

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAVELICA**

(Creada por Ley Nro. 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**TESIS**

**“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”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**GESTIÓN AMBIENTAL Y/O SANITARIA**

**PRESENTADO POR:**

Bach. HUILLCAS NOA, CARMEN ROSA

Bach. TAIPE ALANYA, LOURDES

**PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**HUANCAVELICA, PERÚ**

**2019**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 17 días del mes de octubre del año 2019, a horas 11:45 a.m, se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **M.Sc. Jorge Luis HUERE PEÑA (PRESIDENTE)**, **M.Sc. Víctor Guillermo SÁNCHEZ ARAUJO (SECRETARIO)**, **Mg. Cesar CASTAÑEDA CAMPOS (VOCAL)**, designados con Resolución de Decano N° 132-2018-FCI-UNH, de fecha 04 de octubre del 2018 y ratificados con Resolución de Decano N° 181-2019-FCI-UNH de fecha 15 de octubre del 2019, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "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", presentada por las Bachilleres **Lourdes TAIBE ALANYA** y **Carmen Rosa HUILLCAS NOA**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**; en presencia del **M.Sc. Fernando Martín TORIBIO ROMÁN**, como Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas...12:43...; se invitó al público presente y a las sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

**Lourdes TAIBE ALANYA**

APROBADO  POR MAYORIA

DESAPROBADO

**Carmen Rosa HUILLCAS NOA**

APROBADO  POR MAYORIA

DESAPROBADO

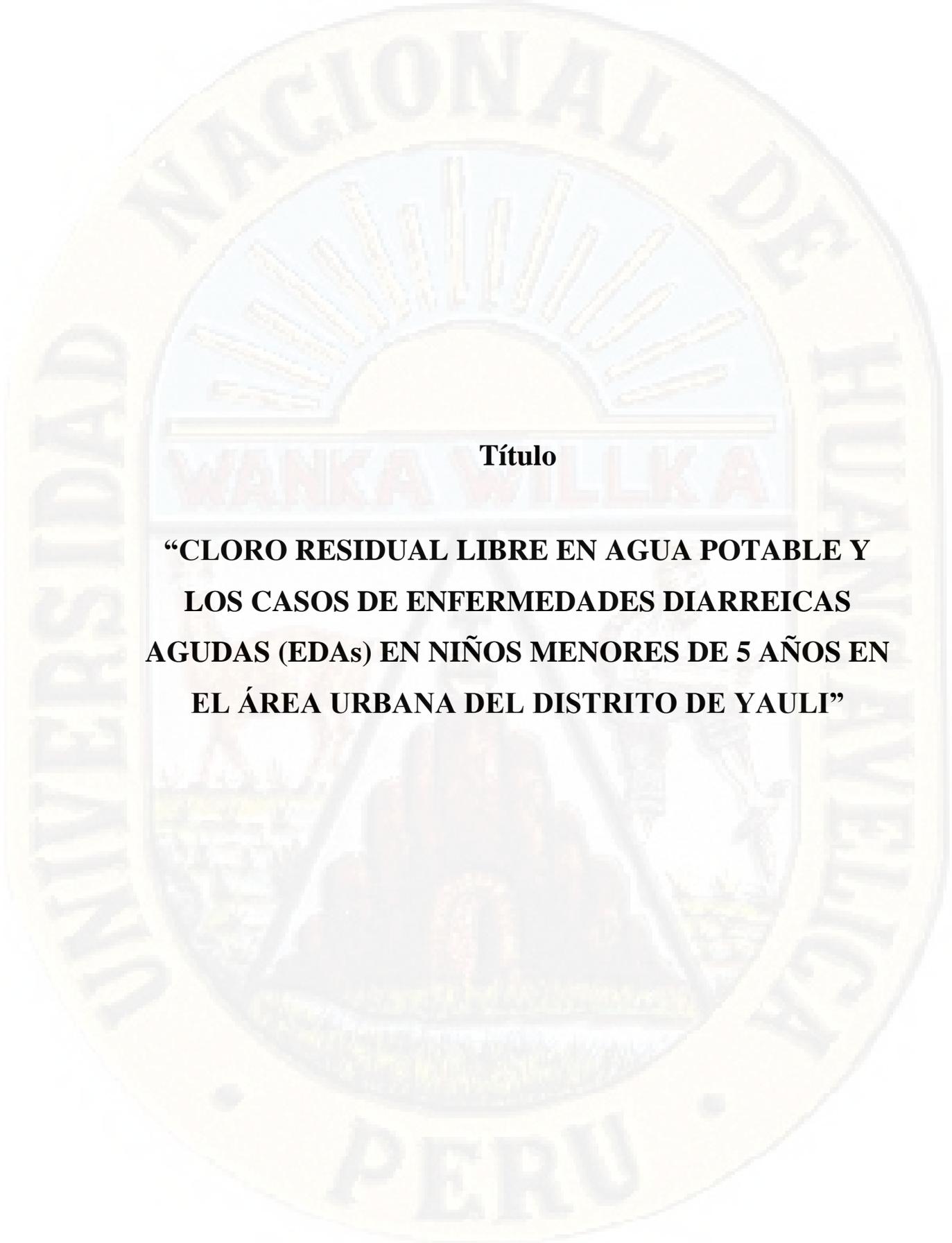
En señal de conformidad, firmamos a continuación:

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

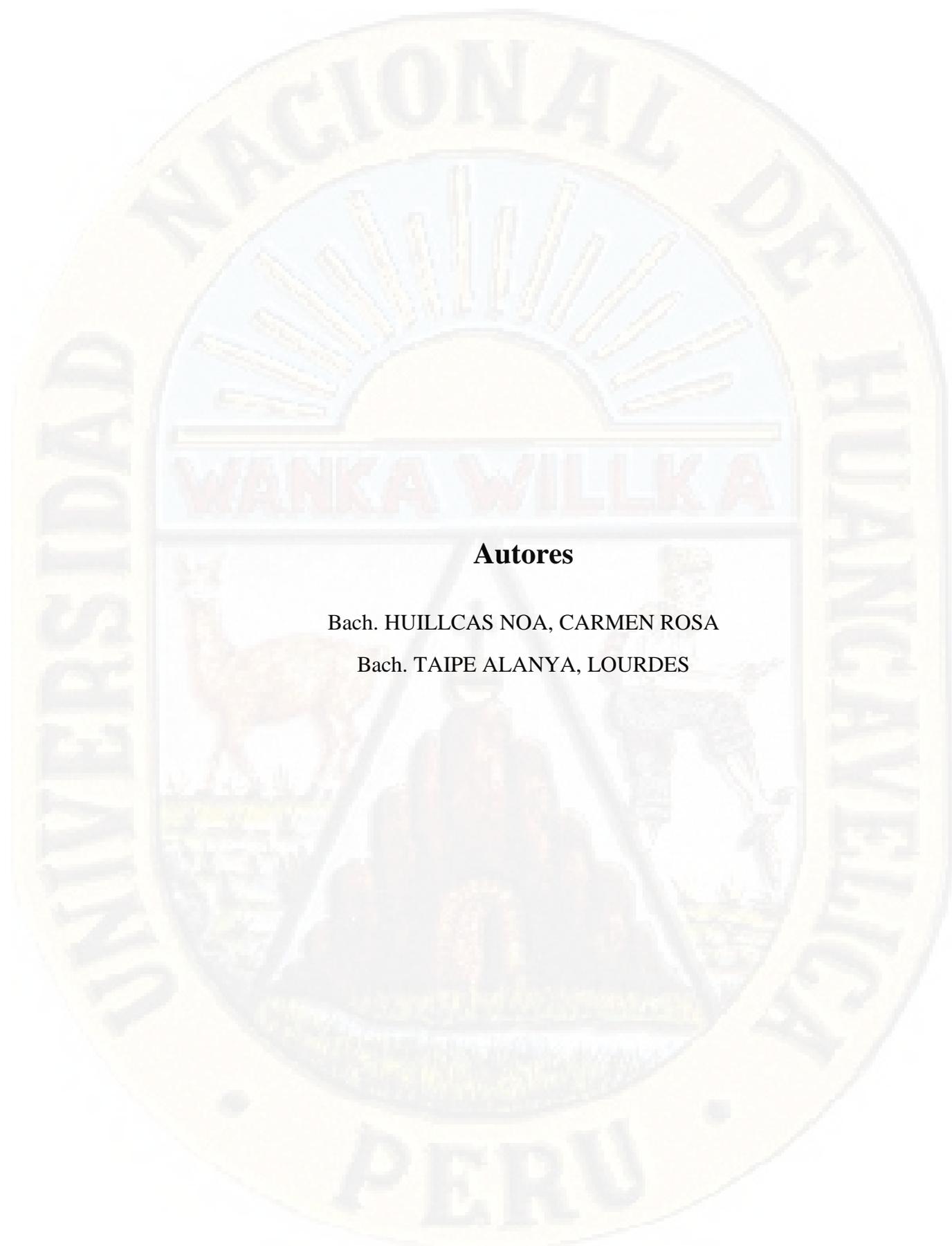
  
\_\_\_\_\_  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Vº Bº Decano

The logo of the Universidad Nacional de Huancavelica, Peru, is a circular emblem. It features a central sun with rays, a banner with the text "WANKA WILKA", and a landscape with a mountain and a river. The words "UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA" are written around the top and sides, and "PERU" is at the bottom.

**Título**

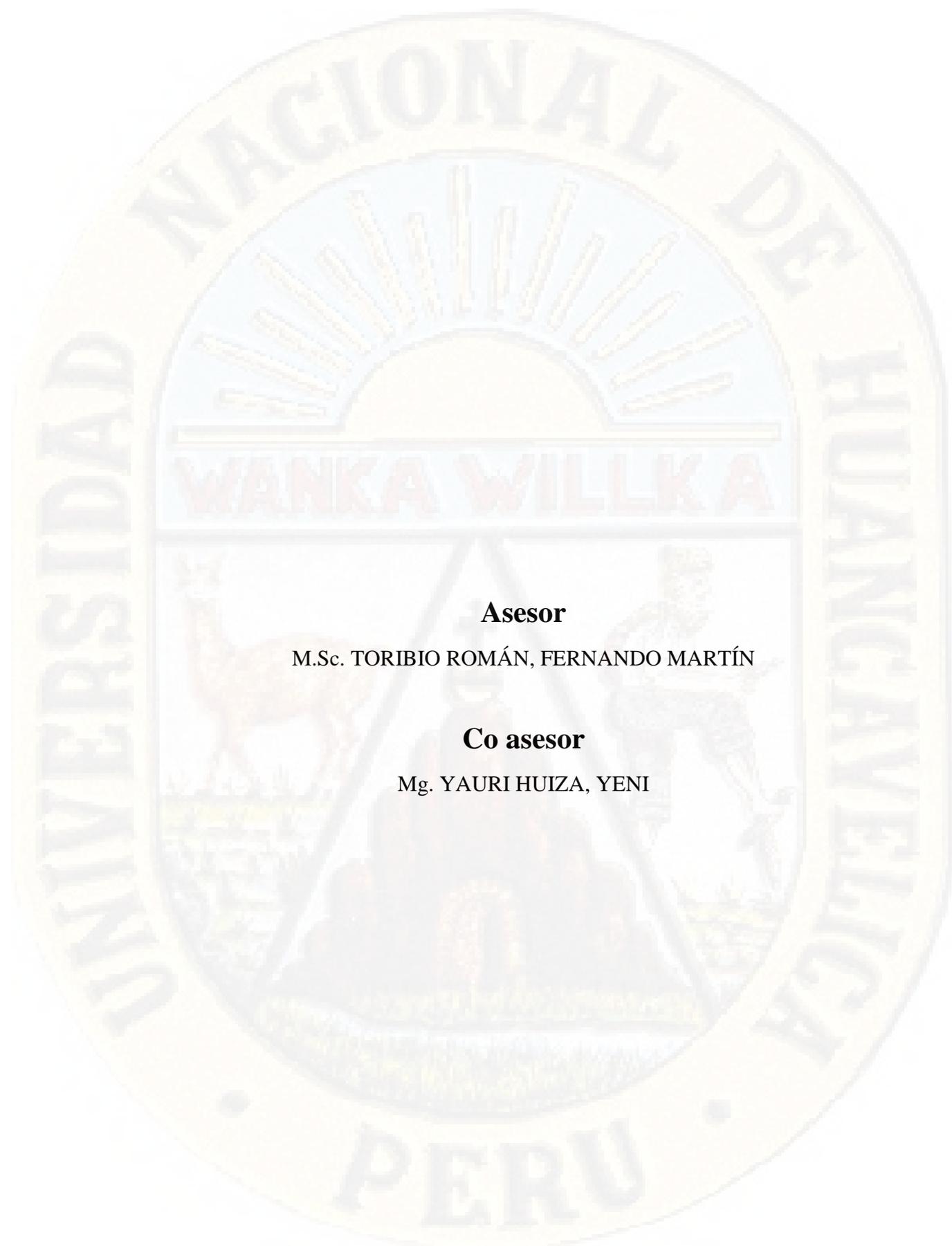
**“CLORO RESIDUAL LIBRE EN AGUA POTABLE Y  
LOS CASOS DE ENFERMEDADES DIARREICAS  
AGUDAS (EDAs) EN NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS EN  
EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE YAULI”**



### **Autores**

Bach. HUILLCAS NOA, CARMEN ROSA

Bach. TAIPE ALANYA, LOURDES



**Asesor**

M.Sc. TORIBIO ROMÁN, FERNANDO MARTÍN

**Co asesor**

Mg. YAURI HUIZA, YENI

## **Dedicatoria**

**DE: CARMEN ROSA  
HUILLCAS NOA**

A Dios por darme vida, salud y oportunidad.

