 mm vacía y se cerró con la tapa roscada (no se añadió reactivos).
- Se pipeteó 5 mL de la muestra en una cubeta redonda.
- Se añadió 1 microcuchara azul rasa de Cl₂-1 y se cerró con la tapa roscada
- Se agitó intensamente para disolver la sustancia sólida,
- Para esperar el tiempo de reacción que es de 1 minuto, se inició la cuenta atrás.
- Se colocó la cubeta del blanco en el compartimiento para cubetas y se pulsó “ZERO”.
- Se colocó la cubeta de la muestra en el compartimiento para cubetas y se hizo coincidir la raya de marcado de la cubeta con la marca del fotómetro. Se pulsó “TEST”.
- Se anotó en la cadena de custodia el resultado obtenido que corresponde al cloro libre.
- Se retiró del fotómetro la cubeta de la muestra, se abrió y se añadió 2 gotas de Cl₂-2, se cerró con la tapa roscada y se mezcló.

- Se colocó la cubeta de la muestra nuevamente en el compartimiento para cubetas, se hizo coincidir la raya de marcado de la cubeta con la marca de fotómetro y se pulsó “TEST”.
- Se anotó en la cadena de custodia el resultado obtenido que corresponde al cloro total.
- Después de realizar cada análisis de la muestra se enjuagó con el agua corriente 3 veces la cubeta redonda, el vaso de precipitado y la pipeta y luego 3 veces más con agua destilada, para verificar una correcta limpieza de los mismos y así proceder con los siguientes puntos de muestreo.

2.5 Aspectos éticos

En cuanto a los aspectos éticos, la investigación contendrá los siguientes valores éticos:

Autonomía: Los resultados obtenidos servirán como una referencia para saber la dosificación del agua de consumo de la población estudiada; asimismo era necesario aplicar el consentimiento informado ya que las muestras se recolectaron directamente de las redes de distribución de cada hogar, por ende, se tomó el consentimiento de cada habitante.

Con dicho estudio se busca fomentar la investigación y concientizar a la población de la importancia de consumir un agua debidamente desinfectada, y reportar si es las autoridades competentes no están cumpliendo como lo establece el reglamento.

No maleficencia: Los resultados obtenidos serán utilizados a través del instrumento, serán bajo confiabilidad y no serán divulgadas otras fuentes.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resultados del cloro libre y total de la planta de Santa Apolonia

Resultados de cloro libre y total, de cada semana, en las redes de distribución de la planta de Tratamiento de Santa Apolonia comparados con el D.S. 031-2010-SA, para las muestras de los puntos más cercano, intermedio y más lejano.

Tabla 7

Datos de cloro libre y total obtenidos la primera semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
09/11/2021	9:38 AM	SA – 01	Centro de Salud Pachacútec	0,86	0,95
09/11/2021	4:05 PM	SA – 02	Jr. Juan Villanueva 307	0,85	0,93
09/11/2021	10:08 AM	SA – 03	Jr. José Quiñones y Jr. Petateros	0,74	0,82

En la tabla 7 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la primera semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia.

Tabla 8

Datos de cloro libre y total obtenidos la segunda semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
16/11/2021	12:18 PM	SA – 01	Centro de Salud Pachacútec		0,43	0,50
16/11/2021	12:31 PM	SA – 02	Jr. Juan Villanueva 307		0,46	0,57
16/11/2021	8:52 AM	SA – 03	Jr. José Quiñones y Jr. Petateros		0,78	0,83

En la tabla 8 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la segunda semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia.

Tabla 9

Datos de cloro libre y total obtenidos la tercera semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
23/11/2021	9:50 AM	SA – 01	Centro de Salud Pachacútec		0,81	0,86
23/11/2021	6:36 AM	SA – 02	Jr. Juan Villanueva 307		0,90	1,01
23/11/2021	9:25 AM	SA – 03	Jr. José Quiñones y Jr. Petateros		0,85	0,89

En la tabla 9 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la tercera semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia.

Tabla 10

Datos de cloro libre y total obtenidos la cuarta semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
30/11/2021	8:23 AM	SA – 01	Centro de Salud Pachacútec		0,75	0,85
30/11/2021	8:45 AM	SA – 02	Jr. Juan Villanueva 307		0,71	0,80
30/11/2021	7:59 AM	SA – 03	Jr. José Quiñones y Jr. Petateros		0,69	0,78

En la tabla 10 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la cuarta semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia.

Tabla 11

Datos de cloro libre y total obtenidos la quinta semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
07/12/2021	9:38 AM	SA – 01	Centro de Salud Pachacútec		0,80	0,88
07/12/2021	10:25 AM	SA – 02	Jr. Juan Villanueva 307		0,12	0,17
07/12/2021	9:15 AM	SA – 03	Jr. José Quiñones y Jr. Petateros		0,78	0,86

En la tabla 11 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la quinta semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia.

Tabla 12

Datos de cloro libre y total obtenidos la sexta semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
15/12/2021	8:57 AM	SA – 01	Centro de Salud Pachacútec		0,66	0,67
15/12/2021	9:15 AM	SA – 02	Jr. Juan Villanueva 307		0,89	0,99
15/12/2021	8:37 AM	SA – 03	Jr. José Quiñones y Jr. Petateros		0,67	0,77

En la tabla 12 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la sexta semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia.

Tabla 13

Datos de cloro libre y total obtenidos la séptima semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
21/12/2021	8:12 AM	SA – 01	Centro de Salud Pachacútec		0,54	0,65
21/12/2021	8:30 AM	SA – 02	Jr. Juan Villanueva 307		0,92	1,02
21/12/2021	7:54 AM	SA – 03	Jr. José Quiñones y Jr. Petateros		0,56	0,64

En la tabla 13 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la séptima semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia.

Tabla 14

Datos de cloro libre y total obtenidos la octava semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
29/12/2021	8:12 AM	SA – 01	Centro de Pachacútec	Salud	0,13	0,27
29/12/2021	8:30 AM	SA – 02	Jr. Juan Villanueva 307		0,30	0,40
29/12/2021	7:54 AM	SA – 03	Jr. José Quiñones y Jr. Petateros		0,70	0,81

En la tabla 14 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la octava semana de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia.

Tabla 15

Datos de cloro libre obtenidos en las redes de distribución de la planta Santa Apolonia

Fecha	Datos (mg/L)			LMP mínimo (mg/L)	LMP máximo (mg/L)
	SA – 01 Punto más cercano	SA – 02 Punto intermedio	SA – 03 Punto más lejano		
09/11/2021	0,86	0,85	0,74	0,5	5
16/11/2021	0,43	0,46	0,78	0,5	5
23/11/2021	0,81	0,90	0,85	0,5	5
30/11/2021	0,75	0,71	0,69	0,5	5
07/12/2021	0,80	0,12	0,78	0,5	5
15/12/2021	0,66	0,89	0,67	0,5	5
21/12/2021	0,54	0,92	0,56	0,5	5
29/12/2021	0,13	0,30	0,70	0,5	5

En la tabla 15 se muestran los datos del análisis de cloro libre obtenidos de todas las semanas de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia comparados con el D.S. 031-2010-SA.

Tabla 16

Datos de cloro total obtenidos en las redes de distribución de la planta Santa Apolonia

Fecha	Datos (mg/L)			LMP (mg/L)
	SA – 01 Punto más cercano	SA – 02 Punto intermedio	SA – 03 Punto más lejano	
09/11/2021	0,95	0,93	0,82	5
16/11/2021	0,50	0,57	0,83	5
23/11/2021	0,86	1,01	0,89	5
30/11/2021	0,85	0,80	0,78	5
07/12/2021	0,88	0,17	0,86	5
15/12/2021	0,67	0,99	0,77	5
21/12/2021	0,65	1,02	0,64	5
29/12/2021	0,27	0,40	0,81	5

En la tabla 16 se muestran los datos del análisis de cloro total obtenidos de todas las semanas de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia.

3.2. Resultados del cloro libre y total de la planta de El Milagro

Resultados de cloro libre y total, de cada semana, en las redes de distribución de la planta de Tratamiento de El Milagro comparados con los LMP, que establece la DIGESA, mediante D.S. 031-2010-SA, para las muestras de los puntos más cercano, intermedio y más lejano.

Tabla 17

Datos de cloro libre y total obtenidos la primera semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
09/11/2021	11:35 AM	EM – 01	Psj. Las Colinas 120		0,14	0,19
09/11/2021	9:02 AM	EM – 02	Jr. Juan XXIII 132		0,84	0,93
09/11/2021	8:22 AM	EM – 03	Jr. Larry Jhonson 771		0,49	0,62

En la tabla 17 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la primera semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro.

Tabla 18

Datos de cloro libre y total obtenidos la segunda semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
16/11/2021	12:46 PM	EM – 01	Psj. Las Colinas 120		0,38	0,40
16/11/2021	9:18 AM	EM – 02	Jr. Juan XXIII 132		0,98	1,05
16/11/2021	8:22 AM	EM – 03	Jr. Larry Jhonson 771		0,58	0,69

En la tabla 18 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la segunda semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro.

Tabla 19

Datos de cloro libre y total obtenidos la tercera semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
23/11/2021	10:52 AM	EM – 01	Psj. Las Colinas 120		0,18	0,22
23/11/2021	9:12 AM	EM – 02	Jr. Juan XXIII 132		0,20	0,26
23/11/2021	8:55 AM	EM – 03	Jr. Larry Jhonson 771		0,66	0,75

En la tabla 19 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la tercera semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro.

Tabla 20

Datos de cloro libre y total obtenidos la cuarta semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
30/11/2021	9:12 AM	EM – 01	Psj. Las Colinas 120		0,33	0,41
30/11/2021	9:58 AM	EM – 02	Jr. Juan XXIII 132		0,83	0,88
30/11/2021	7:15 AM	EM – 03	Jr. Larry Jhonson 771		0,74	0,85

En la tabla 20 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la cuarta semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro.

Tabla 21

Datos de cloro libre y total obtenidos la quinta semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
07/12/2021	11:05 AM	EM – 01	Psj. Las Colinas 120		0,18	0,21
07/12/2021	8:50 AM	EM – 02	Jr. Juan XXIII 132		0,74	0,83
07/12/2021	8:22 AM	EM – 03	Jr. Larry Jhonson 771		0,55	0,65

En la tabla 21 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la quinta semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro.

Tabla 22

Datos de cloro libre y total obtenidos la sexta semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
15/12/2021	9:47 AM	EM – 01	Av. Miguel Carducci 512		0,99	1,01
15/12/2021	10:20 AM	EM – 02	Jr. Juan XXIII 132		0,52	0,57
15/12/2021	7:40 AM	EM – 03	Jr. Larry Jhonson 771		0,46	0,52

En la tabla 22 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la sexta semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro.

Tabla 23

Datos de cloro libre y total obtenidos la séptima semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
21/12/2021	8:56 AM	EM – 01	Av. Miguel Carducci 512		0,77	0,84
21/12/2021	9:23 AM	EM – 02	Jr. Juan XXIII 132		0,37	0,47
21/12/2021	7:29 AM	EM – 03	Jr. Larry Jhonson 771		0,50	0,55

En la tabla 23 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la séptima semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro.

Tabla 24

Datos de cloro libre y total obtenidos la octava semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro

Fecha	Hora	Puntos de muestreo	Lugares de medición	de	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
29/12/2021	12:53 PM	EM – 01	Av. Miguel Carducci 512		0,36	0,43
29/12/2021	10:29 AM	EM – 02	Jr. Juan XXIII 132		0,68	0,74

29/12/2021 9:40 AM EM – 03 Jr. Larry Jhonson 0,13 0,16
771

En la tabla 24 se muestran los datos del análisis de cloro libre y total obtenidos la octava semana de muestreo de la red de distribución de la planta El Milagro.