A mis padres por confiar y ser mis guías, quienes con mucho esfuerzo me brindaron el apoyo necesario para cumplir con mis metas, a mis hermanos Pilar, Wilder y Raúl que son mi fortaleza a seguir adelante y ser el ejemplo para ellos y finalmente a aquellos familiares por sus ánimos y consejos.

**DE: LOURDES, TAIPE ALANYA**

A Dios por estar siempre a mi lado, en los momentos difíciles por darme su fortaleza, sabiduría y bendición.

A un ángel maravilloso que tengo en el cielo mi madre Simona Alanya Cárdenas, quien estuvo hasta su último día conmigo apoyándome en mi decisión de ser una ingeniera y a mis hermanos (as) por su apoyo incondicional que siempre me brindaron durante mi formación profesional y personal.

## **Agradecimientos**

A Dios, por la salud y las bendiciones que nos ha brindado para cumplir nuestro objetivo con éxito.

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Huancavelica – Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria y a los docentes por sus conocimientos que contribuyeron en nuestra formación académica profesional.

A nuestros asesores: M.Sc. Fernando Martín Toribio Román y Mg. Yauri Huiza Yeni, quienes a lo largo de la ejecución del proyecto de investigación se convirtieron en buenos amigos, con sus conocimientos, motivación, confianza, apoyo y empeño dedicado nos demostró su calidad humana y excelencia profesional, además con sus palabras de aliento nos motivaron a seguir adelante y poder cumplir una meta muy importante en nuestra vida.

A los miembros de jurado: M.Sc. Huere Peña Jorge Luis, M.Sc. Sánchez Araujo Víctor Guillermo y Mg. Castañeda Campos César, con sus recomendaciones durante la elaboración del perfil e informe final de investigación, nos dieron la oportunidad de aclarar nuestras ideas y lograr el objetivo propuesto.

A la Municipalidad Distrital de Yauli, por las facilidades que nos brindaron para el desarrollo del proyecto de tesis propuesto.

Finalmente, a nuestros familiares por su apoyo incondicional y consejos para lograr nuestra meta.

## Índice general

Título .....	ii
Autores .....	iii
Asesor.....	iv
Co asesor .....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimientos.....	vi
Índice general .....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras .....	xii
Índice de apéndices .....	xvi
Resumen .....	xvii
Abstract .....	xviii
Introducción .....	xix
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.3. Objetivos .....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación .....	5
1.4.1. Social.....	5
1.4.2. Económico.....	5
1.4.3. Ambiental .....	5
1.5. Limitaciones.....	6
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes .....	7
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1. Teoría de la desinfección del agua .....	19
2.2.2. Teoría de enfermedades diarreicas agudas .....	26

2.3. Bases conceptuales.....	27
2.3.1. Agua potable.....	27
2.3.1.1. Contaminantes biológicos presentes en el agua.....	27
2.3.1.2. Sistema de abastecimiento de agua potable.....	28
2.3.1.3. Tratamiento de agua para el consumo humano.....	31
2.3.1.4. Desinfección del agua.....	31
2.3.1.5. Tipos de desinfección.....	32
2.3.1.6. Parámetros que influyen en la eficacia de la desinfección.....	32
2.3.1.7. Cloro.....	34
2.3.1.8. Mecanismo de acción del cloro.....	34
2.3.1.9. Las diferentes formas comerciales del cloro.....	36
2.3.1.10. Cloro residual.....	37
2.3.1.11. Métodos de medición del cloro residual.....	38
2.3.1.12. Método colorimétrico con D.P.D.....	38
2.3.1.13. Marco legal institucional.....	39
2.3.2. Enfermedades diarreicas agudas (EDAs).....	41
2.3.2.1. Factores determinantes en las enfermedades diarreicas agudas.....	41
2.3.2.2. Influencia de edad.....	42
2.3.2.3. Mortalidad por diarrea.....	42
2.3.2.4. Etiología.....	42
2.3.2.5. Fisiopatología.....	43
2.3.2.6. Factores de riesgo y protectores.....	43
2.3.2.7. Tipos clínicos de enfermedades diarreicas agudas.....	45
2.3.2.8. Código de diagnóstico de enfermedades diarreicas agudas.....	46
2.3.2.9. Causas de las enfermedades diarreicas agudas.....	46
2.3.2.10. Manejo clínico de enfermedades diarreicas agudas.....	48
2.3.2.11. Estrategia para prevenir y tratar la diarrea.....	50
2.4. Definición de términos.....	50
2.5. Hipótesis.....	54
2.5.1. Hipótesis general.....	54
2.5.2. Hipótesis específicas.....	54
2.6. Variables.....	54
2.6.1. Variables independientes.....	54
2.6.2. Variable dependiente.....	54
2.6.3. Variables intervinientes.....	54
2.7. Operacionalización de variables.....	55

CAPÍTULO III .....	57
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	57
3.1. Ámbito temporal y espacial .....	57
3.1.1. Ámbito temporal.....	57
3.1.2. Ámbito espacial.....	59
3.2. Tipo de investigación.....	60
3.3. Nivel de investigación.....	60
3.3.1. Diseño de investigación.....	61
3.3.2. Método de investigación.....	61
3.4. Población, muestra y muestreo .....	62
3.4.1. Población.....	62
3.4.2. Muestra.....	63
3.4.3. Muestreo.....	66
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	66
3.5.1. Técnicas de recolección de datos .....	66
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos en campo .....	66
3.5.3. Procedimiento de recolección de datos .....	69
3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos .....	88
CAPÍTULO IV .....	89
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	89
4.1. Análisis de la información .....	89
4.2. Prueba de hipótesis .....	106
4.3. Discusión de resultados.....	125
Conclusiones .....	129
Recomendaciones.....	130
Referencias bibliográficas .....	131
Apéndice.....	138

## Índice de tablas

Tabla 1 Las diferentes formas comerciales del cloro.....	36
Tabla 2 Código de diagnóstico de enfermedades diarreicas agudas .....	46
Tabla 3 Examen físico de estado de hidratación.....	49
Tabla 4 Operacionalización de variables estudiadas.....	55
Tabla 5 Cronograma de ejecución del proyecto de investigación.....	58
Tabla 6 Los puntos de monitoreo en las conexiones intradomiciliarias .....	64
Tabla 7 Georreferenciación de los puntos de monitoreo de cloro residual libre en las viviendas del área urbana del distrito de Yauli .....	65
Tabla 8 Resultado de caudal de ingreso a la PTAP del sistema de agua potable N° 1 .....	73
Tabla 9 Resultado del caudal de dosificación de solución madre de cloro en PTAP del sistema de agua potable N° 1 .....	74
Tabla 10 Resultado de volumen de rotoplas obtenido en campo.....	75
Tabla 11 Resultado de datos de campo de PTAP del sistema de agua potable N° 1 .....	76
Tabla 12 Cálculo de dosis de hipoclorito de calcio.....	77
Tabla 13 Resultado de coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ ) .....	89
Tabla 14 Estadística descriptiva de cloro residual libre de octubre 2018 a marzo 2019 en los puntos de monitoreo de los sistemas de agua potable .....	93
Tabla 15 Estadística descriptiva de número de casos de EDAs en niños menores de 5 años mensual por sistema de abastecimiento de agua potable.....	96
Tabla 16 Estadística descriptiva de número de casos de EDAs en niños menores de 5 años por barrio según sistema de abastecimiento de agua potable.....	98
Tabla 17 Tipos de enfermedades diarreicas agudas en el área urbana del distrito de Yauli	100
Tabla 18 Estadística descriptiva de la variable interviniente turbiedad por sistema de abastecimiento de agua potable .....	103
Tabla 19 Test de normalidad para cloro residual libre del sistema de agua potable N° 1 ...	107
Tabla 20. Test de normalidad para casos de EDAs en niños menores de 5 años del sistema de agua potable N° 1 .....	108
Tabla 21 Test de normalidad para cloro residual libre del sistema de agua potable N° 2 ...	109
Tabla 22 Test de normalidad para casos de EDAs en niños menores de 5 años del sistema de agua potable N° 2 .....	110
Tabla 23 Resultado de correlación de Spearman ( $\rho$ ) de los variables cloro residual libre del sistema N° 1 y enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años. ....	112
Tabla 24 Estadística descriptiva de los datos de cloro residual del sistema de agua potable N° 1 .....	114
Tabla 25 Estadística descriptiva de los datos de cloro residual del sistema de agua potable N°2 .....	116
Tabla 26 Resultado de valor de wilcoxon para casos de EDAs en niños menores de 5 años del sistema de agua potable N° 1.....	118
Tabla 27 Resultado de valor de wilcoxon para casos de EDAs en niños menores de 5 años del sistema de agua potable N° 2.....	120
Tabla 28 Resultado de valor estadístico de wilcoxon para casos de EDAs en niños menores de 5 años por barrios del sistema de agua potable N° 1 .....	122

Tabla 29 Resultado de valor de wilcoxon para casos de EDAs en niños menores de 5 años por barrios del sistema de agua potable N° 2.....	123
Tabla 30 Matriz de consistencia.....	139
Tabla 31 Georreferenciación de los puntos de medición de turbiedad en las unidades de cloración .....	142
Tabla 32 Base de datos de turbiedad en las unidades de cloración de octubre de 2018 a marzo de 2019 .....	142
Tabla 33 Base de datos de dosis de cloro aplicados en los sistemas de agua potable durante octubre de 2018 a marzo de 2019.....	142
Tabla 34 Base de datos de cloro residual libre (mg/L) en los sistemas de agua potable de octubre de 2018 a marzo de 2019.....	143
Tabla 35 Bases de datos de cloro residual libre en los puntos de monitoreo octubre de 2018 a marzo de 2019 .....	144
Tabla 36 Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 1 del mes de octubre de 2018 .....	145
Tabla 37 Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 1 del mes de diciembre de 2018 .....	146
Tabla 38 Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 1 del mes de enero de 2019 .....	147
Tabla 39 Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 1 del mes de febrero de 2019 .....	148
Tabla 40 Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 1 del mes de marzo de 2019 .....	149
Tabla 41 Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 2 de octubre y noviembre de 2018 .....	150
Tabla 42 Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 2 de diciembre de 2018 y enero de 2019 .....	151
Tabla 43 Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 2 de febrero y marzo de 2019 .....	152
Tabla 44 Base de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años del área urbana del distrito de Yauli, durante octubre de 2018 a marzo de 2019.....	153
Tabla 45 Base de datos de cloro residual libre y casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli .....	154
Tabla 46 Base de datos para procesamiento en SAS .....	156