Tabla 25

Datos de cloro libre obtenidos en las redes de distribución de la planta El Milagro

Fecha	Datos (mg/L)			LMP mínimo (mg/L)	LMP máximo (mg/L)
	EM – 01 Punto más cercano	EM – 02 Punto más intermedio	EM – 03 Punto más lejano		
09/11/2021	0,14	0,84	0,49	0,5	5
16/11/2021	0,38	0,98	0,58	0,5	5
23/11/2021	0,18	0,20	0,66	0,5	5
30/11/2021	0,33	0,83	0,74	0,5	5
07/12/2021	0,18	0,74	0,55	0,5	5
15/12/2021	0,99	0,52	0,46	0,5	5
21/12/2021	0,77	0,37	0,50	0,5	5
29/12/2021	0,36	0,68	0,13	0,5	5

En la tabla 25 se muestran los datos del análisis de cloro libre obtenidos de todas las semanas de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia, como se puede observar, los valores son bastante atípicos, si bien es cierto cumplen con lo que nos indica la norma, sin embargo, hay variedad de cloro, esto puede deberse a que quizás existen fugas en las zonas de muestreo, o hubo mayor presión de agua durante el día con el D.S. 031-2010-SA.

Tabla 26

Datos de cloro total obtenidos en las redes de distribución de la planta El Milagro

Fecha	Datos (mg/L)			LMP (mg/L)
	EM – 01 Punto más cercano	EM – 02 Punto intermedio	EM – 03 Punto más lejano	
09/11/2021	0,19	0,93	0,62	5
16/11/2021	0,40	1,05	0,69	5
23/11/2021	0,22	0,26	0,75	5
30/11/2021	0,41	0,88	0,85	5
07/12/2021	0,21	0,83	0,65	5
15/12/2021	1,01	0,57	0,52	5
21/12/2021	0,84	0,47	0,55	5
29/12/2021	0,43	0,74	0,16	5

En la tabla 26 se muestran los datos del análisis de cloro libre obtenidos de todas las semanas de muestreo de la red de distribución de la planta Santa Apolonia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

4.1.1 Concentración del cloro libre en cada punto en las redes de distribución de la planta de tratamiento Santa Apolonia

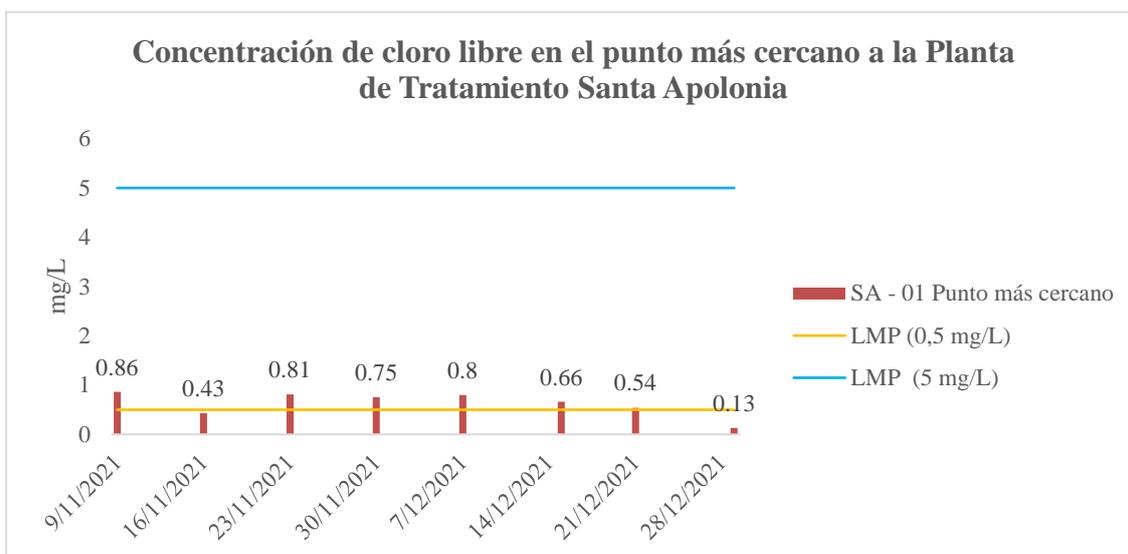


Figura 8. Concentración de cloro libre en el punto más cercano a la planta de Tratamiento Santa Apolonia

Se observa en la figura 8 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro libre en el punto más cercano a la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia los días 16 de noviembre y 29 de diciembre tuvieron concentraciones menores a los estándares establecidos, siendo de 0,43 mg/L y 0,13 mg/L respectivamente.

En tanto que, en todas las fechas se puede observar que nunca excede el LMP de 5 mg/L.

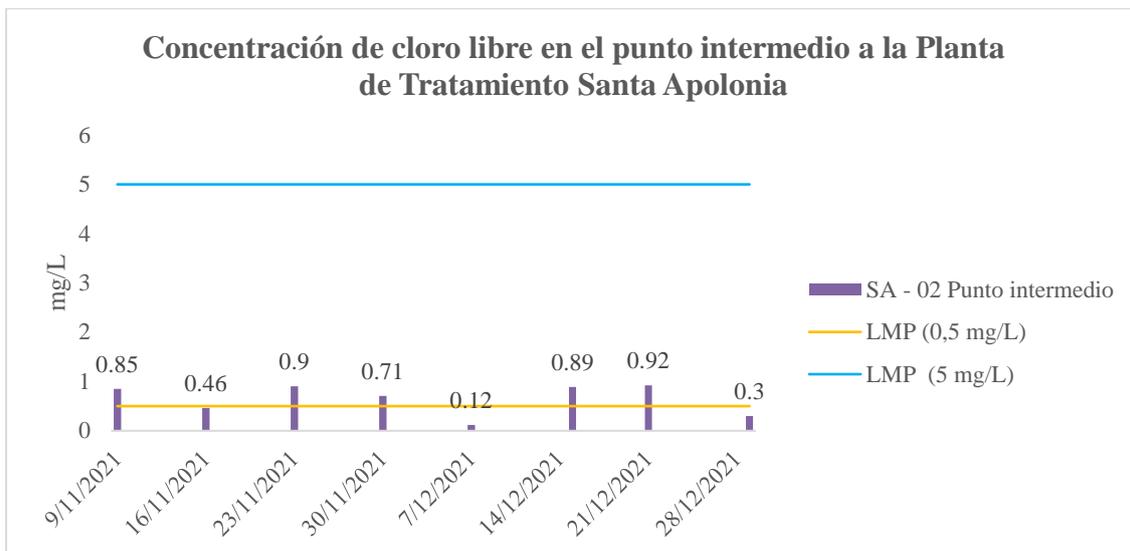


Figura 9. Concentración de cloro libre en el punto intermedio a la planta de Tratamiento Santa Apolonia

Se observa en la figura 9 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro libre en el punto intermedio a la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia los días 16 de noviembre, 07 y 29 de diciembre tuvieron concentraciones menores a los estándares establecidos, siendo de 0,46 mg/L, 0,12 mg/L y 0,30 mg/L respectivamente.

En tanto que, en todas las fechas se puede observar que nunca excede el LMP de 5 mg/L.

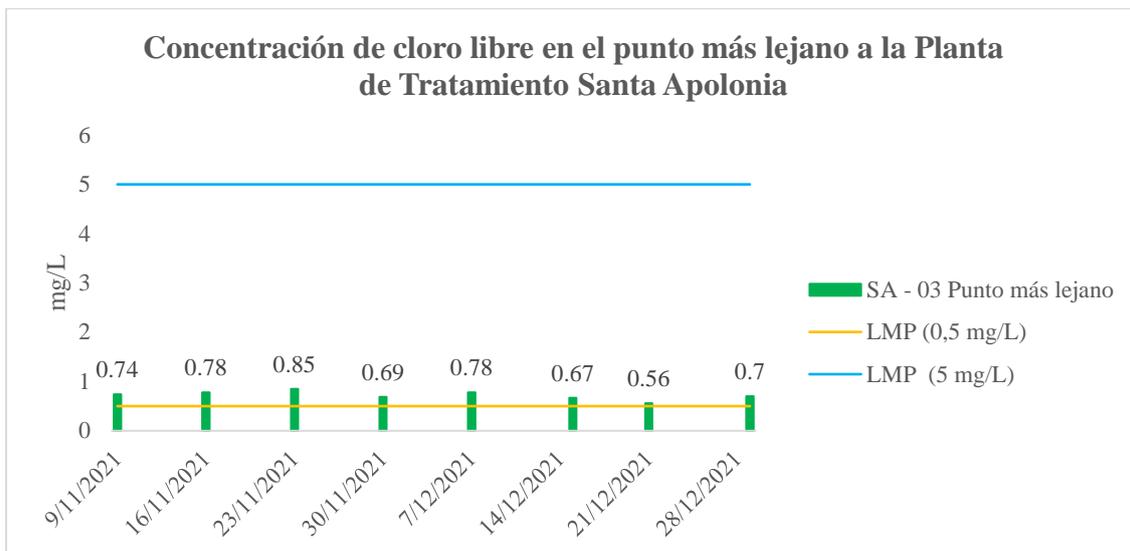


Figura 10. Concentración de cloro libre en el punto más lejano a la planta de Tratamiento Santa Apolonia

Se observa en la figura 10 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro libre en el punto más lejano a la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia en todas las fechas se puede observar que nunca está por debajo ni excede a los estándares establecidos de no ser menor a 0,5 mg/L ni mayor a 5 mg/L.

4.1.2 Concentración del cloro total por cada semana en las redes de distribución de la planta de tratamiento Santa Apolonia

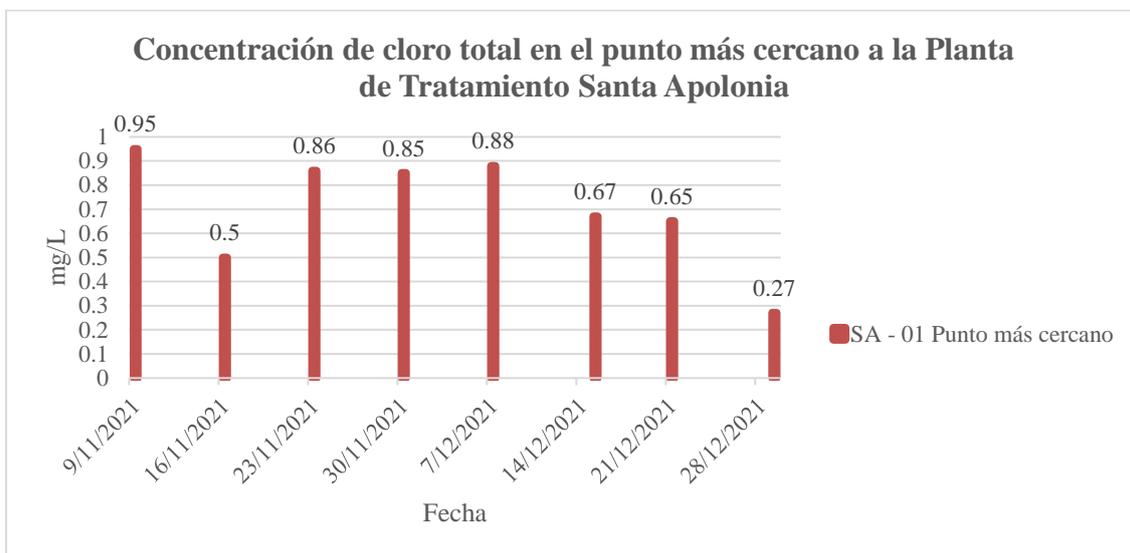


Figura 11. Concentración de cloro total en el punto más cercano a la planta de Tratamiento Santa Apolonia

Se observa en la figura 11 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro total en el punto más cercano a la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia tuvo concentraciones bajas el día 29 de diciembre, siendo de 0,27 mg/L.

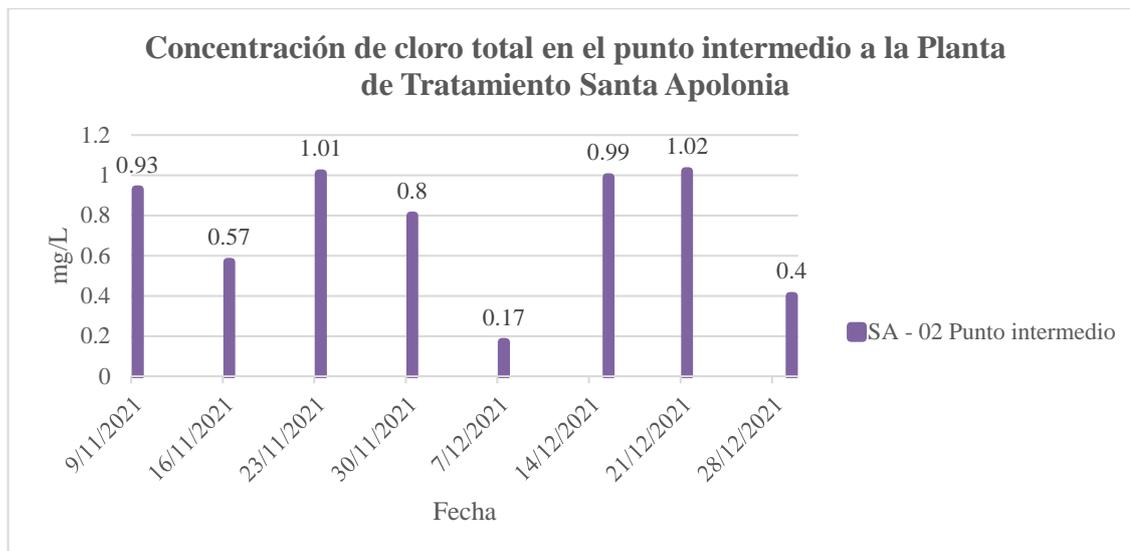


Figura 12. Concentración de cloro total en el punto intermedio a la planta de Tratamiento Santa Apolonia

Se observa en la figura 12 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro total en el punto intermedio a la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia tuvo concentraciones bajas los días 07 y 29 de diciembre, siendo de 0,17 mg/L y 0,4 mg/L respectivamente.

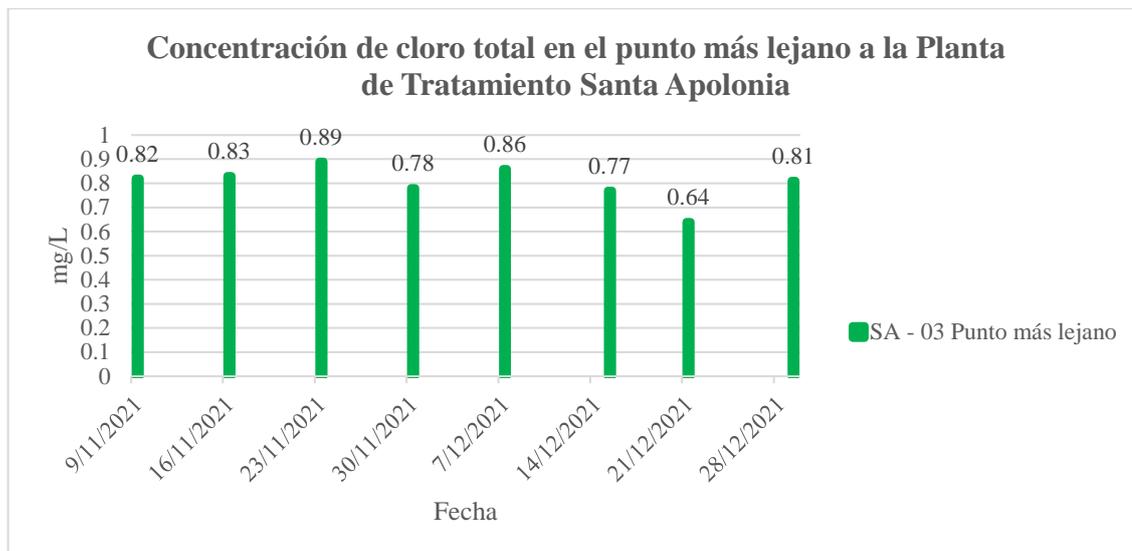


Figura 13. Concentración de cloro total en el punto más lejano a la planta de Tratamiento Santa Apolonia

Se observa en la figura 13 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro total en el punto más lejano a la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia las concentraciones obtenidas no hubo mucha fluctuación de datos.

4.1.3 Concentración del cloro libre en cada punto en las redes de distribución de la planta de tratamiento El Milagro

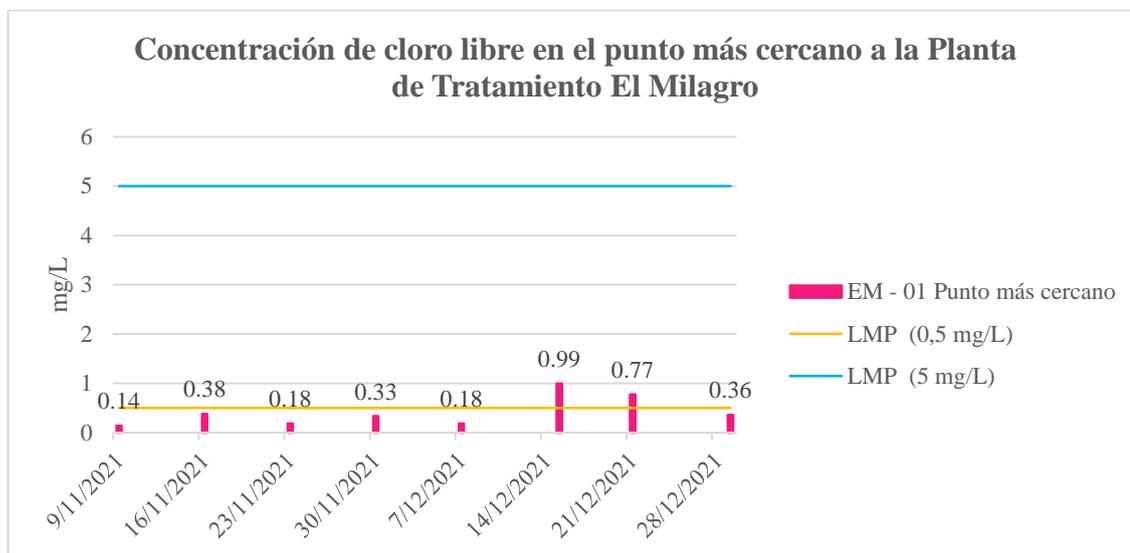


Figura 14. Concentración de cloro libre en el punto más cercano a la planta de Tratamiento El Milagro

Se observa en la figura 14 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro libre en el punto más cercano a la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro, tuvo concentraciones menores a los estándares establecidos hasta el día 07 de diciembre, siendo de 0,14 mg/L, 0,38 mg/L, 0,18 mg/L, 0,33 mg/L y 0,18 mg/L; sin embargo a partir del día 15 de diciembre, debido a un cambio del lugar de muestreo, las concentraciones en dicho punto subieron; no obstante, el día 29 de diciembre también se registró una baja concentración de 0,36 mg/L.

En tanto que, en todas las fechas se puede observar que nunca excede el LMP de 5 mg/L.

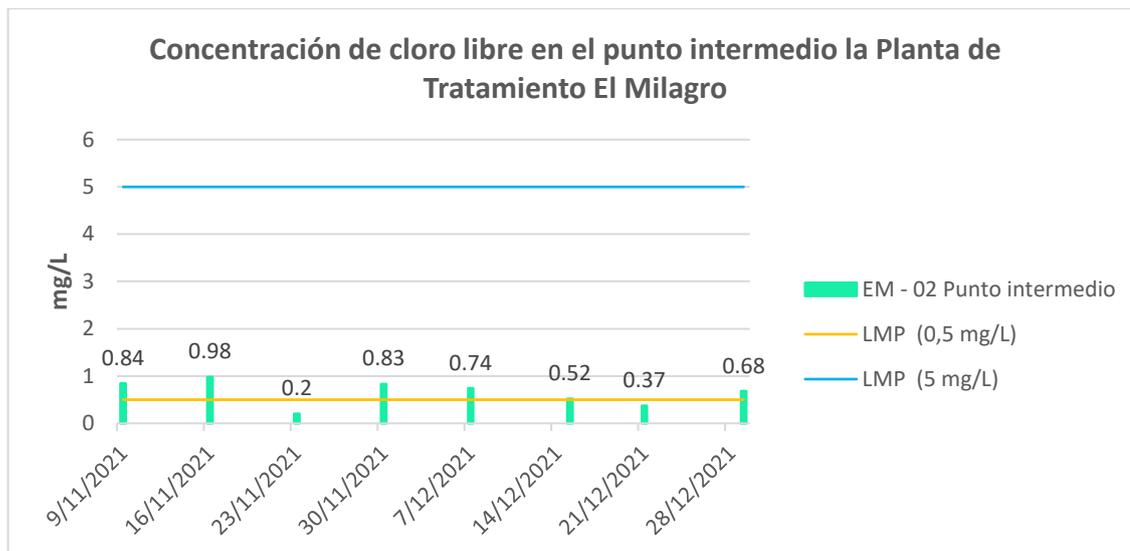


Figura 15. Concentración de cloro libre en el punto intermedio a la planta de Tratamiento El Milagro

Se observa en la figura 15 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro libre en el punto intermedio a la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro los días 23 de noviembre y 21 de diciembre tuvieron concentraciones menores a los estándares establecidos, siendo de 0,20 mg/L, y 0,37 mg/L respectivamente.

En tanto que, en todas las fechas se puede observar que nunca excede el LMP de 5 mg/L.

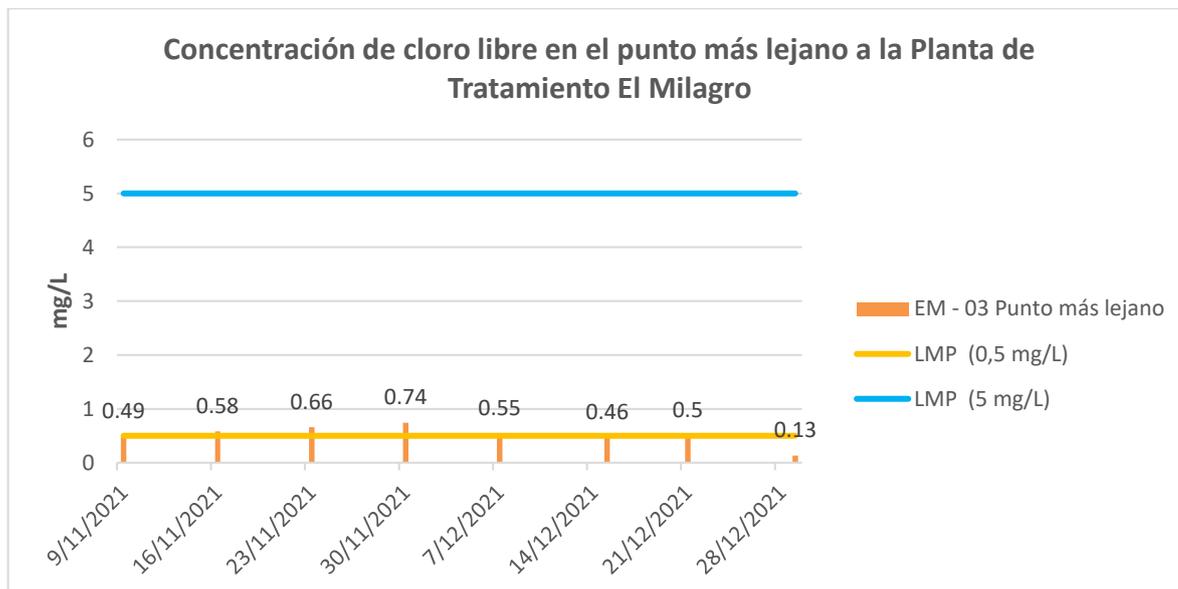


Figura 16. Concentración de cloro libre en el punto más lejano a la planta de Tratamiento El Milagro

Se observa en la figura 16 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro libre en el punto intermedio a la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro el día 09 de noviembre y los días 15 y 29 de diciembre tuvieron concentraciones menores a los estándares establecidos, siendo de 0,49 mg/L, 0,46 mg/L y 0,13 mg/L respectivamente.

En tanto que, en todas las fechas se puede observar que nunca excede el LMP de 5 mg/L.