## Índice de figuras

Figura 1. Representación gráfica de la ley de Chick.....	21
Figura 2. Variaciones de la curva de punto de quiebre para los tiempos de contacto indicados. Planta de ablandamiento de St. Louis Contry, EE.UU. según Tuepker (1969). .....	23
Figura 3. Propiedades bactericidas del cloro libre y las cloramidas. ....	25
Figura 4. Presenta los protozoarios más comúnmente encontrados en agua contaminada. ...	28
Figura 5. Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable. ....	29
Figura 6. Cantidades relativas del ácido hipocloroso y del ión hipoclorito en función del pH. ....	33
Figura 7. Gráfica de los mecanismos de acción de cloro. ....	35
Figura 8. Localización geográfica del ámbito de estudio. ....	59
Figura 9. Ubicación geográfica del área urbana del distrito de Yauli. ....	60
Figura 10. Fotómetro digital, cubetas de muestra y sobres de reactivo DPD. ....	67
Figura 11. Turbidímetro digital, celdas de muestra y solución turbo estándar. ....	68
Figura 12. GPS (Global Positioning System)-Garmin. ....	68
Figura 13. Autorización de acceso a la planta de tratamiento de agua potable y coordinación para la ejecución del proyecto.....	70
Figura 14. Obtención de autorización de los propietarios de las viviendas para el acceso a su grifo de agua para medir el cloro residual libre. ....	70
Figura 15. Esquema del sistema de agua potable N° 1, administrada por el Área Técnica Municipal. ....	71
Figura 16. Esquema del sistema de agua potable N° 2, administrada por el Área Técnica Municipal. ....	72
Figura 17 Aforamiento de caudal de dosificación de solución madre de cloro aplicado en unidad de mezcla rápida.....	74
Figura 18 Procedimiento de medición de las dimensiones de rotoplas.....	75
Figura 19. Georreferenciación de puntos de control (PC-1). ....	78
Figura 20. Se enciende el equipo, luego se llena la celda de vidrio 10 mL con solución estándar de 0 UNT luego se presiona la opción escaneo del blanco.....	79
Figura 21. Esperar unos segundos se visualice 0.00 UNT, el equipo ya está calibrado y listo para medir. ....	79
Figura 22. Se recolectó la muestra de agua clorada de la unidad de mezcla rápida de PTAP, utilizando un balde de 2 L.....	79
Figura 23 Se llena en la celda de vidrio la muestra de agua a analizar hasta un volumen de 10ml, presione ENTER para seleccionar la opción de escanear muestra. ....	80
Figura 24 En la pantalla se visualiza el resultado de turbidez de la muestra analizada, luego se anota en la ficha de registro. ....	80
Figura 25. Identificación de viviendas colocando un stiker.....	81
Figura 26. Georreferenciación de las viviendas.....	81
Figura 27. Adición solución DPD <sub>3</sub> para calibrar el fotómetro.....	82
Figura 28. Se dejó fluir el agua por cinco minutos y se procedió a enjuagar la cubeta de muestra con el agua a analizar por 3 veces. ....	83
Figura 29. Se llena la cubeta de muestra con el agua a analizar hasta los 10 ml, luego se	

enciende el fotómetro.....	83
Figura 30. La muestra de agua se inserta a la porta cubeta, luego presiona ZERO y unos segundos se visualice 00.00, esto indica que el equipo está listo para medir el cloro residual libre. ....	83
Figura 31. Se retira la tapa de la cubeta y se adiciona el sobre de reactivo DPD de 10ml. ...	84
Figura 32. Se sacude a muestra suavemente hasta que desaparezca los cristales de DPD, luego se las paredes exteriores de la cubeta. ....	84
Figura 33. Se coloca la muestra con reactivo y se presiona el botón de lectura, luego el resultado se anota en ficha de registro. ....	84
Figura 34. Resultado de cloro residual libre en el punto de muestreo N° 1.....	85
Figura 35. Recolección de muestra de agua de la unidad de mezcla rápida utilizando un balde y extracción de muestra de 10 mL en una cubeta. ....	85
Figura 36. Adición sobre de reactivo de DPD para la medición de concentración de cloro con el equipo fotómetro. ....	86
Figura 37. Recolección de muestra en la salida de tubería de rebose del reservorio. ....	86
Figura 38. Se adiciona el reactivo DPD a la muestra de agua de 10 mL contenida en la celda de muestra. ....	86
Figura 39. Se diluye la muestra hasta desaparecer los cristales de reactivo DPD, se coloca a la porta cubeta y se presiona la opción de lectura del fotómetro. ....	87
Figura 40. Clasificación de niños con EDAs por barrio según su historia clínica. ....	88
Figura 41. Gráfica de ajuste dispersión con el modelo de regresión lineal negativa. ....	90
Figura 42. Resultado de cloro residual libre del sistema de agua potable N° 1, durante la ejecución del proyecto. ....	91
Figura 43. Resultado de cloro residual libre del sistema de agua potable N° 2, durante la ejecución del proyecto. ....	93
Figura 44. Casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, durante la ejecución del proyecto en el área urbana del distrito de Yauli.....	94
Figura 45. Casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años de los barrios, durante la ejecución del proyecto.....	97
Figura 46. Casos de EDAs por tipo en niños menores de 5 años durante la ejecución del proyecto, según sistema de abastecimiento de agua potable.....	99
Figura 47. Casos de EDAs por tipo en grupo etario según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli.....	101
Figura 48. Turbiedad del agua en las unidades de cloración, durante la ejecución del proyecto. ....	102
Figura 49. Dosis de cloro en la planta de tratamiento de los sistemas de agua potable, durante la ejecución del proyecto. ....	104
Figura 50. Niveles de cloro residual en unidades de cloración y tubería de rebose del reservorio, durante la ejecución del proyecto. ....	105
Figura 51. Gráfica de normalidad para cloro residual libre del sistema de agua potable N° 1. ....	107
Figura 52. Gráfica de normalidad para casos de EDAs para niños 5 años del sistema de agua potable N° 1. ....	108
Figura 53. Gráfica de normalidad para cloro residual libre del sistema de agua potable N° 2. ....	109

Figura 54. Gráfica de normalidad para casos de EDAs para niños 5 años del sistema de agua potable N° 2. ....	110
Figura 55. Campana de Gauss para prueba T Student de Spearman.....	112
Figura 56. Campana de Gauss para prueba de T Student, sistema de agua potable N° 1. ...	114
Figura 57. Campana de Gauss para prueba de T Student para sistema N° 2. ....	116
Figura 58. Campana de Gauss para prueba de rango de signos de wilcoxon, sistema de agua potable N° 1. ....	118
Figura 59. Campana de Gauss para prueba de rango de signos de wilcoxon, sistema de agua potable N° 2. ....	120
Figura 60. Campana de Gauss para prueba de rango de signos de wilcoxon, sistema de agua potable N° 1. ....	122
Figura 61. Campana de Gauss para prueba de rango de signos de wilcoxon sistema de agua potable N° 2. ....	124
Figura 62. Registro de cloro residual libre del mes de octubre.....	159
Figura 63. Registro de cloro residual libre del mes de noviembre.....	160
Figura 64. Registro de cloro residual libre del mes de diciembre.....	161
Figura 65. Registro de cloro residual libre del mes de enero.....	162
Figura 66. Registro de cloro residual libre del mes de febrero. ....	163
Figura 67. Registro de cloro residual libre del mes de marzo.....	164
Figura 68. Recorrido y descripción del estado situacional del sistema existente de agua potable desde captación a la red de distribución.....	165
Figura 69. Visita a la captación de la fuente superficial. ....	165
Figura 70. Visita a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). ....	166
Figura 71. Vista panorámica de las unidades que cuenta en el interior de la planta de tratamiento de agua potable. ....	166
Figura 72. Georreferenciación de coordenadas UTM de la mezcla rápida, unidad de dosificación para la cloración del agua. ....	167
Figura 73. Medición de cloro residual libre y turbiedad a la salida de la planta de tratamiento de agua potable como puntos de control 1.....	167
Figura 74. Medición de turbiedad y cloro residual libre con sus respectivos equipos, a la salida del reservorio de almacenamiento (en la tubería de rebose) como punto de control 2. ....	168
Figura 75. Identificación de las viviendas con etiquetas que fueron designados como punto de monitoreo durante los meses de octubre 2018 - marzo 2019.....	168
Figura 76. Toma de muestra de agua potable en la cubeta de 10 ml, en la primera vivienda. ....	169
Figura 77. Medición con el equipo fotómetro por el método colorimétrico para la determinación de la concentración de cloro residual libre en la primera vivienda. ....	169
Figura 78. Muestra de agua potable que se torna de color rosado fuerte después de la medición con el equipo fotómetro por el método colorimétrico perteneciente al barrio Capillapata.....	170
Figura 79. Muestra de agua potable que se torna de color rosado después de la medición con el equipo fotómetro por el método colorimétrico perteneciente al barrio Centro.....	170

Figura 80. Muestra de agua potable que se torna de color rosado bajo después de la medición de cloro residual libre con el equipo fotómetro por el método colorimétrico perteneciente al barrio Miraflores.....	171
Figura 81. Medición de cloro residual libre con el equipo fotómetro por el método colorimétrico perteneciente al barrio Florida.....	171
Figura 82. Muestra de agua potable que se torna de color rosado después de la medición de cloro residual libre con el equipo fotómetro por el método colorimétrico perteneciente al barrio Cebadapata. ....	172
Figura 83. Muestra de agua potable que se torna de color rosado muy bajo después de la medición de cloro residual libre con el equipo fotómetro perteneciente al barrio Mollepampa. ....	172
Figura 84. Muestra de agua potable que se torna de color rosado muy bajo después de la medición de cloro residual libre con el equipo fotómetro perteneciente al barrio Ccescehuaycco. ....	173
Figura 85. Vista de historia clínica de los niños menores de 5 años con casos de enfermedades diarreicas agudas.....	173
Figura 86. Registro de información de factor condicionante de salud de niños con EDAs según su historia clínica. ....	174
Figura 87. Registro de información de factor condicionante de salud de niños con EDAs según su historia clínica. ....	174

## Índice de apéndices

Apéndice 1. Matriz de consistencia .....	138
Apéndice 2. Plano de los puntos de monitoreo de cloro residual libre .....	141
Apéndice 3. Base de datos de parámetros físico y químico del agua potable.....	142
Apéndice 4. Reglamento de calidad de agua de consume humano.....	157
Apéndice 5. Ficha de recolección de datos .....	158
Apéndice 6. Panel fotográfico.....	165

## Resumen

La investigación se realizó con el objetivo de evaluar la relación entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019. Para ello como muestra se establecieron 32 puntos de monitoreo en grifos de agua de las viviendas por muestreo no probabilístico, para determinar el cloro residual libre “in situ”, se utilizó el equipo fotómetro y el número de casos de EDAs con el reporte de la oficina de estadística del Centro Salud, que cumplieron la prueba de tamizaje por medio de la revisión de historias clínicas. Los resultados fueron analizados con un nivel de significancia de 5%, mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilk y la contrastación de hipótesis se realizaron con las pruebas de T Student para correlación de Spearman, T Student y rango de signos de wilcoxon, obteniendo una relación inversa débil de 0.418 y significativo, es decir la dependencia entre las variables es 41.8% y el restante se debe a otros factores, expresando la siguiente tendencia: cuanto menor sea la concentración de cloro residual libre en agua para consumo humano, mayor será el número de casos de EDAs en niños menores de 5 años, en conclusión la cloración del agua influye en los casos de EDAs en el grupo etario vulnerable del área de estudio.

**Palabras claves:** cloro residual, enfermedades diarreicas, cloración.

## **Abstract**

The research was carried out with the objective of evaluating the relationship between free residual chlorine in drinking water according to the supply system and cases of acute diarrheal diseases (EDAs) in children under 5 years of age in the urban area of Yauli district, during the october 2018 to march 2019. For this purpose, as a sample, 32 monitoring points were established in household water taps by non-probabilistic sampling, to determine the free residual chlorine "in situ", the photometer equipment was used and the number of cases of EDAs with the report of the Statistical Office of the Health Center, which completed the screening test through the review of medical records. The results were analyzed with a level of significance of 5%, using the Shapiro Wilk normality test and the hypothesis test were performed with the Student T tests for Spearman correlation, Student T and wilcoxon signs range, obtaining a weak inverse relationship of 0.418 and significant, that is, the dependence between the variables is 41.8% and the rest is due to other factors, expressing the following trend: the lower the concentration of free residual chlorine in water for human consumption, the greater the number of cases of EDAs in children under 5. In conclusion, water chlorination influences the cases of EDAs in the vulnerable age group in the study area.

**Keywords:** residual chlorine, diarrheal diseases, chlorination.

## Introducción

Las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) son la tercera causa de muerte en el Perú, principalmente en niños de zonas rurales, según Chin (2000) la diarrea es un síndrome clínico acompañada de evacuaciones frecuentes de heces líquidas o semilíquidas sin o con presencia de moco y sangre acompañado con vómitos, fiebre, deshidratación y desequilibrio de electrolitos a causa de una infección por diversos patógenos como bacterias, virus y parásitos, por otro lado Organización Mundial de la Salud (2006; 2015) considera que la mayoría de las diarreas se transmite por agua contaminada, es decir por escasez de agua limpia para beber, cocinar y la higiene.