4.1.4 Concentración del cloro total por cada semana en las redes de distribución de la planta de tratamiento El Milagro

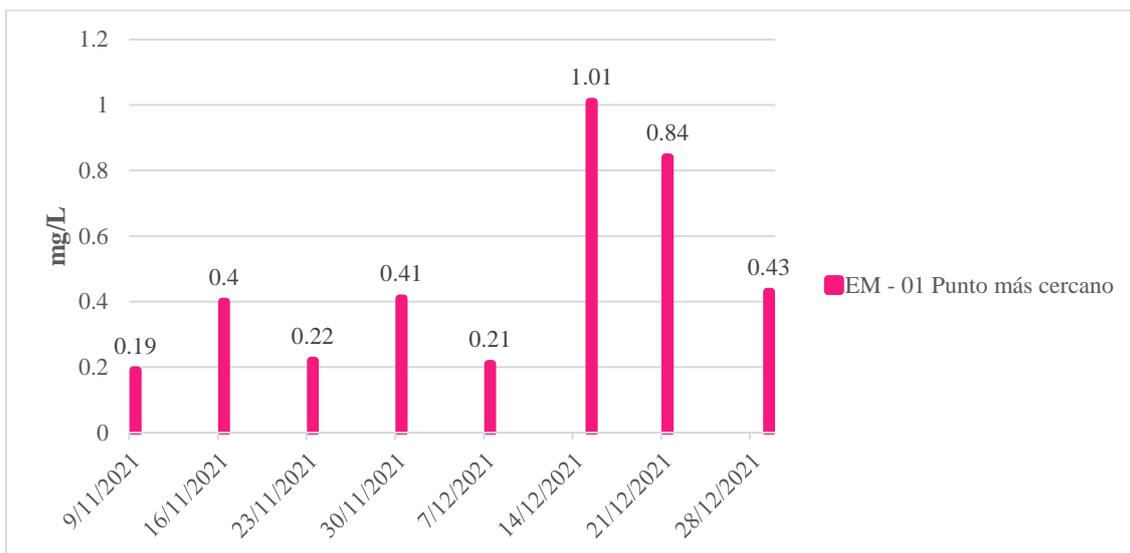


Figura 17. Concentración de cloro total en el punto más cercano a la planta de Tratamiento El Milagro

Se observa en la figura 17 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro total en el punto más cercano a la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro tuvo las concentraciones bajas hasta el día 07 de noviembre, siendo de 0,19 mg/L, 0,40 mg/L, 0,22 mg/L, 0,41 mg/L, 0,21 mg/L y también el día 29 de diciembre con una concentración de 0,43 mg/L.

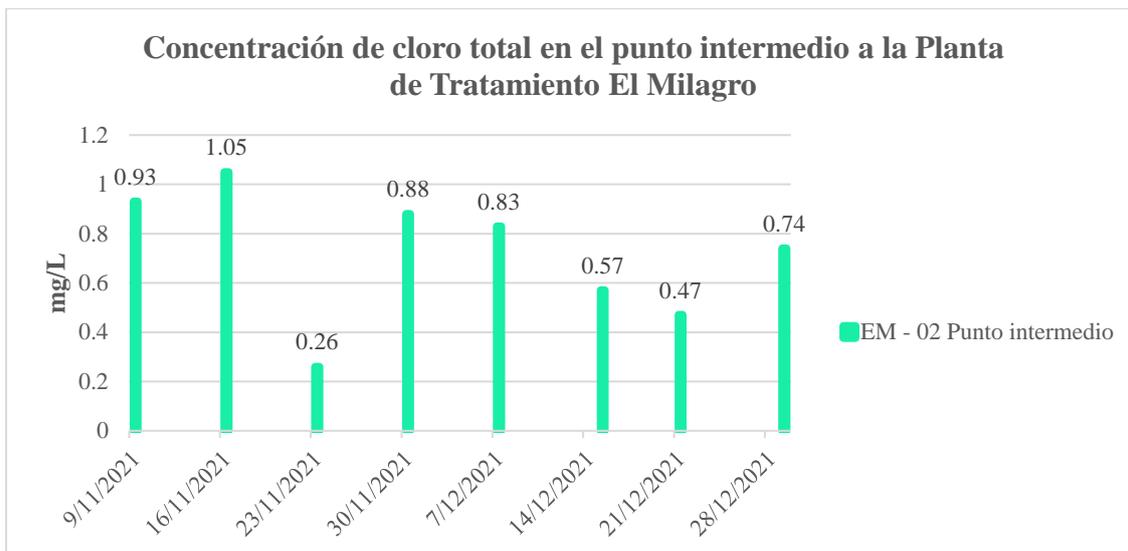


Figura 18. Concentración de cloro total en el punto más cercano a la planta de Tratamiento El Milagro

Se observa en la figura 18 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro total en el punto intermedio a la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro tuvo concentraciones bajas los días 23 de noviembre y 21 de diciembre siendo de 0,26 mg/L y 0,47 mg/L respectivamente, según la OMS, la pérdida de cloro se debe a distintos factores, ya sea fuga o presión, en este caso es porque las tuberías están en mal estado y provocó una fuga, ya que anteriormente hubo una remodelación de la zona y afectó los medidores de agua y este fue el caso de la pérdida de cloro.



Figura 19. Concentración de cloro total en el punto más cercano a la planta de Tratamiento El Milagro

Se observa en la figura 19 que, durante el periodo de muestreo comprendido entre noviembre y diciembre de 2021, el análisis de cloro total en el punto intermedio a la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro presentó una concentración baja el día 29 de diciembre siendo de 0,16 mg/L.

4.2 Discusión General

La guía técnica de la OMS (2009) nos menciona que los sistemas de tuberías normalmente tienen fugas y es por ello que cuando la presión del agua baja, ingresa agua contaminada a través de las grietas en las paredes de las tuberías haciendo que el cloro residual disminuya al interactuar con los contaminantes. Es por ello que podemos deducir que los puntos donde se encontraron valores de cloro libre por debajo de lo establecido tienen deficiencias en las redes de distribución y tiene que ver con la presión de agua que tienen las redes con respecto a cada Planta de Tratamiento de Agua Potable. Según Ordoñez y Quiroz (2021) en su tesis

titulada “Determinación de la Concentración de Cloro Libre Residual mediante Técnicas Electroquímicas” tuvieron como resultado que en las gráficas del comportamiento del cloro en cinco tuberías seleccionadas aleatoriamente se evidenció que reaccionan de acuerdo al consumo; es decir, que en los picos más altos de consumo también se presentan los más altos de cloro; en las horas donde no hay consumo el cloro decae de manera justificable por su permanencia en la red ya que reacciona con las paredes de la tubería y esto genera esa disminución. Así mismo, Enciso Jauregui (2019) en su investigación titulada "Seguimiento de la concentración de cloro residual en tanque de almacenamiento, red de distribución y tanques residenciales en el municipio de Fortul, departamento de Arauca" se identificó tanto en los datos registrados in situ como en los obtenidos a partir de la modelación, que existe una disminución en la concentración de cloro conforme avanza el tiempo y que puede verse afectada por la localización de cada punto dentro de la red.

Confirmando, por ejemplo, que la concentración del cloro libre obtenido en el punto más cercano a la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro (Psj. Las Colinas 120) fue muy bajo, siendo en promedio 0,24 mg/L, el cual es muy por debajo del límite mínimo permisible de 0,5 mg/L; esto debido a que hace un par de años aproximadamente tuvieron constantes problemas de rupturas de la tubería y el medidor de agua cuando se demolió la casa donde se encontraba el medidor (la red pasaba por la vía principal y no llegaba hasta la casa que se encuentra a media cuadra), el problema no se solucionó correctamente al colocar afirmado encima del medidor y ahora SEDACAJ ya no puede encontrar las tuberías ni el medidor (W. L. Alarcón, comunicación personal, 09 de diciembre de 2021). Por tanto, se concluye que existen diversos factores que hacen que el cloro libre disminuya dentro de las redes de distribución, las cuales pueden ser el pico de consumo, fallas en las tuberías o la reacción dentro de las paredes de las mismas.

4.2.1 Discusión General para el cloro libre

En la ciudad de Cajamarca, en el sector que abastece la planta de tratamiento Santa Apolonia, el cloro libre dio como promedio (de los tres puntos de muestreo) 0,66 mg/L encontrándose dentro de lo permitido por los LMP (0,5 - 5 mg/L); sin embargo, hubieron datos (el 21% de las muestras) que estuvieron por debajo de los límites permitidos; y en el sector que abastece a la planta de tratamiento El Milagro, el cloro libre dio como promedio (de los tres puntos de muestreo) 0,62 mg/L encontrándose dentro de lo permitido por los LMP (0,5 - 5 mg/L); sin embargo, hubieron datos (25% de las muestras) que estuvieron por debajo de los límites permitidos, cabe destacar que se considera para el punto más cercano los resultados a partir del día 15 de diciembre que se tomaron las muestras en otra dirección ya que las anteriores salían muy bajas debido a fugas en la red de distribución como ya se explicó anteriormente. En la investigación de Núñez (2019) con respecto al cloro libre para Cajamarca no varía de manera significativa y que en su mayoría no cumple con lo establecido a la norma vigente ya que los resultados son menores a 0,5 mg/L cuando debería ser $\geq 0,5$ mg/L de acuerdo a los parámetros del DS. N° 031-2010-SA. Según Mantilla y Rucoba (2015) en su tesis "Evaluación de la concentración de cloro en agua de consumo en Cajamarca – Perú 2014", se observa que, en los 27 puntos de monitoreo de agua potable en la ciudad de Cajamarca, los resultados obtenidos en los meses de junio, julio y agosto oscilan entre 0,51 mg/L y 1,73 mg/L estando dentro de las concentraciones establecidas por el DS N° 031-2010-SA.

Según la tesis de Huillcas y Taipe (2019), en el departamento de Huancavelica, el objetivo principal fue evaluar la relación entre el cloro residual libre en agua potable y los casos de enfermedades diarreicas, para ello establecieron 32 puntos de monitoreo en los grifos de cada vivienda, en los cuales se obtuvieron los resultados a mencionar, 23 puntos de monitoreo no

cumplen con el límite mínimo permisible de 0,5 mg/L según lo que establece DS. 031-2010-SA. Así mismo, en la investigación de Escalante (2020), donde tuvo como objetivo evaluar la cantidad de cloro residual en la red de distribución de agua potable de los anexos del distrito de Matucana y si este cumple con los límites permitidos, en el cual concluyó que los resultados obtenidos del análisis de cloro libre residual en mg/L en la comuna de Los Olivos, Cacachaqui, Moyoc y Huariquiña presentan valores mínimos, sobrepasando el 0,5 mg/L y con un máximo de 0,7 mg/L en cada punto por lo tanto si cumple con los estándares establecidos. Por su parte, Sánchez et al. (2021) en su investigación titulada "Concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Acobamba, Huancavelica, Perú" concluyeron que el cloro residual libre no cumple con los límites permisibles (las cuales son 0,5 - 5 mg/L según DS N° 031-2010-SA); por lo tanto, el agua no es apta para el consumo humano.

Por tanto, de las 48 muestras realizadas (exceptuando las 5 primeras muestras correspondientes al punto más cercano de la planta de tratamiento El Milagro), las concentraciones en todas las redes de distribución ninguna supera el límite máximo permisible para el cloro libre menor o igual a 5 mg/L; sin embargo, el 23% de las muestras son inferiores al límite mínimo permisible (≥ 5 mg/L según DS N° 031-2010-SA), lo que significa que el cloro libre ha ido reaccionando por diversos factores dentro de las redes de distribución.

4.2.2 Discusión General para el cloro total

En la ciudad de Cajamarca, en el sector que abastece la planta de tratamiento Santa Apolonia, el cloro total dio como promedio (de los tres puntos de muestreo) 0,75 mg/L encontrándose dentro de lo permitido por los LMP (≤ 5 mg/L), llegando a un mínimo de 0,27

mg/L en el punto más cercano el día 29 de diciembre y a un máximo de 1,01 mg/L en el punto intermedio el día 23 de noviembre; y en el sector que abastece la planta de tratamiento El Milagro, el cloro total dio como promedio (de los tres puntos de muestreo) 0,59 mg/L, llegando a un mínimo de 0,16 mg/L en el punto más lejano el día 29 de diciembre y a un máximo de 1,05 mg/L en el punto intermedio el día 16 de noviembre. En la investigación de Núñez (2019) con respecto al cloro total residual para Cajamarca no excede el límite máximo permisible de ser menor o igual a 5 mg/L dispuestos en el DS. N° 031-2010-SA pero al mismo tiempo concluye que no garantiza al 100% la calidad del agua potable. Según Sánchez et al. (2021) la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba para el cloro total está dentro de los límites máximos permisibles, pero en cantidades mínimas, por lo tanto, el agua es apto para consumo humano, pero no garantiza una buena calidad de agua potable a la ciudad de Acobamba por la inadecuada cloración. Por tanto, de las 48 muestras realizadas, las concentraciones en todas las redes de distribución ninguna supera el límite máximo permisible para el cloro total menor o igual a 5 mg/L y que los valores están en mínimas cantidades lo que nos indica que el agua se encuentra apta para el consumo humano.

4.2.3 Análisis estadístico respecto al cloro libre

4.2.3.1 ANOVA de un solo factor: Cloro Libre (mg/L) vs. Puntos de muestreo de la PTAP Santa Apolonia

Tabla 27

Hipótesis estadística para factor puntos de muestreo de la PTAP Santa Apolonia

Hipótesis nula	El estudio de la concentración del cloro libre en las redes de distribución de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia de la ciudad de Cajamarca nos dice que no hay una buena dosificación.
Hipótesis alterna	El estudio de la concentración del cloro libre en las redes de distribución de las plantas de tratamiento de agua potable Santa Apolonia de la ciudad de Cajamarca nos dice que hay una buena dosificación.
Nivel de significancia	$\alpha=0,05$

Tabla 28

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Puntos de muestreo de la PTAP Santa Apolonia	3	SA – 01, SA – 02, SA – 03

Tabla 29

Análisis de varianza para factor puntos de muestreo de la PTAP Santa Apolonia

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	Valor F	Probabilidad (p)	Valor Crítico para F
Puntos	2	0,0432	0,0216	0,3923	0,6803	3,4668
Error	21	1,1568	0,0551			
Total	23	1,2001				

Al realizar la comparación entre la probabilidad y el nivel de significancia (α), se puede observar que: $p > \alpha$, ($0,6803 > 0,05$) y del mismo modo al realizar la comparación entre el valor crítico para F y el valor F, se observa que $3,4668 > 0,3923$; por lo que hay suficiente probabilidad estadística para aceptar la hipótesis nula ya que las medias son iguales.

Tabla 30

Medias para factor puntos de muestreo de la PTAP Santa Apolonia

Puntos de muestreo de la PTAP Santa Apolonia	N	Media	Desv. Est.	Interv. Conf. de 95%
SA – 01	8	0,6625	0,2470	(0,4513; 0,7937)
SA – 02	8	0,6438	0,3107	(0,4284; 0,8591)
SA – 03	8	0,7213	0,0877	(0,6605; 0,7820)

En la tabla 30 observamos que cada punto de muestreo tiene un intervalo de confianza, los cuales son rangos de valores que probablemente contienen la media real por punto de muestreo.

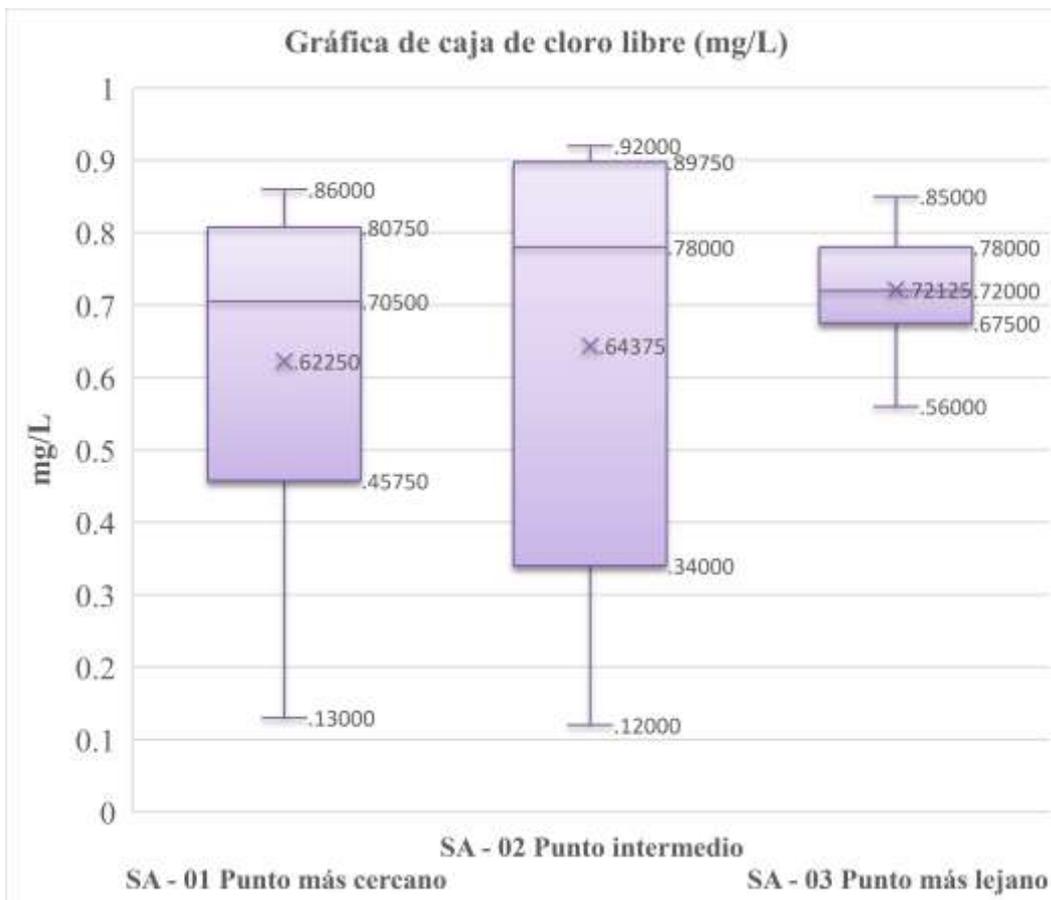


Figura 20. Gráfica de cajas del cloro libre para factor puntos de muestreo de la PTAP Santa Apolonia

En la figura 20, se muestra que en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia, la variabilidad de cloro libre en el punto más lejano es menor, siguiendo por el punto más cercano y por último el punto intermedio es donde hay mayor variabilidad de datos.

4.2.3.2 ANOVA de un solo factor: Cloro Libre (mg/L) vs. Puntos de muestreo de la PTAP El Milagro

Tabla 31

Hipótesis estadística para factor puntos de muestreo de la PTAP El Milagro

Hipótesis nula	El estudio de la concentración del cloro libre en las redes de distribución de las plantas de tratamiento de agua potable El Milagro de la ciudad de Cajamarca nos dice que no hay una buena dosificación.
Hipótesis alterna	El estudio de la concentración del cloro libre en las redes de distribución de las plantas de tratamiento de agua potable El Milagro de la ciudad de Cajamarca nos dice que hay una buena dosificación.
Nivel de significancia	$\alpha=0,05$

Tabla 32

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Puntos de muestreo de la PTAP El Milagro	3	EM – 01, EM – 02, EM – 03

Tabla 33

Análisis de varianza para factor puntos de muestreo de la PTAP El Milagro

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	Valor F	Probabilidad (p)	Valor Crítico para F
Puntos	2	0,2108	0,1054	1,6189	0,2219	3,4668
Error	21	1,3674	0,0651			
Total	23	1,5782				

Al realizar la comparación entre la probabilidad y el nivel de significancia (α), se puede observar que: $p > \alpha$, ($0,2219 > 0,05$) y del mismo modo al realizar la comparación entre el valor crítico para F y el valor F, se observa que $3,4668 > 1,6189$; por lo que hay suficiente probabilidad estadística para aceptar la hipótesis nula ya que las medias son iguales.

Tabla 34

Medias para factor puntos de muestreo de la PTAP El Milagro

Puntos de muestreo de la PTAP El Milagro	N	Media	Desv. Est.	Interv. Conf. de 95%
EM – 01	8	0,4136	0,3057	(0,2044; 0,6281)
EM – 02	8	0,6450	0,2630	(0,4628; 0,8272)
EM – 03	8	0,5138	0,1809	(0,3884; 0,3691)

En la tabla 34 observamos que cada punto de muestreo tiene un intervalo de confianza, los cuales son rangos de valores que probablemente contienen la media real por punto de muestreo.

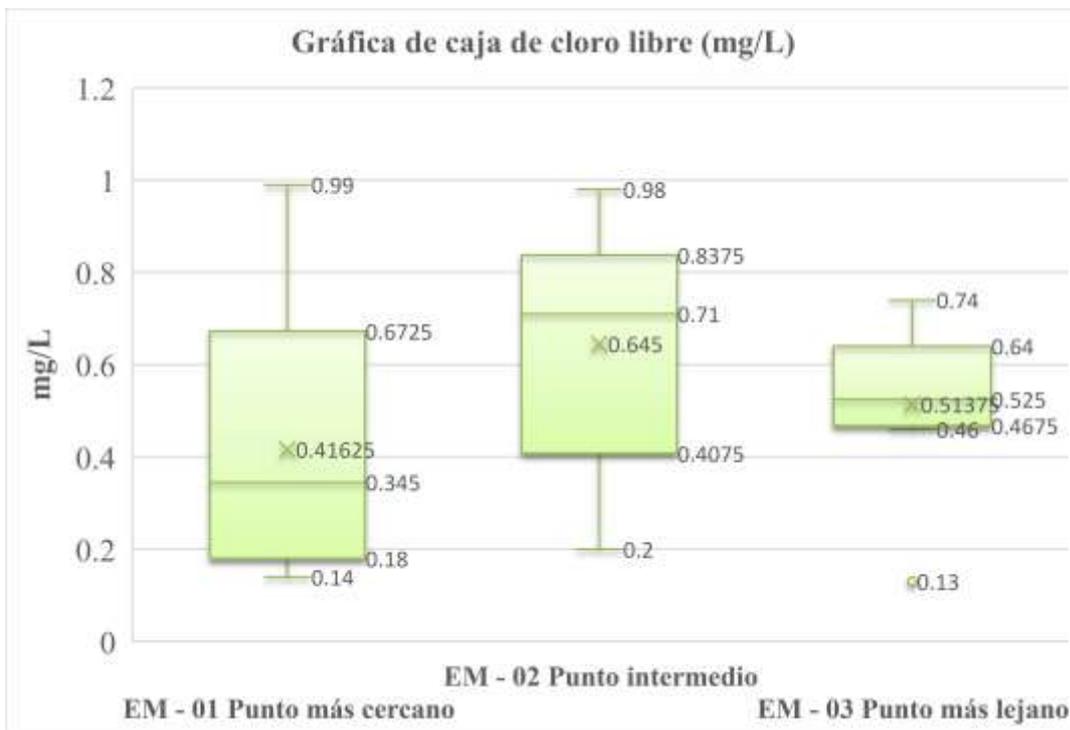


Figura 21. Gráfica de cajas del cloro libre para factor puntos de muestreo de la PTAP El Milagro

En la figura 21, se muestra que en la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro, la variabilidad de cloro libre en el punto más lejano es menor y que va en aumento hasta el punto más cercano donde hay mayor variabilidad de datos.

4.2.3.3 ANOVA de un solo factor: Cloro Total (mg/L) vs. Plantas de Tratamiento de Agua Potable

Tabla 35

Hipótesis estadística para factor Plantas de Tratamiento de Agua Potable

Hipótesis nula	Las concentraciones medias del cloro total en las redes de distribución de las PTAP Santa Apolonia y El Milagro son muy bajas.
Hipótesis alterna	Las concentraciones medias del cloro total en las redes de distribución de las PTAP Santa Apolonia y El Milagro no son muy bajas.
Nivel de significancia	$\alpha=0,05$

Tabla 36

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Plantas de Tratamiento de Agua Potable	2	Santa Apolonia, El Milagro

Tabla 37

Análisis de varianza para factor Plantas de Tratamiento de Agua Potable

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	Valor F	Probabilidad (p)	Valor Crítico para F
Puntos	1	0,2837	0,2837	4,5615	0,0381	4,0517
Error	46	2,8606	0,0622			
Total	47	3,1443				

Al realizar la comparación entre la probabilidad y el nivel de significancia (α), se puede observar que: $p < \alpha$, ($0,0381 < 0,05$) y del mismo modo al realizar la comparación entre el

valor crítico para F y el valor F, se observa que $4,0517 < 4,5615$; por lo que hay suficiente probabilidad estadística para aceptar la hipótesis alterna ya que las medias son distintas.

Tabla 38

Medias para factor Plantas de Tratamiento de Agua Potable

Plantas de Tratamiento de Agua Potable	N	Media	Desv. Est.	Interv. Conf. de 95%
Santa Apolonia	24	0,7467	0,2258	(0,6563; 0,8370)
El Milagro	24	0,5929	0,2709	(0,4845; 0,7013)

En la tabla 38 observamos que cada Planta de Tratamiento de Agua Potable tiene un intervalo de confianza, los cuales son rangos de valores que probablemente contienen la media real por sector.