Las EDAs, en la mayoría de casos, en su diagnóstico no son plenamente identificadas, sin embargo Cairncross *et al.* (2010) sostienen que la falta de evidencias concluyentes de los efectos de la falta de agua, higiene y saneamiento en la presencia de diarrea, en los países en vías de desarrollo, no es excusa para una inacción; presentes y evidentes en la actualidad.

La desinfección del agua en la planta de tratamiento es la barrera final contra la contaminación microbiana en el agua de consumo humano; siendo uno de los desinfectantes más comunes el cloro, que se adiciona al agua para reducir o eliminar los microorganismos que son responsables de causar enfermedades transmitidas por el agua, por tal motivo la Organización Mundial de la Salud (2017) recomienda la cloración, para el tratamiento del agua, ya que ello garantiza la destrucción de cualquier agente que pueda introducirse posteriormente.

En el monitoreo ambiental del agua de consumo, la determinación de cloro residual libre, es uno de los parámetros que se mide frecuentemente, a fin de valorar la inocuidad microbiana en el sistema de distribución de agua (Lee, Lu, & Kung, 2004). A falta de un desinfectante residual en la red de distribución, los microorganismos pueden recuperar sus niveles altos de supervivencia, por ello Organización Mundial de la Salud (2006) recomienda una concentración mayor o igual a 0.5 mg/L de cloro residual, coincidiendo con el reglamento de la calidad de agua

para consumo humano del Ministerio de Salud del Perú (D.S. N°031-2010-SA), señala un valor no menor de 0.5 mg/L, este rango es necesario para proteger el deterioro de la calidad del agua y prevenir el crecimiento de biopelículas en la superficie interna de las tuberías de distribución del agua.

El gobierno peruano tiene como objetivo primordial hacia el bicentenario (año 2021) el acceso al agua potable de buena calidad para la población en 85% tanto en área rural y urbano, debido principalmente a que existe una mayor conciencia respecto a la contaminación ambiental y los episodios de enfermedades transmitidas por el consumo de agua, así mismo disminuir la desnutrición crónica infantil y anemia.

Como es evidente, existe igual preocupación en la población del área urbana del distrito de Yauli-Huancavelica, respecto a la calidad del agua que consume. Por tal motivo, en este trabajo de investigación comprende el desarrollo de IV capítulos.

Capítulo I. Se detalla el planteamiento de problema, el cual es el punto de inicio de la investigación donde se muestra la descripción del problema de los temas de cloro residual libre y los casos de enfermedades diarreicas agudas dando lugar a la formulación de problemática del área en estudio así también, se menciona los objetivos como evaluar la relación que existe entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, justificando a nivel social, económico, ambiental de esta manera señala la importancia en el tema de consumo de agua potable de buena calidad, por último de este capítulo están las limitaciones.

Capítulo II. Se muestra el marco teórico, iniciando con los antecedentes de varios autores que permitirá reforzar la investigación, también las bases teóricas y conceptuales donde explican detalladamente información científica del tema de investigación del mismo modo la hipótesis, las variables cloro residual y EDAs en niños menores de 5 años que son descritas en la operacionalización.

Capítulo III. Se establece la metodología de la investigación, el cual representa el ámbito temporal y espacial con el tipo, nivel de la investigación así también especifica la población, muestra y muestreo adicionando las técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de análisis de datos.

Capítulo IV. Contiene los resultados, que fueron obtenidos del análisis de información de los resultados, así mismo se realizó la prueba de hipótesis y las discusiones con trabajos de investigación de los antecedentes : Valdivia P., Saltos S., Guanuchi C. y Ordoñez J.A.; Ferró F., Ferró P.F. y Ferró A.L.; Campoverde J.; Cepeda J.L.; Montoya C., Cruz C.H.; Torres P.E., Laín S. y Escobar J.C.; Noriega G. y Isabel M.; Pérez R. y Ramos G.; Pérez J. y Romero M.; Nagatani T.; Tarqui C.; Muñoz J.M. y Mafla L.A; Mompremier R.; Miranda R.; Haro J.; Cortez A. y Pinedo J.C.; Aguilar J. finalmente las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas.

Los autores.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

La falta de disponibilidad de agua segura para el consumo humano y la contaminación de las fuentes, se manifiestan como uno de los problemas más frecuentes de morbilidad expresada en la alta prevalencia de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años, siendo los grupos en situación de mayor vulnerabilidad (Campoverde, 2015).

En el mundo, 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces, así mismo 844 millones de personas carecen incluso de un servicio básico de suministro de agua potable, cifra que incluye a 159 millones de personas que se abastecen de aguas superficiales como también la inapropiada forma de administración que exponen a la población a mayores riesgos desprevénidas para su salud y 2500 millones de personas no tienen acceso a sistemas de saneamiento apropiados e higiene (La Organización Mundial de la Salud, 2019).

En la actualidad a nivel mundial, las enfermedades diarreicas agudas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años, se estima unos 525 000 niños cada año, así también se producen unos 1700 millones de casos de enfermedades diarreicas infantiles por año. Un número importante de estos casos se lograría prevenir con el abastecimiento de agua potable y servicios adecuados de saneamiento e higiene (La Organización Mundial de la Salud, 2017).

En nuestro país las EDAs sigue siendo una causa importante de morbilidad en la niñez, por la persistencia de los factores determinantes en una proporción importante de la población, además son enfermedades prevenibles relacionadas al menor acceso a servicio de agua potable, menor acceso a eliminación adecuada de excretas, así como a la práctica de hábitos inadecuados de higiene. Según la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar,

la prevalencia de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de cinco años de edad alcanzó 10.7%, similar al año 2013 con el 10.9%. Teniendo en cuenta respecto a la relación entre enfermedad diarreica y el agua para consumo humano, el 9.6% de enfermedades diarreicas fue menor cuando consumen agua con cloro residual y 10.2% aquella que proviene de red pública y la hierven. A nivel nacional el 10.7% de niños menores de cinco años de edad tuvieron diarreas en las dos semanas anteriores al día de la entrevista, que representa el porcentaje más bajo en los últimos cinco años, pero aun en pequeñas ciudades continúan con mayor énfasis (ENDES, 2018).

De acuerdo el informe presentado por el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, través del sistema de vigilancia epidemiológica de la Red Nacional de Epidemiología, en los primeros meses del 2019 se han notificado 202 431 episodios, 9.2% más comparado al 2018. Los episodios de EDA disintérica han disminuido en 8.3 % con respecto al 2018; mientras que las EDA acuosa hay un incremento del 9.6 % (RENACE, 2019).

La calidad del agua para el consumo humano constituye una preocupación permanente al gobierno peruano, por ello como una alternativa de solución la Organización Mundial de la Salud (2006) en la guía de la calidad del agua indica, que la cloración puede convertir el agua contaminada microbiológicamente en agua libre de patógenos, siempre en cuando la concentración de cloro libre residual sea por lo menos mayor a 0.5 mg/L, en un período de contacto mínimo de 30 minutos a un pH menor a 8 y con una turbiedad equivalente 1 unidad nefelométrica de turbiedad (NTU) o menor. Así mismo, el cloro es un excelente desinfectante usado y aceptado en todo el mundo para potabilizar el agua para consumo humano, también inactiva microorganismos (virus, bacterias y parásitos) causantes de enfermedades. Además, es una sustancia que resulta económica y práctica para ser usada en las plantas de tratamiento de agua potable y tiene el efecto residual a comparación de otras sustancias químicas empleados en la cloración.

El agua que consumen la población del área urbana del distrito de Yauli que conforman los siete barrios (Capillapata, Cebadapata, Centro, Miraflores, Florida, Ccesscehuaycco y Mollepampa), proviene de una fuente superficial y subterránea, el cual es transportada mediante una línea de conducción a una planta de tratamiento de tipo filtro lento y sedimentador convencional, como proceso final cuenta el sistema de cloración por goteo y flujo continuo, empleando el hipoclorito de calcio al 70% que se adquiere en forma de sólido granulado, los encargados de operación y mantenimiento son la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) y un operador designado por el Área Técnica Municipal (ATM) que no cuentan con conocimiento técnico sobre adecuada cloración del agua. Frente a este problema se propone evaluar el cloro residual libre y los casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Existe relación entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la concentración de cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento en el área urbana del distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019, en comparación con el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA?
- ¿Existe casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre

del 2018 a marzo del 2019?

- ¿Cuál de los barrios según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019 presenta mayores casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Evaluar la relación entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento en el área urbana del distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019, en comparación con el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA.
- Identificar los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.
- Determinar cuál de los barrios según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019 presentan mayores casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Social**

El acceso al agua clorada que cumple con los estándares de calidad sanitaria mencionado en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano-Perú (2011) disminuye las enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años, que representan como grupo etario con mayor vulnerabilidad, las cuales son propensos a sufrir la desnutrición crónica y anemia, en consecuencia en un futuro son niños que tienen menos oportunidades, así mismo generan mayor pobreza en nuestro país.

### **1.4.2. Económico**

A la población que consume agua no potable, su condición económica les niega el derecho al acceso y consumo del agua de óptima calidad. La mejora de saneamiento básico como el adecuado tratamiento del agua, reduce la incidencia de enfermedades diarreicas agudas prevenibles y tratables, de esta manera minimiza el gasto en medicamentos para el tratamiento de las enfermedades de origen hídrico con ello mejora la calidad de vida de la población.

### **1.4.3. Ambiental**

El presente trabajo de investigación tiene relevancia ambiental, debido al problema que presenta el área urbana del distrito de Yauli, específicamente en tema de cloración de su sistema de abastecimiento en sus diferentes variaciones climáticos a lo largo del año de acuerdo a su cantidad y calidad, el monitoreo de cloro residual libre, busca evaluar la cloración del agua y su relación con casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años durante los meses de estudio. De esta forma los resultados obtenidos se lograron la toma de decisiones para la gestión de la calidad del agua, en cuanto a la dosificación de cloro en la planta de tratamiento e identificar los sectores de la red de distribución con concentración escasa o excesiva de cloro residual libre.

La Organización Mundial de la Salud establece que el residual de cloro libre no debe estar por debajo de los 0.2 mg/L en las redes de distribución. El programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal - Meta 35 de la Dirección de Saneamiento Básico, Dirección General de Salud Ambiental, establece los niveles de cloro residual en el reservorio igual o mayor a 1.0 mg/L y en redes de distribución entre 0.5 - 0.8 mg/L, para garantizar la calidad microbiológica del agua ante posibles contaminaciones.

### **1.5. Limitaciones**

El presente trabajo de investigación se realizó en el área urbana del distrito de Yauli, el cual está dividida en dos sectores según el sistema de abastecimiento de agua potable, donde el sector 2 comprende los barrios de Ccescehuaycco y Mollepampa, el tratamiento del agua esta implementado con un sedimentador para la remoción de turbiedad. Esta estructura no tiene el diseño adecuado por tanto la eficiencia de remoción es baja resultando en épocas de avenida en un rango de 6.20 - 9.35 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) que supera el límite máximo permisible de 5 UNT establecida en el reglamento de calidad de agua para consumo humano, en consecuencia, el agua ya no es adecuado para el proceso de cloración, por esta razón durante los meses diciembre, enero, febrero, marzo (periodos de avenida) los resultados del monitoreo de cloro residual libre dieron una concentración baja.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### Antecedentes Internacionales

Guanuchi y Ordóñez (2017) en su investigación “Evaluación del cloro residual en la red de distribución de agua potable del cantón Azogues a través de un modelo experimental”, realizado en la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Cuenca, Ecuador, tuvieron 30 puntos de monitoreo mensual de cloro residual en la red de distribución de agua potable durante los meses de julio a setiembre de 2016, enero a febrero de 2017 y el mes de marzo de 2017 establecieron 20 puntos de monitoreo en la zona alta de red de agua potable, la toma de muestras no influyen de los periodos estacionales, ya que las plantas potabilizadoras mantienen la calidad del agua constante a la salida del sistema de tratamiento. El análisis de cloro residual fue realizado in-situ mediante el método D.P.D. (dietil-p-fenilen -diamina), con un equipo colorimétrico digital marca HACH 890 calibrado, empleando la técnica de muestreo puntual. El cual tuvieron como resultado la concentración de cloro residual libre durante los meses de muestreo en un rango de 0.39 a 1.17 mg/L, en 27 puntos de monitoreo equivalente a 90 % y el resto de los puntos de monitoreo que representa el 10 % no cumple con límite permisible según la Norma Ecuatoriana NTE INEN 1108-2014, establecida de 0.3-1.5 mg/L.