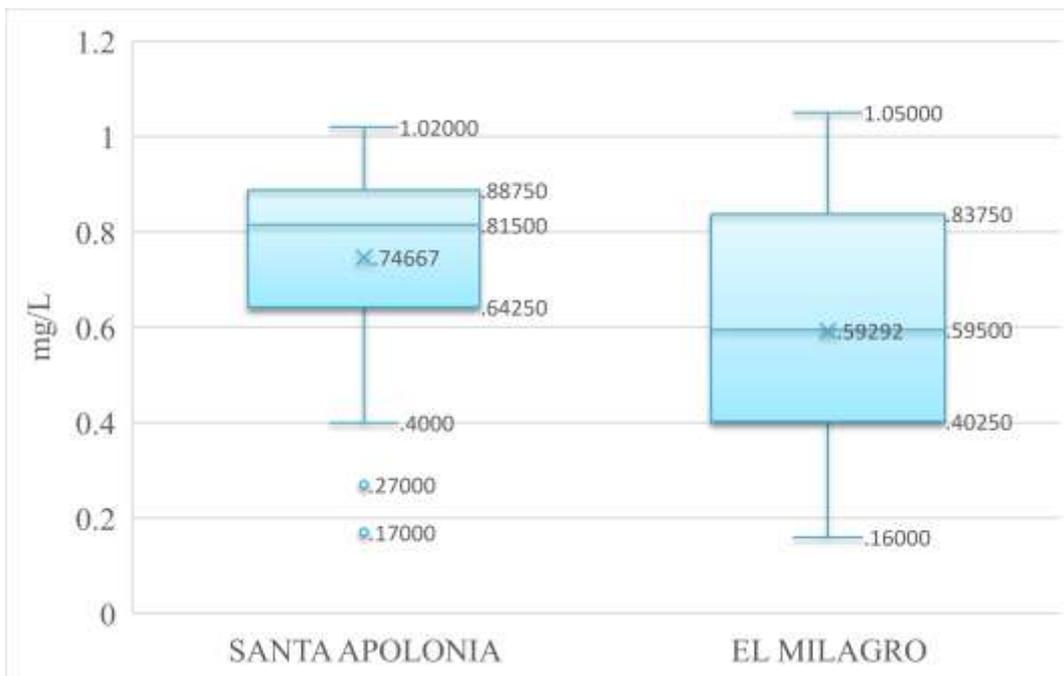


Figura 22. Gráfica de cajas del cloro total para factor Plantas de Tratamiento de Agua Potable

En la figura 22, se muestra que la variabilidad de cloro total en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia es menor; en tanto que para El Milagro existe una mayor amplitud de variabilidad de los datos en las redes de distribución.

4.3 Conclusiones

- El estudio de la concentración del cloro libre en las redes de distribución de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia y El Milagro de la ciudad de Cajamarca nos dice que no hay una buena dosificación.
- La concentración de cloro libre y total en el punto más cercano de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia, tuvo como promedio 0,62 mg/L y 0,70 mg/L y la concentración de cloro libre y total en el punto más cercano de la Planta

de Tratamiento de Agua Potable El Milagro, tuvo como promedio 0,71 mg/L y 0,76 mg/L.

- La concentración de cloro libre y total en el punto intermedio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia, tuvo como promedio 0,64 mg/L y 0,74 mg/L y la concentración de cloro libre y total en el punto intermedio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro, tuvo como promedio 0,65 mg/L y 0,72 mg/L.
- La concentración de cloro libre y total en el punto más lejano de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia, tuvo como promedio 0,72 mg/L y 0,80 mg/L y la concentración de cloro libre y total en el punto más lejano de la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro, tuvo como promedio 0,51 mg/L y 0,60 mg/L.
- Las concentraciones de cloro libre en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Apolonia que no cumplen con el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano son los siguientes: en el punto más cercano, la segunda (0,43 mg/L) y octava semana (0,13 mg/L), en el punto intermedio, la segunda (0,46 mg/L), quinta (0,12 mg/L) y octava (0,30 mg/L) semana; y las concentraciones de cloro libre en la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro que no cumplen con el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano son los siguientes: en el punto más cercano, las primero cinco semanas (0,14 mg/L, 0,38 mg/L, 0,18 mg/L, 0,33 mg/L y 0,18 mg/L) y la octava (0,36 mg/L) semana no cumplen con lo que establece el reglamento; así como, en el punto intermedio, la tercera (0,20 mg/L) y séptima (0,37 mg/L) semana tampoco cumplen con lo establecido; y por último, en el punto más lejano, la primera (0,49 mg/L), sexta (0,46 mg/L) y octava (0,13 mg/L) semana

tampoco cumplen con lo establecido. Sin embargo, si consideramos únicamente las últimas tres fechas de monitoreo para el punto más cercano podemos estimar que la última semana fue la única que no cumplió con el reglamento.

REFERENCIAS

- Acciona. (1 de marzo de 2020). https://www.acciona.com/es/soluciones/agua/areas-actividad/potabilizacion/?_adin=02021864894.
- Aguilar Prieto, P., Cepero Martin, J. y Coutin Marie, G. (2000). *La calidad del agua de consumo y las enfermedades diarreicas en Cuba, 1996- 1997*. Revista Panamericana de Salud Pública. 7(5), 313- 318. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/pah-33048>.
- Ávila Perez, C. (2013). *Protocolo de validación para la determinación de cloro libre en agua con n,n-dietil-fenilendiamina* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/156004>.
- Barreto, L. (s.f.). *¿Sabes qué son los sistemas de abastecimiento de agua?* <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/acerca-de-esta-herramienta/%C2%BFsabes-qu%C3%A9-son-los-sistemas-de-abastecimiento-de-agua%3F>
- Cáceres Lopez, O. (1990). *Desinfeccion del agua*. Ministerio de salud y Organizacion Panamericana de la Salud. Perú.
- Cárdenas Jaramillo, D. L., y Patiño Guaraca, F. E. (2010). *Estudios y diseños definitivos del sistema de agua potable de la comunidad de Tutacán, cantón Paute, provincia del Azuay* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cuenca]. Repositorio Institucional - Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/725>
- Chulluncuy, C. (2011). *Tratamiento de agua para consumo humano*. Ingeniería Industrial (029), 153 - 170. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>

- Clemente Ninalaya, T. R. (2014). *Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y del sistema de alcantarillado de la ciudad de Huanta* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/12068>
- Dirección General de Salud Ambiental. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Biblioteca Central del Ministerio de Salud.
- Enciso Jauregui , N. A. (30 de mayo de 2019). *Seguimiento de la concentración de cloro residual en tanque de almacenamiento, red de distribución y tanques residenciales en el municipio de Fortul, depar tul, departamento de Arauca* [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle]. Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/540/.
- Escalante, P. (2020). *Determinación de Cloro residual en la red de distribución de agua potable de los anexos del distrito de Matucana - Octubre 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Roosevelt]. Repositorio Institucional – Universidad Roosevelt. <http://repositorio.uroosevelt.edu.pe/handle/ROOSEVELT/495>.
- Huilcas Noa, C. R., y Taipei Alanya , I. (2019). *Cloro residual libre en agua potable y los casos de enfermedades diarreicas agudas(EDAS) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Huancavelica. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2987>.
- Llenque Martinez, J. (2017). *Descripción y análisis del servicio de agua potable en la localidad Villa Cancas, distrito de Canoas de Punta Sal empleando software aplicativo Watercad* [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio UAP. <https://hdl.handle.net/20.500.12990/1777>.

- López del Pino , S., Martín Calderón, S., & López de las Huertas Martínez, M. (2015). *Análisis de agua potable y residual*. España: Elearning S.R.
- Mantilla A. y Rucoba J. (2014). *Evaluación de la concentración de cloro en agua de consumo humano en Cajamarca-Perú 2014*. Ciencia Tecnología y Desarrollo, Volumen (1), 27 - 35.
- Marega, F. (2021). *Diseño de una Estación de Recloración de Agua Potable* [Proyecto Final, Universidad Tecnológica Nacional]. Repositorio Institucional Abierto – Universidad Tecnológica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12272/5509>
- Martínez Andrés, C. J. (2019). *Potabilización del agua*. España: Elearning S.L.
- Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Biblioteca Nacional del Perú N°2011-02552.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2000). *Libro Blanco del agua en España*. Jacaryan S.A.
- Nuevo, D. (17 de Abril de 2018). *Cloración en tratamientos de aguas*. TECPA. Obtenido de <https://www.tecpa.es/cloracion-tratamiento-aguas/>
- Núñez, E. (2019). *Concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable del reservorio n° 2 de la planta El Milagro en la ciudad de Cajamarca – 2018* [Tesis de grado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. Repositorio Institucional - UPAGU. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/969>.
- Ordoñez , G., y Quiroz, I. (2021). Determinación de cloro libre residual mediante técnicas electroquímicas [Tesis grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21474>.

Organizacion Mundial de Salud. (2013). *Guías para la Calidad de Agua, para consumo Humano*.

Pérez, R. y Ramos, 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 grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional UNH. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2181>

Ramírez Quirós, F. (2005). *Desinfección del agua con cloro y cloraminas*. Técnica Industrial 260.

Rodriguez Vidal, F. J. (2003). *Procesos de Potabilizacion del agua e influencia del tratamiento de Ozonización*. Madrid: Fernández Ciudad S.L.

SEDACAJ. (2010). *Memoria Descriptiva de infraestructura de todos los sistemas de saneamiento de la EPS SEDACAJ S.A*. Cajamarca.

SUNASS. (2004). *La Calidad de Agua Potable*. Biblioteca Nacional del Perú 1501052004-8552.

Vega, G. (2019) *Determinación del abatimiento del cloro en función al coeficiente de reacción en pared de tubería, en las redes de distribución de agua potable de la localidad de San Miguel de Monterrey* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]. Repositorio Institucional UNASAM. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4146>

Villena, J. (2018) Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, (35), 304-308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

Weber, W. (2003). *Control de Calidad del Agua: Procesos fisicoquímicos*. Barcelona: Reverté,S.A.

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Autorización del punto más cercano a la PTAP Santa Apolonia.

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2021

El Centro de Salud Pachacutec, con dirección en Av. Perú N° 900; concede el permiso para ingresar al lugar a las tesoristas Betsie Lucerito Cabellos Angulo, identificada con DNI N° 73632585 y Jossy Stefhany Cubas Diaz, identificada con DNI N° 48100825, bachilleres de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte, para ejecutar su tesis que consiste en la evaluación del cloro en el agua para consumo humano, proceso que durará unos 10 minutos como máximo aproximadamente y que se realizará una vez por semana durante los meses de noviembre y diciembre.



Firma de autorización

ANEXO n.º 2. Autorización del punto intermedio a la PTAP Santa Apolonia.

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2021

SUTEP Cajamarca con dirección en Jr. Juan Villanueva N° 307; concede el permiso para ingresar a la institución a las tesisistas Betsie Lucerito Cabellos Angulo, identificada con DNI N° 73632585 y Jossy Stefhany Cubas Diaz, identificada con DNI N° 48100825, bachilleres de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte, para ejecutar su tesis que consiste en la evaluación del cloro en el agua para consumo humano, proceso que durará unos 10 minutos como máximo aproximadamente y que se realizará una vez por semana durante los meses de noviembre y diciembre.


Firma de autorización -

ANEXO n.º 3. Autorización del punto más lejano a la PTAP Santa Apolonia.

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2021

Yo, Liliana Yaquelin Correa Vasquez,
con domicilio en Jose Quiñones y Petateros;
concedo el permiso para ingresar a mi domicilio a las tesisistas Betsie Lucerito Cabellos Angulo, identificada con DNI N° 73632585 y Jossy Stefhany Cubas Diaz, identificada con DNI N° 48100825, bachilleres de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte, para ejecutar su tesis que consiste en la evaluación del cloro en el agua para consumo humano, proceso que durará unos 10 minutos como máximo aproximadamente y que se realizará una vez por semana durante los meses de noviembre y diciembre.



Firma de autorización

ANEXO n.º 4. Autorización del punto más cercano a la PTAP El Milagro.

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2021

Yo, Baoty Alarcón Balcazar,
con domicilio en Psje. Las Colinas 120;
concedo el permiso para ingresar a mi domicilio a las tesisistas Betsie Lucerito Cabellos Angulo, identificada con DNI N° 73632585 y Jossy Stefhany Cubas Diaz, identificada con DNI N° 48100825, bachilleres de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte, para ejecutar su tesis que consiste en la evaluación del cloro en el agua para consumo humano, proceso que durará unos 10 minutos como máximo aproximadamente y que se realizará una vez por semana durante los meses de noviembre y diciembre.



Firma de autorización

ANEXO n.º 5. Autorización del punto intermedio a la PTAP El Milagro.

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2021

La I.E.P SACO OLIVEROS con dirección en Jr. Juan XXIII N° 132; concede el permiso para ingresar a la institución a las tesisistas Betsie Lucerito Cabellos Angulo, identificada con DNI N° 73632585 y Jossy Stefhany Cubas Diaz, identificada con DNI N° 48100825, bachilleras de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte, para ejecutar su tesis que consiste en la evaluación del cloro en el agua para consumo humano, proceso que durará unos 10 minutos como máximo aproximadamente y que se realizará una vez por semana durante los meses de noviembre y diciembre.

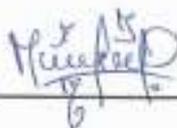


Firma de autorización

ANEXO n.º 6. Autorización del punto más lejano a la PTAP El Milagro.

Cajamarca, 08 de Noviembre de 2021

Yo, Mayte Pérez Zamora
con domicilio en Jr. Larry Johnson. 771;
concedo el permiso para ingresar a mi domicilio a las tesisistas Betsie Lucerito
Cabellos Angulo, identificada con DNI N° 73632585 y Jossy Stefhany Cubas
Diaz, identificada con DNI N° 48100825, bachilleres de Ingeniería Ambiental de
la Universidad Privada del Norte, para ejecutar su tesis que consiste en la
evaluación del cloro en el agua para consumo humano, proceso que durará unos
10 minutos como máximo aproximadamente y que se realizará una vez por
semana durante los meses de noviembre y diciembre.



Firma de autorización

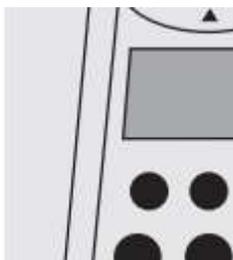
ANEXO n.º 7.

Cloro	100597
Determinación de cloro libre, de cloro total y de cloro combinado	Test en cubetas

Intervalo de medida: 0.05 – 5,00 mg/l de Cl₂ cubeta de 16mm



Comprobar el valor del pH de la muestra, intervalo necesario: pH 4 – 8. En caso necesario, corregir el valor del pH añadiendo gota a gota solución diluida de hidróxido sódico o de ácido sulfúrico.



Elegir método ① ③ ④.
Seleccionar el punto >>diff.



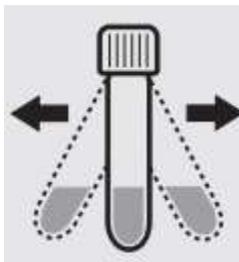
Introducir aprox. 10 ml de agua destilada en una cubeta de 16 mm vacía. **(¡no añadir reactivos!)** cerrar con la tapa roscada. (Cubeta del blanco)



Pipetear 5,0 ml de la muestra en una cubeta redonda.



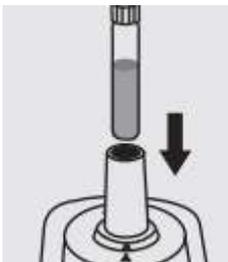
Añadir 1 microcuchara azul rasa de Cl₂-1, cerrar con la tapa roscada.



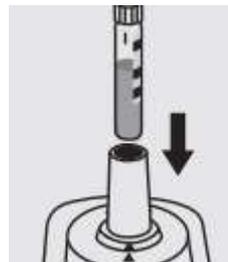
Agitar intensamente la cubeta para disolver la sustancia sólida.



Tiempo de reacción: 1 minuto. Iniciar cuenta atrás con



Colocar la cubeta del blanco en el compartimiento para cubetas. Pulsar

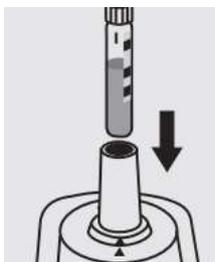


Colocar la cubeta de la muestra en el compartimiento para cubetas. Hacer coincidir la raya de marcado de la cubeta con la marca de fotómetro.

Pulsar **Test**. (=T1)



Retirar del fotómetro la cubeta de la muestra, abrirla y añadir 2 gotas de Cl_2-2 , cerrar con la tapa roscada y mezclar.



Colocar la cubeta de la muestra nuevamente en el compartimiento para cubetas. Hacer coincidir la raya de marcado de la cubeta con la marca de fotómetro. Pulsar **Test**. (=T2)

ANEXO n.º 8. Calibración del Colorímetro Move 100 – Spectroquant.



Certificate of Compliance

Instrument Spectroquant® Colorimeter Move 100

Serial No. 19/15939

Calibration / Testing	Target / function	meets target / function
Wavelength in nm	430	yes
halfband width 5 nm ¹	530	yes
	560	yes
	580	yes
	610	yes
	660	yes
Wavelength Accuracy	+/- 1nm	yes
Photometric Accuracy	2% Full Scale	yes
Photometric Resolution	0.005 A	yes
Instrument functions	User Interface	yes
	Software	yes
	Power	yes
	interface/s for external devices	yes
General Inspection	Free of flaws	yes
	No loose parts	yes

¹ Optics performance is according to filter specification certificates
Tested with not traceable reference standard solutions

Release Date: 20th October 2021

Technician: Raitch

Quality Manager: D. Kovic

Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany

EMD Millipore Burlington, MA. 01803 -USA

Merck KGaA is ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 certified

ANEXO n.º 9. Análisis del cloro libre en el punto más cercano de la PTAP Santa Apolonia.



ANEXO n.º 10. Análisis del cloro libre en el punto intermedio de la PTAP Santa Apolonia.



ANEXO n.º 11. Análisis del cloro libre en el punto más lejano de la PTAP Santa Apolonia.



ANEXO n.º 12. Análisis del cloro libre en el punto más cercano de la PTAP El Milagro.



ANEXO n.º 13. Análisis del cloro libre en el punto intermedio de la PTAP El Milagro.



ANEXO n.º 14. Análisis del cloro libre en el punto más lejano de la PTAP El Milagro.



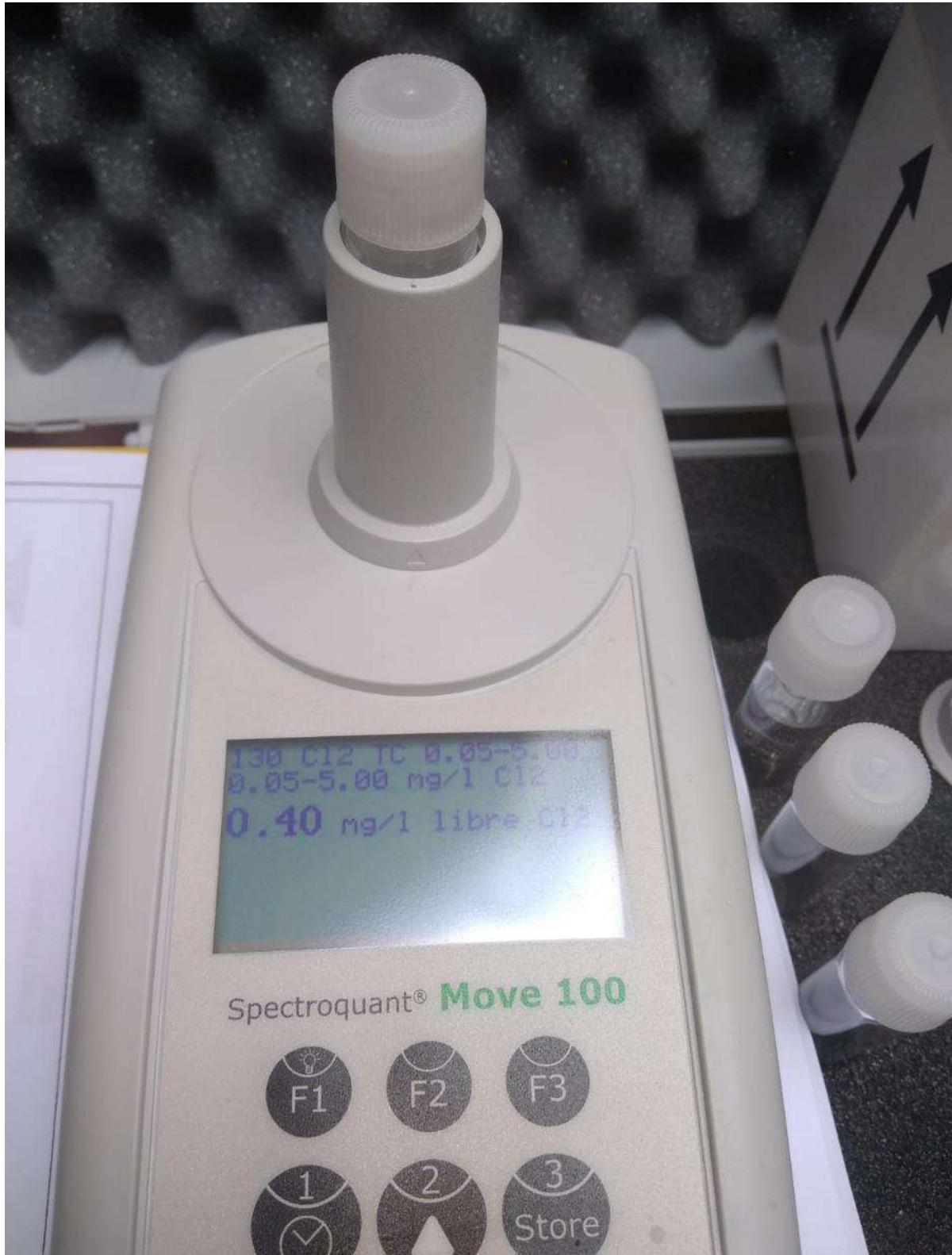
ANEXO n.º 15. Agregado del reactivo Cl_2-1 (ácido bórico) en la muestra.



ANEXO n.º 16. Reacción de la muestra con el reactivo Cl₂-1 (ácido bórico).



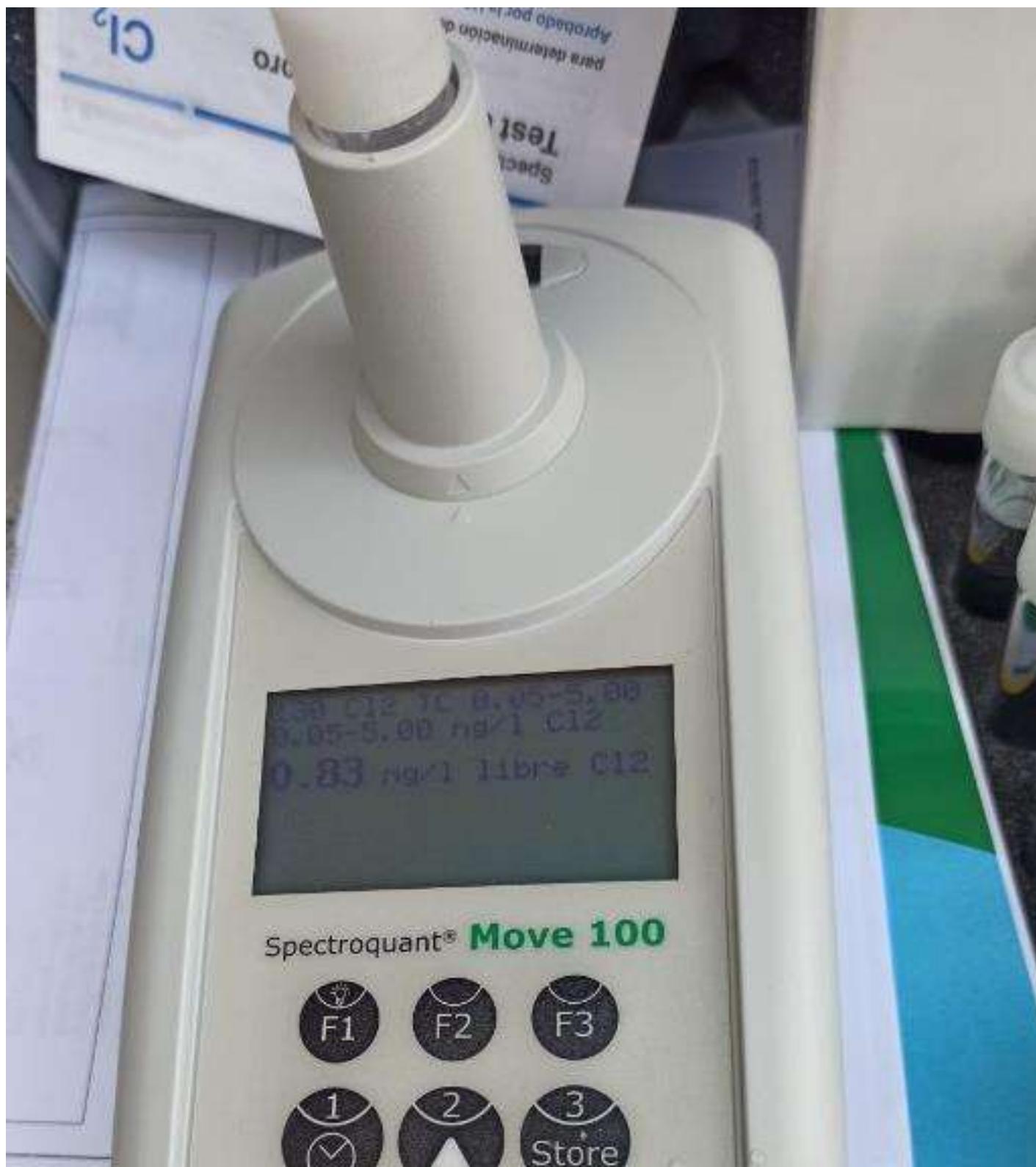
ANEXO n.º 17. Lectura del cloro libre.