Alejandro (2017) en su estudio “Impacto de la calidad de agua para consumo humano en la salud de la población del Cantón Penipe, provincia de Chimborazo, Ecuador”, realizado en la Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador. Con el objetivo de determinar el impacto de la calidad de agua para consumo humano en la salud de la población del cantón Penipe, provincia de Chimborazo, para ello se establecieron una muestra de 100 habitantes en la que se realizó una encuesta. Como resultado se obtiene que el 67 % de la población refiere haber tenido problemas por la ingesta de agua en mala

calidad, la enfermedad más frecuente es la diarrea con el 16.47 %, el 74 % de la población acude de manera regular al Centro de Salud de 1 - 3 veces a la semana, el 86 % de la población no reciben charlas sobre prevención de enfermedades ocasionadas por el agua, 54 % menciona que la ceniza del volcán Tungurahua no afecta a los sistemas de agua y el 88 % de la población desea mejorar la provisión de agua en el Cantón, con estos datos la población que está consciente de la necesidad de realizar acciones que conlleven a la solución de este problema por lo se ha establecido un plan de capacitación con intervención de la población.

En el trabajo de investigación realizado por Mompremier, Fuentes, Jiménez y Rodríguez (2016) “Decaimiento de la calidad del agua en redes ocasionado por la variación de los coeficientes de reacción del cloro con el volumen de agua y la pared de las tuberías, Duberger-Les Saules, Ciudad de Québec, Canadá”, desarrollado en el instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, tuvieron 10 puntos de monitoreo mensual de cloro residual libre, mediante estudio en laboratorio se obtuvieron coeficientes de reacción con masa de agua ( $K_b$ ) de 0.053, 0.035 y 0.024 ( $\text{día}^{-1}$ ) para los meses de julio, noviembre y diciembre respectivamente y reacción con las paredes de las tuberías ( $k_w$ ) se consideró el 10 % de  $K_b$ , con ellos fue realizado modelación numérica de calidad del agua de la red de agua potable para el parámetro de cloro residual. Obteniendo como resultado la variación de cloro residual en julio entre 0.19 -1.05 mg/L, noviembre de 0.27-1.12 mg/L y diciembre entre el rango de 0.38 -1.19 mg/L, se notó que los coeficientes de decaimiento influyen de manera importante en la calidad del agua, con ello, se corroboró que el clima es uno de los factores que estimula el decaimiento del cloro; es decir, cuando la temperatura es mayor, el decaimiento es más rápido mientras con una temperatura baja, el decaimiento es más lento, también fue comparado la relación entre el tiempo de viaje y la concentración del cloro. Se observó que más lejos estuvo un nudo de la red con respecto a los tanques de almacenamiento que la abastecían era menor concentración del cloro como es el nudo A-95 con un tiempo de viaje de 9 horas, la concentración del cloro fue

de 0.19 mg/L y para el nudo A-61 con un tiempo de viaje de casi 3 horas fue mayor a 1.05 mg/L.

La investigación realizada por Campoverde (2015) “Análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de agua no potable, mediante la determinación de cloro libre residual en aguas tratadas de las parroquias rurales del Cantón Cuenca”, desarrollado en la Universidad Estatal de Cuenca-Ecuador. Se recolectaron 72 muestras de agua en las comunidades de 18 parroquias rurales del Cantón Cuenca (el último trimestre del año 2013), en las cuales se analizaron la presencia o no de cloro libre residual con el método colorimétrico utilizando un equipo de disco comparador de cloro “in situ”. Donde de las 72 muestras obtenidas, 51 muestras equivalente al 70.83 % dieron como resultado un valor de 0 mg/L de cloro libre residual, 3 muestras que equivale al 4.17 % presentan valores inferiores al límite mínimo permisible según normativa que es de 0.3 mg/L, 1 muestra que equivale a 1.39 % el valor de cloro es superior al límite máximo permisible según norma que es de 1.5 mg/L (1.6 mg/L en el domicilio de primer punto de distribución) y 17 muestras equivalente a 23.61 % dieron resultados dentro de los valores aceptables de cloro libre residual según Norma INEN 1108:2014 Quinta Revisión. Agua Potable-Ecuador (entre 0.3 mg/L y 1.5 mg/L).

Aguilar (2015) en su investigación titulada “Modelación para evaluar cloro residual en la red principal del sistema de agua potable de Buenavista, Cantón Pasaje, provincia de el Oro”, realizado en la Universidad Técnica de Machala - Ecuador, con el objetivo de evaluar la concentración de cloro libre residual en la red principal del sistema de agua potable de Buenavista. Se midieron en campo parámetros como ubicación de válvulas con el uso de GPS, la presión con manómetros de glicerina y el cloro libre residual mediante el método D.P.D. con un equipo digital colorimétrico, para monitoreo de cloro residual tuvieron 6 puntos de monitoreo durante dos semanas (17-22 de agosto y 24-31 de agosto de 2015), esto permitió el ingreso de datos al software para dar inicio a la simulación en tiempos prolongados. Los resultados obtenidos en

la simulación se pudo apreciar la disminución de la velocidad del líquido en la tubería debido al poco consumo de agua por parte de la población en las primeras horas de la mañana, esto da lugar a una disminución en la concentración del C.L.R. (cloro libre residual) a tal punto de estar por debajo del límite inferior de las normas INEN 1108 que establece los rangos como límite superior 1.5 mg/L y límite inferior 0.3 mg/L de C.L.R, estos reportes mantienen similitud con las lecturas de campo en las secciones de los nudos 10, 11, 12,13 y 14 a las primeras horas del día, se recomienda la sustitución del sistema de cloración de hipoclorito de sodio por cloro gas debido a la concentración de cloro activo.

De acuerdo al estudio realizado por Cepeda (2015) “Disminución de la calidad de agua por variaciones del cloro libre residual entre la red de distribución y la red interna de los usuarios en urbanización ciudad Verde de la ciudad de Machala, provincia de el Oro, Ecuador”, desarrollado en la Universidad Técnica de Machala con la finalidad de evaluar la disminución de la calidad del agua por variaciones del cloro residual entre la red de distribución y la red interna. Tuvieron 20 puntos de monitoreo diario desde 10 de agosto hasta 28 agosto de 2015. El método que emplearon para el análisis de C.L.R. fue el D.P.D, con un equipo de colorimétrico digital utilizando la técnica de muestreo puntual. Los resultados de C.L.R. (cloro libre residual) presenta 0.7 mg/L al ingreso de ciudad Verde el cual disminuye en su trayectoria hasta la última vivienda a lecturas menores de 0.3 mg/L, como es el caso del muestreo de los días 12, 20, 21 y 28 de agosto, además se determinó que la disminución de cloro se da entre el ingreso a la cisterna y el grifo de las viviendas, según la Norma Ecuatoriana INEN1108 el rango admisible en el parámetro de cloro residual es 0.3-1.5 mg/L.

Salto (2012) en su investigación “La calidad del agua de uso doméstico y su relación con la prevalencia de las enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años que acuden a consulta externa del subcentro de salud de la parroquia Santa Rosa de la ciudad de Ambato en el período del 1 de julio al 31

de diciembre de 2011”, realizado en Ambato, Ecuador, cuyo objetivo fue identificar y analizar la calidad de agua de los sectores más afectados por EDAs, donde se procedió a la toma de muestras de agua tomada tanto de la fuente como de cada uno de las viviendas beneficiarias y mediante la revisión de las historias clínicas de diagnóstico de las enfermedades diarreicas agudas, resultando así que según los parámetros normales de 0.3 y 1.5 mg/L, en EMAPA (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado) la mayoría de muestras cumplen con el rango mencionado y cifras por debajo de lo establecido en los reservorios de almacenamiento, a diferencia de ATANSE (Asociación de Trabajadores de Nuestra Señora de la Elevación) donde tienden los valores a mantener por debajo del rango requerido. En cuanto a las EDAs un total de 773 pacientes menores de 5 años atendidos en el servicio de consulta externa del subcentro, con y sin EDAs en el periodo de julio a diciembre del 2011 así mismo 142 pacientes con 18.3 % sufrieron EDAs, de los cuales 2 el 1.4% mostraron deshidratación grado I y II a su vez el 1.4 % deshidratación grado III. Finalmente concluye, que el agua de las fuentes captadas si es apta para el consumo poblacional, sin embargo, la carencia del conocimiento en la administración del sistema de agua potable tanto para su cloración adecuada y almacenamiento no es idónea, el cual condiciona el uso de agua contaminada siendo un riesgo potencial para dicha zona.

Según Montoya, Cruz, Torres, Laín y Escobar (2012) en su investigación “Evaluación de las condiciones de mezcla y su influencia sobre el cloro residual en tanques de compensación de un sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Cali, Colombia”, el estudio hidrodinámico con aplicación continúa de trazador y mediciones de temperatura y de cloro residual libre para identificar el régimen de mezcla en su interior, tiempos de residencia, estratificación térmica y la variación del cloro en el agua almacenada, se consideraron 6 puntos de muestreo al interior del tanque, 3 en centro y 3 en perímetro, la medición de temperatura y cloro residual libre se realizó durante 9 días, lo cual coincidió con el momento en el que el trazador había alcanzado la mezcla completa en el tanque. Para medir el cloro residual libre se utilizó un

colorímetro portátil marca HACH (error de 0.01 mg/L) y la temperatura con dos termocuplas tipo J en bulbo de 3/16x15 cm y termómetro marca Fluke (error de 0.1 °C). Como resultado obtuvieron la temperatura que presenta un comportamiento cíclico, encontrándose diferencias entre los valores máximos y mínimos entre 2 y 5 °C y el cloro residual libre en la entrada/salida como al interior del tanque no se obtuvieron valores de cloro residual menores a 0.3 mg/L (límite inferior para agua potable según la resolución 2115 de 2007), exceptuando un dato de la posición perímetro-medio y en la salida del tanque (0.28 y 0.29 mg/L, respectivamente). Se encontró además que la recirculación y el intercambio insuficiente de agua, los bajos flujo de momentos asociados a caudales pequeños y la estratificación térmica puntual pueden causar elevados tiempos de residencia en el tanque, altas edades del agua, mezcla insuficiente y pérdida importante del cloro residual libre.

En el estudio realizado por Aguiar *et al.*,(2010) “Evaluación de los niveles de cloro residual en la red de distribución de agua potable del sistema valle hondo, municipio Palavecino, Estado Lara - Venezuela”, las mediciones de cloro residual se realizaron en muestras tomadas en las 12 urbanizaciones que abastece la estación de rebombeo “La Mora” mediante el método D.P.D. (dietil-p-fenilen -diamina), con un equipo comparador de cloro. Los resultados demostraron que la concentración de cloro residual varió de 0.5 a 0.9 mg/L, ninguno de los valores se encuentra fuera de los límites mínimos y máximos exigidos por las normas sanitarias de calidad del agua potable de la república Bolivariana de Venezuela según resolución del ministerio del poder popular N° 36, donde establece como límite mínimo y máximo de 0.3 a 1 mg/L, lo cual evidencian que la dosis de cloro aplicada en la estación de rebombeo. La Mora es adecuada para garantizar que el agua suministrada a la población se mantenga potable desde el punto de vista bacteriológico en todo el recorrido.

Según Estupiñán y Ávila (2010) en su estudio “Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Boyacá - Cundinamarca”, realizado en la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Colegio Mayor de

Cundinamarca, Bogotá, Colombia. Se realizaron dos muestreos de diferentes puntos de la red de distribución, fuentes naturales y tanques de almacenamiento domiciliario. Se emplearon los métodos fotométrico, electrométrico y volumétrico para el análisis físicos y químicos, en caso de parámetro microbiológico se empleó la técnica de filtración por membrana. Los resultados obtenidos evidenciaron que la mayoría de las muestras no cumple con el valor mínimo permisible de cloro residual libre, por lo tanto, según el Índice de Riesgo de la Calidad del agua para consumo humano (IRCA), son clasificadas como no aptas para consumo humano. Sin embargo, los demás parámetros analizados incluso los microbiológicos cumplieron los parámetros estipulados en la resolución 2115 de 2007.

Nagatani *et al.*, (2008) en su investigación “Residual Chlorine Decay Simulation in Water Distribution System, Yokohama, Japan”. Tuvo como objetivo analizar el decaimiento de cloro residual en el sistema de distribución de agua, para ello se estableció 4 puntos de monitoreo de cloro residual libre, el 5 de julio de 2005 mediante el equipo telémetro de calidad de agua. Según sus resultados, la simulación de concentración de cloro libre en series de tiempo realizado en el distrito de Sakishima en condiciones de temperatura del agua de 26 °C con el coeficiente de decaimiento de cloro con la pared de tubería (kw) de -4.0 (mg / m<sup>2</sup> / día)) varía de 0.30 a 0.46mg/L en condiciones de pH (potencial de hidrogeno) de 7.55.

Muñoz y Mafla (2007) en su trabajo de investigación “Monitoreo de cloro residual libre, presente en una sección del sistema principal de distribución de Acueducto Centillal el Diamante ACUCESDI, comprendida entre la Planta de Tratamiento Alegrías Alto y la vereda Filobonito Sector Cajones, con miras a establecer los correctivos necesarios que permiten obtener un resultado óptimo en el proceso de cloración, área rural del municipio de Pereira, Risaralda, Colombia”, realizado en la Universidad Tecnológica de Pereira. El cloro residual determinó a través el método yodométrico (indirecto) en los 7 puntos de monitoreo semanal, en específico el estudio se realizó en

cinco semanas. Los resultados obtenidos de la totalidad de las muestras valoradas hasta la quinta semana en los 7 puntos de monitoreo el cloro residual libre se encuentra dentro de rango admisible (0.2 - 1 mg/L) en 90.91 %, 91.67 %, 91.67 %, 76.92 %, 66.67 %, 69.23 % y 69.23 % respectivamente, el análisis de datos y los comportamientos que demuestran los resultados se pueden considerar que aunque las condiciones de dosificación de cloro no sean tecnificado, el cloro residual se mantiene dentro del rango admisible.

### **Antecedentes Nacionales**

Ferro, Ferró y Ferró (2019), desarrollaron la revista, “Distribución temporal de las enfermedades diarreicas agudas, su relación con la temperatura y cloro residual del agua potable en la ciudad de Puno, Perú”, el objetivo de la presente investigación fue analizar la distribución temporal de las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) y su relación con la temperatura y cloro residual del agua potable, en la ciudad de Puno, Perú. Se obtuvo la información de la oficina de estadística de la Red de Salud de Puno perteneciente a la región de Salud y para la información mensual sobre la concentración de cloro residual de la red de distribución del agua potable de la ciudad de Puno de enero del 2005 a octubre del 2010, fue facilitada por el laboratorio de control de calidad de agua, de la Empresa Municipal de Agua y Saneamiento de Puno (EMSAPUNO), resultando que la concentración de cloro residual del agua potable en la ciudad de Puno y los casos de EDAs notificados, se identificó una correlación cruzada siendo más alta en el retardo 12, 9 y 3 en los meses de diciembre, setiembre y marzo respectivamente. Concluye que el decaimiento del cloro inicial a las pocas horas de almacenamiento domiciliario ya no hay una concentración de cloro residual libre que garantice la inocuidad del agua potable, el cual tiene relación que conlleva a propiciar la presencia de EDAs en los usuarios, a esto hay que añadir la discontinua contribución del servicio intermitente, debiendo optimizar el mantenimiento de las conexiones domiciliarias del suministro de agua.

Inca y Ulloa, (2018) realizaron el proyecto de investigación “Modelamiento y simulación de la concentración de cloro residual en la red de agua del caserío de pueblo nuevo - Santiago de Chuco”, desarrollado en la Universidad de Trujillo, con el objetivo fue utilizar el software WaterCAD para modelar y simular la concentración de cloro residual (mg/L) a lo largo de la red de distribución de agua del mencionado caserío, así como también determinar a partir del modelo calibrado la dosificación óptima para que la desinfección del agua sea eficaz en toda la red. Se realizó el monitoreo en campo y la simulación, luego se procedió a comparar los resultados y a ajustar los coeficientes de reacción hasta encontrar que las concentraciones simuladas y las medidas en campo sean aproximadas (sin variaciones significativas). Luego de la simulación, se encontró que la concentración de cloro residual en toda la red que no cumple con lo exigido por la normativa vigente en el Perú. Con la obtención de estos resultados, quedo demostrado que la modelación y la simulación es una herramienta importante para tener un control adecuado de la cloración del agua en las redes de distribución.

Valdivia (2017) realizó investigación titulado “La calidad del agua de consumo doméstico en relación con las enfermedades diarreicas agudas en niños de 0 a 5 años en el centro poblado de Pachachupán - distrito de Chinchao, provincia y región Huánuco, enero – junio 2017”, desarrollado en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental con el objetivo, de establecer la significancia de la calidad del agua de consumo doméstico con las enfermedades diarreicas agudas en niños de 0 a 5 años del centro poblado de Pachachupán, la metodología de estudio fue de tipo cuantitativo, descriptivo, prospectivo, transversal y correlativo. La contrastación de la hipótesis fue mediante el análisis de correlación de Pearson paramétrico. Se obtuvieron resultados del cloro residual en el centro poblado de Pachachupán un promedio de 0 mg/L tanto en el reservorio y conexiones domiciliarias definiendo que el total de muestras analizadas no se encuentran dentro del límite máximo permisible según R.D N° 031-2010-SA, notándose así que el agua para consumo domiciliario no es apta en cuanto al número de casos de enfermedades

diarreicas agudas del centro poblado de Pachachupán, se apreció, que sin episodio de enfermedad diarreica aguda, obtuvo el mayor porcentaje [44.4 % (8.0 casos)], seguido de un episodio de [38.9 % (7.0 casos)] y 2 a más episodios de [16.7 % (3.0 casos)]; al analizar la relación de forma cuantitativa se estableció una correspondencia débil a considerable positiva siendo los resultados significativos.

Pérez y Romero (2017) en su estudio “Determinación de la concentración de Cloro Residual y Trihalometanos (Thm’s) y su impacto en la salud según sectores de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Moyobamba-2015”, realizado en la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. El monitoreo de cloro residual libre y Trihalometanos en tres sectores de abastecimiento de agua potables: Rumiyacu, Juninguillo y Almendra durante ocho meses del año 2015 (enero a agosto), en la cual las campañas de muestro se llevó a cabo manera quincenal. En los tres sectores de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Moyobamba no se excede el Límite Máximo Permisible (LMP) para agua de consumo humano (D.S-031-2010 SA) que para el cloro residual libre establece de 0.5-1 mg/L en la red distribución, el sector abastecido por la fuente de Rumiyacu presenta una concentración de cloro residual libre promedio máximo de 0.78 mg/L durante los meses de febrero, marzo y junio, y un promedio mínimo de 0.74 mg/L que fue registrado en agosto, de la misma forma el sector abastecido por la fuente de Juninguillo muestra un promedio máximo de 0.85 mg/L el mes de enero y un promedio mínimo de 0.80 mg/L en abril, así también en el sector de abastecimiento por la fuente de Almendra resulta un valor promedio máximo de 0.85 mg/L durante los meses de enero y marzo también 0.82 mg/L muestra como promedio mínimo los meses de abril, mayo y julio.

De acuerdo al estudio realizado por Tarqui *et al.*, (2016) “Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú”, estudio desarrollado con la finalidad determinar la calidad bacteriológica del agua para

consumo en tres regiones del Perú. Resultados muestran que, en Cajamarca el 8.6 % de las muestras de agua fueron de buena calidad bacteriológica, mientras que en Huancavelica fue 4.3 % y en Huánuco 7.2 %. Las concentraciones de cloro residual en Huancavelica están en rangos de  $< 0.5$  mg/L equivalente a 95.7 % y  $\geq 0.5$  mg/L en 4.3 %. En conclusiones la mayoría de las muestras de agua tuvieron mala calidad bacteriológica evidenciándose coliformes totales, la tercera parte de Huancavelica tuvieron *E. coli* en el agua de consumo humano.

Cortez y Pinedo (2014) en su investigación “Evaluación de la concentración de cloro en agua de consumo humano en Cajamarca-Perú 2014”, como objetivo fue evaluar la concentración de la aplicación del cloro como desinfectante en el tratamiento de agua de consumo humano. La ciudad se abastece de tres ríos: Porcón, Grande y San Lucas, los cuales son las principales fuentes hídricas y de aprovechamiento para responder a la necesidad de la población. Existen dos plantas de tratamiento: planta de tratamiento “El Milagro” con un caudal promedio de 260 L/s y “Santa Apolonia” con un caudal promedio de 100 L/s. Se han analizado los niveles de concentración de cloro en los meses de junio y julio. En el primer mes se consideraron 24 puntos de monitoreo y en el segundo mes fueron 27 puntos, respectivamente. Este parámetro fue evaluado en la salida de las plantas de tratamiento y redes de distribución de la EPS SEDACAJ. S.A. Sus resultados muestra que el mes junio la concentración de cloro residual libre varía de 0-1.73 mg/L, de los cuales el 95.83% fue superior al límite mínimo permisible según la norma D.S.031-2010 SA que establece igual o mayor de 0.5 mg/L y el mes de julio el cloro residual libre fue entre el rango de 0.19-1.42 mg/L, el equivalente al 7.41 % se encuentran por debajo de límite mínimo permisible según la norma.

Miranda, Aramburú, Junco y Campos (2010), en su artículo científico “Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-2010”, realizado por el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, del Instituto Nacional de Salud (INS/CENAN). Con

el objetivo de estimar la proporción de niños menores de cinco años con acceso a agua de calidad y su comportamiento en función de la localización geográfica, abastecimiento de agua. La metodología fue con una encuesta continua (transversal repetida), por muestreo aleatorio multietápico, del universo de niños menores de cinco años residentes en el Perú. Se evaluó la presencia de cloro libre en muestras de agua para consumo en los hogares de 3570 niños (Lima metropolitana 666, resto de costa 755, sierra urbana 703, sierra rural 667 y selva 779). Se evaluó la presencia de coliformes totales y *E. coli* en muestras de agua de 2310 hogares (Lima metropolitana 445, resto de costa 510, sierra urbana 479, sierra rural 393 y selva 483). Obteniendo como resultado la proporción nacional de niños menores de cinco años que residen en hogares con cloro libre adecuado en el agua para consumo, alcanza a 19.5 % del total, mientras que la correspondiente a agua libre de coliformes y *E. coli* asciende a 38.3 %. Existe una marcada diferencia de los resultados por área de residencia (los ámbitos más afectados fueron sierra rural y selva), red pública domiciliaria dentro de la vivienda y quintiles de ingreso. Concluyendo que existe una gran desventaja en los niños menores de cinco años provenientes de hogares pertenecientes al área rural y en extrema pobreza, para acceder al consumo de agua de calidad. Esta situación representa un serio problema para el control de las enfermedades diarreicas y la desnutrición infantil.

#### **Antecedente Local**

Pérez y Ramos (2018) en su investigación “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”, menciona como objetivo general evaluar la dosis de cloro y cloro residual libre del sistema de agua potable, de acuerdo al reglamento de calidad de agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA así también, como específico evaluar la cantidad de cloro residual libre del sistema de agua potable suministrada por la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS), presentando los resultados estadísticos de cloro residual libre, los datos de la segunda quincena es el que se muestra más

desproporcionada, en función de las demás, se obtuvo datos de hasta 0 mg/L de cloro residual libre lo que representa un caso crítico frente al reglamento de calidad de agua para consumo humano, además de ello también se puede observar que el dato que más se ha repetido es 0.32 mg/L. Concluyendo que el cloro residual libre oscila entre los valores de 0 mg/L y 0.39 mg/L, esto depende mucho de la dosis con el que sale del reservorio como punto de partida también existe un incumplimiento del reglamento antes mencionado pues no se llega a lo establecido en ello respecto al cloro residual libre (el 90 % de muestras  $\geq 0.5$  mg/L y el 10 % de muestras restante  $\geq 0.3$  mg/L). Nuestros resultados indican que el 90 % de muestras son menores a 0.5 mg/L y el 10 % restante en 3 quincenas superan a 0.3 mg/L a excepción de la segunda quincena.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Teoría de la desinfección del agua

#### A. Cinética de desinfección: Ley de Chick

Según Arboleda (2000) es donde ocurre una serie de acciones indicando que en un cierto periodo de tiempo progresivamente manifiesta la desinfección eficaz, no de manera instantáneo así también con más o menos velocidad y se considera proceso final cuando el 100% (99.99%) de los microorganismos a eliminar han muerto. La forma como este proceso se suscita puede determinarse matemáticamente, considerando que se trata de una reacción de primer orden y que por tanto el número de organismos destruidos en la unidad de tiempo es proporcional al número de organismos remanentes en el tiempo considerado, esta acción se llama la ley de Chick:

$$-\frac{dn}{dt} = Kn \quad (1)$$

Donde:

$n$ : el número de organismos.

$t$ : tiempo de contacto.

$K$ : velocidad de reacción.