ANEXO n.º 18. Agregado del Reactivo Cl_2 -2 (yoduro de potasio) en la muestra.

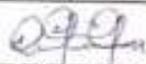


ANEXO n.º 19. Lectura del cloro total.



ANEXO n.º 20. Cadena de custodia de la primera semana de muestreo.

CADENA DE CUSTODIA - AGUA POTABLE									
Código No. de Custodia:		01							
Fecha de reporte:		09/11/2021							
Departamento:		Cajamarca			Distrito:			Cajamarca	
Provincia:		Cajamarca							
Muestreador:		Jossy Stephany Cubas Diaz			DNI:			48100825	
Código de Muestra	Hora de Muestreo	Identificación del Punto de Monitoreo	Análisis requeridos		Observaciones	Coordenadas del punto de monitoreo			
			Cloro libre (mg/L)	Cloro total (mg/L)		Zona UTM	17		
						Este	Norte		
E1-03	8:30am	Jr Larry Johnson N° 771	0,49	0,62		777164,5	9205156,3		
E1-02	9:02am	Jr Juan XXIII N° 132	0,84	0,93		7749916	92444,4		
SA-01	9:38am	Centro de Salud Pachacutec	0,86	0,95		739193	92349,1		
SA-03	10:08am	Jr José Quiroz y Jr petateros	0,74	0,82		7746671	9208196,9		
E1-01	11:35am	Pg Las Colinas 120	0,14	0,19		773376,8	9210203,9		
SA-02	4:05pm	Jr Juan Villanueva N° 307	0,85	0,93		773562,1	9206651,6		



Responsable del Monitoreo

ANEXO n.º 21. Cadena de custodia de la segunda semana de muestreo.

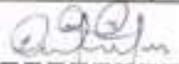
CADENA DE CUSTODIA - AGUA POTABLE							
Código No. de Custodia:		09					
Fecha de reporte:		16/11/2021					
Departamento:		Cajamarca		Distrito:		Cajamarca	
Provincia:		Cajamarca					
Muestreador:		Betsie Cabellos		DNI:		73632585	
Código de Muestra	Hora de Muestreo	Identificación del Punto de Monitoreo	Análisis requeridos		Observaciones	Coordenadas del punto de monitoreo	
			Cloro libre (mg/L)	Cloro total (mg/L)		Zona UTM	17
						Este	Norte
EM-01	8:22 am	Sr. Larry Johnson 771	0,58	0,69		777164,0	9205156,3
SA-03	8:52 am	Sr. José Guiltorres y Sr. Patatoros	0,78	0,83		774667,1	9206601,6
EM-02	9:18 am	Sr. Juan XVIII 732	0,92	1,05		774991,6	92444,4
SA-01	12:18 pm	Centro de Salud Pachacutec	0,43	0,50		73919,3	92349,1
SA-02	12:31 pm	Sr. Juan Villanueva 307	0,46	0,57		773562,1	9203196,9
EM-03	12:46 pm	Pbj. Las Colinas 120	0,38	0,40	El color fue muy pálido.	773376,8	9210203,9



Responsable del Monitoreo

ANEXO n.º 22. Cadena de custodia de la tercera semana de muestreo.

CADENA DE CUSTODIA - AGUA POTABLE							
Código No. de Custodia:		03					
Fecha de reporte:		23/11/2021					
Departamento:		Cajamarca		Distrito:		Cajamarca	
Provincia:		Cajamarca					
Muestreador:		Jossy Stephany Cubas Diaz		DNI:		43100825	
Código de Muestra	Hora de Muestreo	Identificación del Punto de Monitoreo	Análisis requeridos		Observaciones	Coordenadas del punto de monitoreo	
			Cloro libre (mg/L)	Cloro total (mg/L)		Zona UTM	17
						Este	Norte
SA-02	6:36am	Jr Juan Villanueva N° 307	0,90	1,01		773562.1	9206651.6
EM-03	8:55am	Jr Larry Johnson N° 771	0,66	0,75		777164.5	9205156,3
EM-02	9:12am	Jr Juan XXIII N° 132	0,20	0,26		77764.5	92444,4
SA-03	9:25am	Jr José Guinonez y pelateros	0,85	0,87		774667.1	9206651.6
SA-01	9:50am	Centro de Salud Pachacutec	0,81	0,86		73919.3	92349.1
EM-01	10:52am	Psj las Colinas N° 120	0,18	0,22		773376.8	9210203.9



 Responsable del Monitoreo

ANEXO n.º 23. Cadena de custodia de la cuarta semana de muestreo.

CADENA DE CUSTODIA - AGUA POTABLE								
Código No. de Custodia:		04						
Fecha de reporte:		30/11/2021						
Departamento:		Cajamarca			Distrito:		Cajamarca	
Provincia:		Cajamarca						
Muestreador:		Betsie Cabellos			DNI:		73632585	
Código de Muestra	Hora de Muestreo	Identificación del Punto de Monitoreo	Análisis requeridos		Observaciones	Coordenadas del punto de monitoreo		
			Cloro libre (mg/L)	Cloro total (mg/L)		Zona UTM	17	
						Este	Norte	
BI-03	7:15 AM	Jr. Larry Johnson 771	0,74	0,85		777 164,5	9205156,3	
SA-03	7:59 AM	Jr. Jose Guiniones y Jr. Patiteros	0,69	0,78		774 667,9	9206651,6	
SA-01	8:23 AM	Centro de Salud Pachacutca	0,75	0,85		73919,3	92 349,1	
SA-02	8:45 AM	Jr. Swan Villanueva 307	0,71	0,80		773562,9	9208196,9	
ET-01	9:12 AM	Psj. Las Colinas #120	0,33	0,41		773376,8	9210203,9	
ET-02	9:58 AM	Jr. Swan XXIII #29	0,33	0,38		774991,6	92444,4	


Responsable del Monitoreo

ANEXO n.º 24. Cadena de custodia de la quinta semana de muestreo.

CADENA DE CUSTODIA - AGUA POTABLE							
Código No. de Custodia:		05					
Fecha de reporte:		07/12/2021					
Departamento:		Cajamarca		Distrito:		Cajamarca	
Provincia:		Cajamarca					
Muestreador:		Jossy Stephany Cubas Diaz		DNI:		48100825	
Código de Muestra	Hora de Muestreo	Identificación del Punto de Monitoreo	Análisis requeridos		Observaciones	Coordenadas del punto de monitoreo	
			Cloro libre (mg/L)	Cloro total (mg/L)		Zona UTM	
						Este	Norte
EM-03	8:22am	Jr Larry Johnson N° 771	0,55	0,65		777164,5	9205156,3
EM-02	8:50am	Jr Juan XIII N° 132	0,74	0,83		777164,5	92444,4
SA-03	9:15am	Jr José Quiñones y retobros	0,78	0,86		774667,1	9206651,6
SA-01	9:38am	Centro de Salud Pachacutec	0,80	0,88		73919,3	92349,1
SA-02	10:25am	Jr Juan Villanueva N° 307	0,12	0,17		773562,1	9206651,6
EM-01	11:05am	Pj las Colinas # 120	0,18	0,21		773376,8	9210203,9



Responsable del Monitoreo

ANEXO n.º 25. Cadena de custodia de la sexta semana de muestreo.

CADENA DE CUSTODIA - AGUA POTABLE							
Código No. de Custodia:		06					
Fecha de reporte:		14/12/2021					
Departamento:		Cajamarca		Distrito:		Cajamarca	
Provincia:		Cajamarca					
Muestreador:		Betsie Cabellos		DNI:		73632585	
Código de Muestra	Hora de Muestreo	Identificación del Punto de Monitoreo	Análisis requeridos		Observaciones	Coordenadas del punto de monitoreo	
			Cloro libre (mg/L)	Cloro total (mg/L)		Zona UTM	17
						Este	Norte
EM-03	7:40 AM	Jr. Larry Shanson 771	0,46	0,52		7777645	9205156,3
SA-03	2:37 AM	Jr. Guirapones y Sr. Retaleros	0,67	0,77		774667,1	9206651,6
SA-01	8:57 AM	Centro de Salud Pachacutec	0,66	0,67		73919,3	92349,1
SA-02	9:15 AM	Jr. Juan Villanueva 3.07	0,59	0,99		773562,1	9208196,9
EM-01	9:47 AM	Av. Miguel Carducci 512	0,99	1,01		773347,9	9210227,3
EM-02	10:20 AM	Jr. San XXIII # 132	0,52	0,57		774991,6	92444,4



 Responsable del Monitoreo

ANEXO n.º 26. Cadena de custodia de la séptima semana de muestreo.

CADENA DE CUSTODIA - AGUA POTABLE								
Código No. de Custodia:		07						
Fecha de reporte:		21/12/2021						
Departamento:		Cajamarca			Distrito:			Cajamarca
Provincia:		Cajamarca						
Muestreador:		Jossy Stefhany Pubs Diaz		DNI:		48100825		
Código de Muestra	Hora de Muestreo	Identificación del Punto de Monitoreo	Análisis requeridos		Observaciones	Coordenadas del punto de monitoreo		
			Cloro libre (mg/L)	Cloro total (mg/L)		Zona UTM	17	
						Este	Norte	
EM-03	7:29 am	Jr Larry Johnson N° 777	0,50	0,55		777164,5	9205156,3	
SA-03	7:54 am	Jr José Guinón y Jr Petakris	0,36	0,64		774667,1	9206651,6	
SA-01	8:12 am	Centro de Salud Pánuco	0,54	0,65		73919,3	92349,1	
SA-02	8:30 am	Jr Juan Villanueva N° 307	0,92	1,02		773562,1	9206651,6	
EM-01	8:56 am	Au Miguel Conduci 512	0,77	0,84		773347,9	9210227,3	
EM-02	9:23 am	Jr Juan XXIII N° 132	0,37	0,47		772164,5	9205156,3	


Responsable del Monitoreo

ANEXO n.º 27. Cadena de custodia de la octava semana de muestreo.

CADENA DE CUSTODIA - AGUA POTABLE							
Código No. de Custodia:		03					
Fecha de reporte:		29/12/2021					
Departamento:		Cajamarca		Distrito:		Cajamarca	
Provincia:		Cajamarca					
Muestreador:		Betsie Cabellos		DNI:		73632585	
Código de Muestra	Hora de Muestreo	Identificación del Punto de Monitoreo	Análisis requeridos		Observaciones	Coordenadas del punto de monitoreo	
			Cloro libre (mg/L)	Cloro total (mg/L)		Zona UTM	17
			Este	Norte			
EM-03	9:40 AM	Sr. Larry Johnson 771	0,13	0,16		777164,5	9205156,3
EM-02	10:29 AM	Sr. Juan XXIII 132	0,68	0,74		774991,6	92444,4
SA-03	10:47 AM	Sr. José Quiriones y Sr. Patatecos	0,70	0,81		774667,1	9206651,6
SA-01	12:04 PM	Centro de Salud Pachacuta	0,13	0,27		73919,3	92349,1
SA-02	12:20 PM	Sr. Juan Villanueva 307	0,30	0,40		773562,1	9208196,9
EM-01	12:53 PM	Av. Miguel Carducci 512	0,36	0,43	baseación el color fue transparente	773347,9	9210227,3



 Responsable del Monitoreo