Donde integrando la primera ecuación de esta expresión entre  $n$  (número de organismos en el tiempo  $t = 0$ ) y  $n$  (número de organismos en el tiempo  $t = t$ ) y el segundo, entre  $t = 0$  y  $t = t$ , conseguimos:

$$\int_{n_0}^n \frac{dn}{n} = -K \int_0^t dt \quad (1)$$

$$\ln|n| - \ln|n_0| = -Kt \quad (2)$$

$$\ln\left|\frac{n}{n_0}\right| = e^{-Kt} \quad (3)$$

Adicionando logaritmos en la ecuación (3):

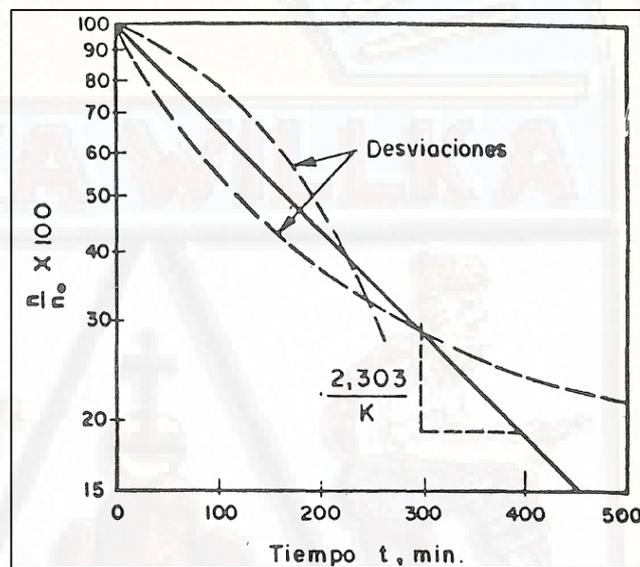
$$t = -\frac{2.303}{K} \log\frac{n}{n_0} \quad (4)$$

Por consiguiente, según este modelo, el tiempo necesario para matar un determinado tipo de organismos con un desinfectante es directamente proporcional al logaritmo de la relación de organismos remanentes ( $n$ ) sobre organismos iniciales ( $n_0$ ). En efecto, al demostrar gráficamente en papel semilogarítmico el tiempo de contacto versus el porcentaje de organismos sobrevivientes, resultando una línea recta en los casos en que se cumple la Ley de Chick, como los muestra en la figura 1 (Arboleda, 2000).

Por tanto, no en su totalidad este proceso de eliminación de microorganismos es una reacción de primer orden, es por ello que ocurren desviaciones frecuentes a la Ley de Chick. Por ejemplo, la eliminación de quistes de *E. histolítica* con cloro libre y yodo tiene una cinética de primer orden pero la resistencia de los microorganismos en este caso a algunos virus, pues la cantidad de eliminación ( $\log^n/n_0$ ) aumenta o disminuye con el tiempo mencionado como la presencia de sustancias interferentes que impiden mantener un residual adecuado con ciertos desinfectantes, a errores experimentales, a distinta susceptibilidad de los organismos, a mezcla inapropiada de los desinfectantes con el agua, a existencia

de colonias de bacterias de tamaños variados que establecen una concentración no uniforme de los organismos en el líquido (Arboleda, 2000).

La ley de Chick es importante como referencia para determinar y evaluar el comportamiento del proceso de desinfección, en donde se conoce  $n/n_0$  y se quiere calcular la constante de la desinfección ( $K$ ).



**Figura 1.** Representación gráfica de la ley de Chick.

**Fuente:** Arboleda (1992).

### **B. Tiempo de contacto en la desinfección**

Según Arboleda (2000) para que la desinfección sea eficiente depende de la relación entre el tiempo de contacto y la concentración de desinfectante dosificado. El cual precisa y necesitará menos tiempo para matar el 100 % de los microorganismos que una concentración débil. Según sea el desinfectante decrecerá más o menos rápidamente el poder bactericida, a medida que se va disminuyendo la concentración. El tiempo de contacto  $t$  necesaria para matar un determinado número de organismos viene dado por la expresión de Watson:

$$t = \frac{K}{Cn} \quad (6)$$

Donde:

$K$  = Constante de la desinfección

$C$  = Concentración del desinfectante en mg/L

$n$  = Coeficiente que expresa la eficiencia bactericida del desinfectante y que se conoce como el coeficiente de disolución.

El valor de  $K$  ha sido evaluado para distintos microorganismos y desinfectantes, lo que permite conocer la relación concentración-tiempo necesario para realizar la desinfección.

### ***C. El fenómeno del punto de quiebre***

De lo expuesto anteriormente se puede deducir que si repartimos una muestra de agua en una serie de porciones (digamos 10) y le agregamos a cada una de ellas cantidades progresivas de cloro (supongamos desde 1 mg/L hasta 10 mg/L) no vamos a encontrar una relación directa entre cantidad de cloro aplicado y cantidad de cloro medido como residual (Arboleda, 2000).

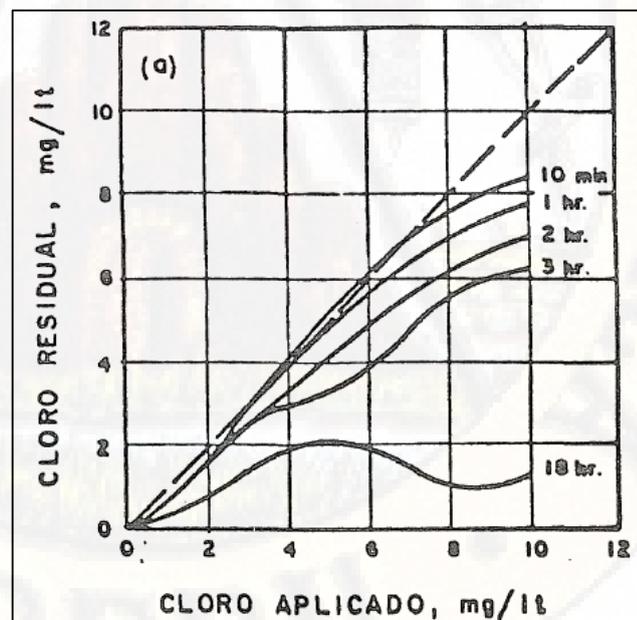
Por el contrario si analizamos todas las porciones después del mismo tiempo de contacto (por ejemplo  $t = 1$  h) y graficamos la dosis de cloro *versus* cloro residual, encontraremos una curva de forma ondulada en la que se observa que inicialmente al ir incrementando la dosis de cloro va aumentando el residual (en proporción directa menos lo que se consume en demanda) hasta llegar a un punto en que la curva empieza a descender, y a mayor cantidad de cloro aplicado se obtiene menor residual. Como indica Arboleda (2000) se llega en esta forma a un valor mínimo (punto de quiebre) a partir del cual la curva vuelve a ascender y el residual aumenta de nuevo en proporción directa a la dosis de cloro aplicada. Tal condición presenta los siguientes inconvenientes:

- El cloro residual libre como  $HOCl$  y  $OCl^-$  que se obtiene

después del punto de quiebre tiende a ser bajo, por lo que hay que aumentar las dosis de cloro para producir una completa oxidación del sabor y olor en el agua.

- La demanda se ejerce muy lentamente, lo que produce una disminución progresiva de la dosis de cloro residual que dificulta su control en el sistema de distribución pues su concentración se hace impredecible.
- Aún con pH alto la reacción entre el cloro libre y las proteínas tiende a producir tricloruro de nitrógeno, el que además de dar mal sabor al agua corroe los materiales metálicos expuestos a dicho gas y es explosivo.

Aun cuando todo el *NC/3* haya sido removido en la planta, nuevamente puede formarse en la red al ir completándose la lenta reacción entre las proteínas y el cloro libre. El *NC/3* se produce en este caso más lentamente que cuando hay nitrógeno amoniacal, pero en forma más continuada y por más largo tiempo lo que dificulta su remoción (Arboleda, 2000).



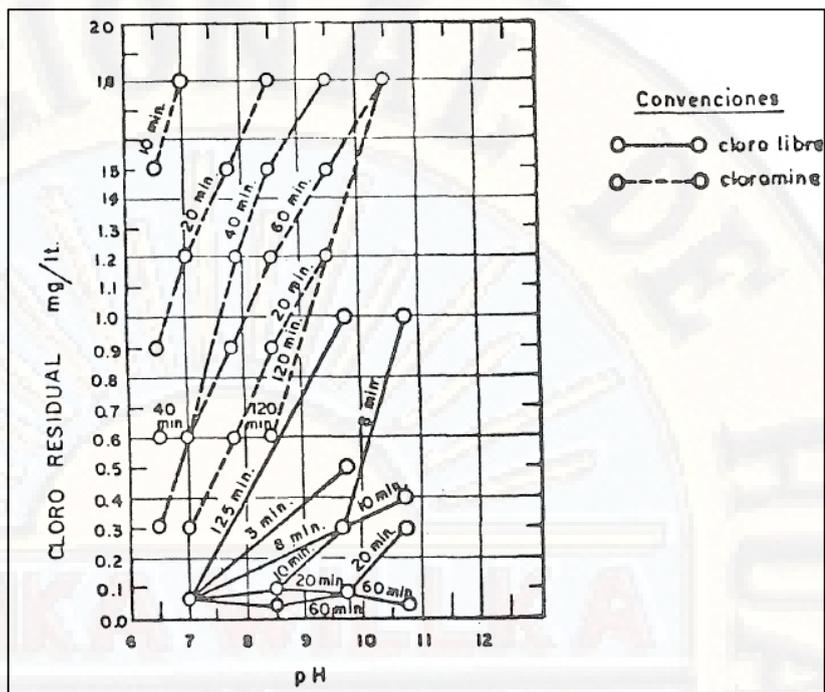
**Figura 2.** Variaciones de la curva de punto de quiebre para los tiempos de contacto indicados. Planta de ablandamiento de St. Louis Contry, EE.UU. según Tuepker (1969).

#### ***D. Eficiencia de la cloración en la destrucción de bacterias***

Es la forma como los compuestos de cloro atacan a los microorganismos. Se ha observado que el cloro actúa en concentraciones muy bajas (0.1 a 2.0 mg/L) y por eso Oreen y Stumpf (1946) sugirieron que tal cosa solo podría explicarse considerando que era el sistema enzimático bajos niveles de sustancias inhibidoras. Según ellos los compuestos dorados reaccionan con los grupos sulfhídricos presentes en las enzimas celulares paralizando el proceso metabólico de oxidación de la glucosa y en especial interfiriendo en la transformación del ácido triosefosfórico en ácido fosfoglicérido, con lo que la actividad enzimática de la célula queda ineversiblemente destruida. La deshidrogenasa triosefosfórica está presente en casi todos los organismos, inclusive bacterias, en muy pequeñas cantidades y eso explicaría por qué bajas concentraciones de cloro pueden ser efectivas (Arboleda, 2000).

Por su parte, Butterfield y colaboradores (1946; 1948; 1943) en una serie de estudios han examinado cuidadosamente la resistencia de los coliformes y las bacterias patógenas a la desinfección con cloro libre y con cloraminas.

Los resultados de sus estudios están consignados en las curvas de la Figura 3 en las cuales para cada pH se puede leer la cantidad de cloro residual (cloro libre o cloraminas) que fue necesario para matar el 99.99% de las bacterias analizadas. El experimento fue hecho a temperatura entre 20 y 25°C, con diferentes tiempos de contacto desde 5 hasta 60 min. Las bacterias usadas fueron: *Escherichia coli*, *Aerobacter aerógenos* y algunas especies de *Pseudomonas pyocyaneae*, *Ebertella tifosa* y *Shigella disenteriae* (Arboleda, 2000).



**Figura 3.** Propiedades bactericidas del cloro libre y las cloraminas.

**Fuente:** Butterfield (1948).

Se ve claramente que el cloro libre fue mucho más eficiente para matar los diferentes tipos de bacterias que las cloraminas, pues se necesitaron dosis más altas y mayor tiempo de contacto para completar el proceso de desinfección (Arboleda, 2000).

Los números en el gráfico representan los minutos para matar el 100% de *Escherichia coli* con cloro libre y cloraminas a temperaturas de 20 °C.

Puede también observarse que la eficiencia del cloro libre disminuye al aumentar el pH. Por ejemplo, con 3 minutos de tiempo de contacto para un pH de 7, se necesitaron 0.05 mg/L de cloro para matar el 100% de las bacterias; en cambio para el mismo tiempo de contacto y pH=9.8, se necesitaron 0.45 mg/L (8 veces más). Esto se debe a que a pH=7 la proporción de *HOCl* es del 75% y de *OCl<sup>-</sup>* del 25%; en cambio, a pH=9.8 todo el cloro libre está en la forma de *OCl<sup>-</sup>*, compuesto que es definitivamente más ineficiente (Arboleda, 2000).

## **2.2.2. Teoría de enfermedades diarreicas agudas**

### ***A. Teoría del auto-cuidado de Dorothea Elizabeth Orem***

Para Dorothea E. Orem, el auto-cuidado son las actividades que se aprenden de acuerdo que la persona madura y éstas son afectadas por las creencias, cultura, hábitos y costumbre de la familia y de la sociedad. La edad, el desarrollo y el estado de salud puede afectar la capacidad que tenga la persona para realizar las actividades de auto-cuidado.

Para lograr el objetivo de mantener nuestro bienestar, salud y desarrollo, además define tres requisitos de auto-cuidado, según los resultados que se quiere alcanzar:

Requisitos de auto-cuidado universal: son comunes a todos los individuos, las cuales incluyen la conservación del aire, agua, eliminación, actividad, descanso, soledad e interacción social, prevención de riesgos e interacción de la actividad humana.

Requisitos de auto-cuidado del desarrollo, consiste en promover las condiciones básicas para la vida y la maduración, así mismo prevenir y mitigar la aparición de condiciones desfavorables, en los distintos momentos del proceso en el desarrollo del ser humano: niñez, adolescencia, adulto y vejez.

Requisitos de auto-cuidado de desviación de la salud, que surgen o están vinculados a los estados de salud (Londoño, 2013).

### ***B. Teoría de entorno de Florence Nigthingale***

Su teoría se centra en el medio ambiente, cuyo fin es conservar la energía vital del paciente y partiendo de la acción que ejerce la naturaleza sobre los individuos. Para Nightingale el entorno físico está constituido por los elementos físicos en los que el paciente es tratado, como la ventilación, temperatura, higiene, luz, ruido y la eliminación, el entorno psicológico puede verse afectado por el estrés, según Nightingale el entorno social que comprende el aire limpio, el agua y la eliminación adecuada implica la recogida de

datos sobre la enfermedad y la prevención de la misma. Otro de sus aportes hace referencia a la necesidad de la atención domiciliaria, las enfermeras que prestan sus servicios en la atención a domicilio, deben de enseñar a los enfermos y a sus familiares a ayudarse a sí mismos a mantener su independencia (Londoño, 2013).

## **2.3. Bases conceptuales**

### **2.3.1. Agua potable**

Aquella que al ingerir no ocasionan daños al organismo del individuo humano así también no causa daños en los materiales que se encuentran en la infraestructura del sistema (Agüero, 2016).

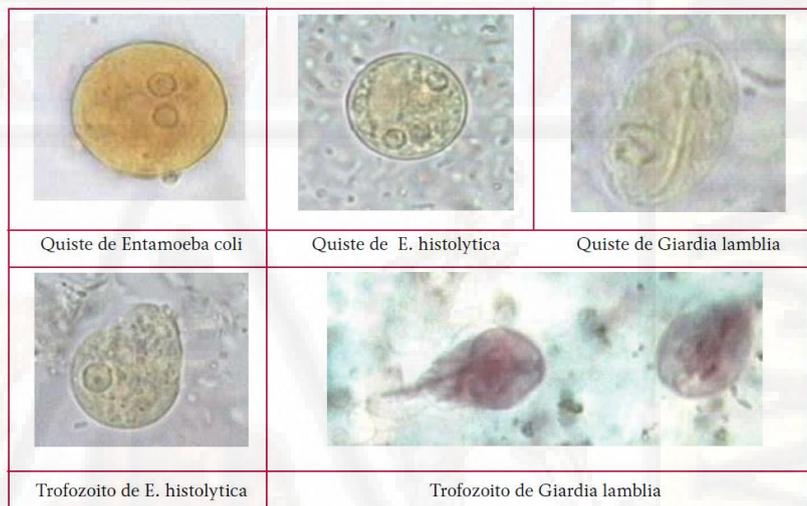
Es el elemento líquido que ha sido sometida a diversos tratamientos de purificación, del cual sus características físicas, químicas y microbianas cumplen normas establecidas actuales a nivel nacional e internacional de esta manera se considera la calidad del agua potable siendo apta para su consumo en fines de bebida, cocina, domésticos e higiene personal sin ocasionar ningún riesgo significativo para la salud (Organización Mundial de la Salud, 2004).

Notándose así la importancia del agua potable en el mejoramiento estadístico de morbilidad y la disminución de enfermedades transmitidas por el consumo del agua (López, 1990).

#### ***2.3.1.1. Contaminantes biológicos presentes en el agua***

En el agua se encuentran diferentes agentes patógenos que proceden de diversos factores uno de ellos por residuos orgánicos; esta contaminación está relacionada con los desechos de origen doméstico e industrial vertidos a los cuerpos de agua. Ya que estos contaminantes presentan altos índices de microorganismos de origen fecal y materia orgánica. Los organismos patógenos que se pueden encontrar en aguas contaminadas como los virus, donde existen 120 tipos capaces de infectar el tracto digestivo humano los más

representativos el *rotavirus*, *poliovirus*, *enterovirus* bacterias, parásitos. En cuanto a las bacterias, se encuentran más en las fuentes de agua (superficiales y subterráneas), el agua se convierte en el medio de transporte ideal en ella está la *E.coli* (*enteropatógena*). Por último los protozoarios incluyen actualmente varios grupos de importancia médica, pueden infectar y causan principalmente enfermedades de tipo gastroentérico existen tres grupos los flagelados como la *giardia lamblia*, en los sarcodinos *entamoeba coli* (Comisión Nacional del Agua, 1990).

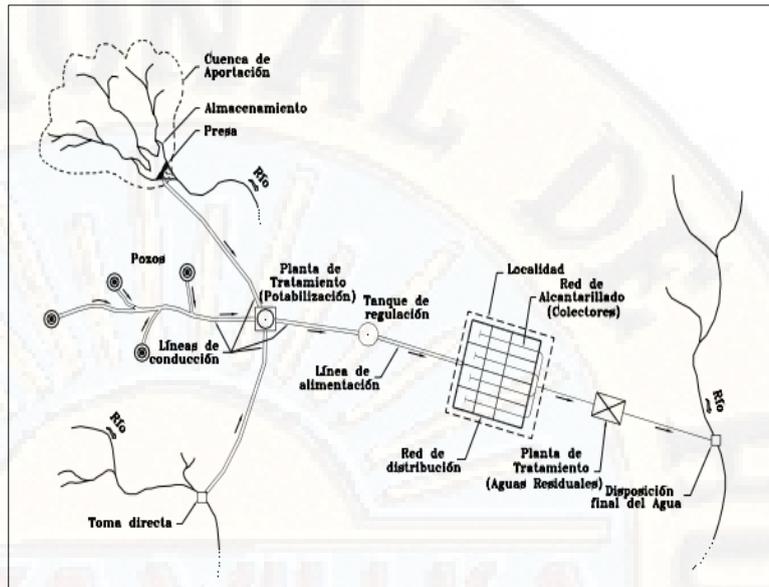


**Figura 4.** Presenta los protozoarios más comúnmente encontrados en agua contaminada.

**Fuente:** CARE International ( 2012).

### 2.3.1.2. Sistema de abastecimiento de agua potable

Es el conjunto de instalaciones y equipos utilizados para abastecer de agua a una población en forma continua, en cantidad suficiente y con la calidad y la presión necesarias para garantizar un servicio adecuado a los usuarios y usuarias (CARE International, 2012).



**Figura 5.** Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable.

**Fuente:** CARE Internacional ( 2012).

### 1. Fuente de agua

Es un espacio natural que a partir de allí se procederá captar ciertos caudales demandados para ser abastecida a la población de consumo. Deben ser mantener su continuidad y suficientes, pudiendo ser superficiales y subterráneas, suministrando el agua por gravedad o por bombeo (CARE Internacional, 2012).

### 2. Captación

Es una infraestructura donde se recoleta el agua superficial o subterráneo, natural o artificial para ser utilizado en un sistema de suministro de agua potable a una población. Según la zona, puede ser un manantial (afloramiento, naciente, nacimiento), o bien un pozo o la derivación de agua de un curso de agua como un río o lago (CARE Internacional, 2012).

### 3. Conducción

Es una red de tuberías que permiten transportar el agua cruda, ya sea a flujo libre o presión desde la obra de captación hasta los tanques de almacenamiento, planta de tratamiento o directamente hasta la red de distribución en condiciones seguras e higiénicas (CARE International, 2012).

### 4. Planta de tratamiento

Se define a la planta de tratamiento como el conjunto de estructuras, obras, equipos y materiales que sirven para: someter al agua a diferentes procesos, con el fin de purificarla y hacerla apta para el consumo humano, reduciendo y eliminando impurezas, bacterias, sustancias venenosas, turbidez, olor, sabor, etc (CARE International, 2012).

### 5. Tanque de almacenamiento

Es una estructura hidráulica de forma cuadrada, rectangular y redonda etc, que tiene como función principal es compensar las variaciones de consumo en el día, mantener y compensar las presiones en la red, así como para almacenar cierta cantidad de agua que permita atender situaciones de emergencia como incendios e interrupciones (CARE International, 2012).

### 6. Red de distribución

Es una aglomeración de accesorios, tuberías y estructuras que cumplen como medio de transporte del elemento hídrico desde tanques de almacenamiento hasta la toma domiciliaria o los hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico,

público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios y debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada (Franco, 2006).

#### **2.3.1.3. Tratamiento de agua para el consumo humano**

El agua cruda en su estado natural, sea de origen superficial o subterráneo, no puede ser utilizada para la bebida sin un adecuado tratamiento, por no encontrarse lo suficientemente pura desde el punto de vista de su calidad sanitaria. El cual en su trayecto se contamina microbiológica como bacterias, virus y parásitos. Los principales procesos de tratamiento son sedimentación, floculación, coagulación, filtración y desinfección, este último proceso es requisito obligatorio para que el agua pueda ser destinada para consumo humano, la cual frecuentemente se lleva a cabo por medio de la aplicación de cloro (Rojacques, 2015).

#### **2.3.1.4. Desinfección del agua**

Aquel en el cual se aplica de forma instantánea sustancias químicas y alguna utilización de medios físicos al agua y descartar los agentes patógenos, capaces de producir una enfermedad o infección en el hombre (Vargas, 1990). Acción que se realiza para la toma de medidas de protección y evitar riesgos de contaminación del recurso hídrico, tratamiento que debe emplearse con prioridad cuando hay contaminación del agua así también garantizar la permanencia de dicho elemento cumpliendo su potabilidad en toda la red de distribución (Bonneyoy, 2004).

### **2.3.1.5. Tipos de desinfección**

La desinfección se puede llevar a cabo mediante dos procesos diferentes:

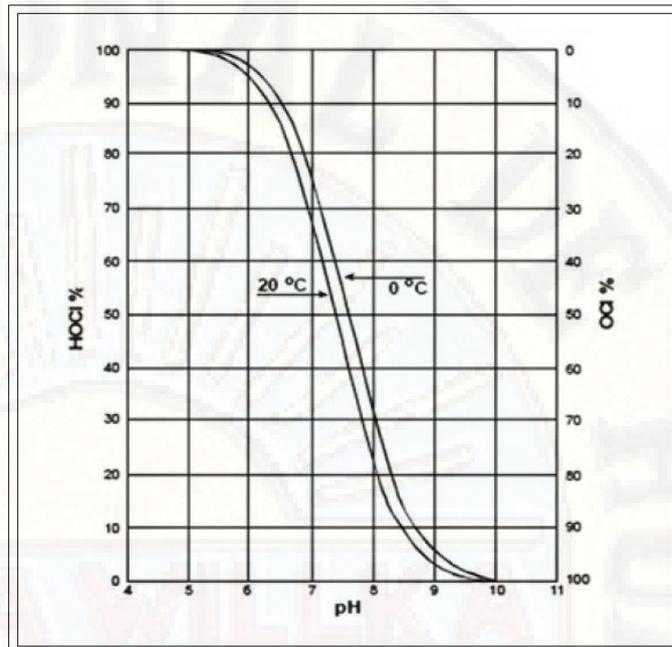
- Rayos X.
- Ozono.
- Cloro.
- Yodo.
- Peróxido de hidrógeno.
- Permanganato de potasio.

Actualmente el cloro es el método de desinfección más empleado (Rojacques, 2015).

### **2.3.1.6. Parámetros que influyen en la eficacia de la desinfección**

- Turbiedad media no exceda de 1 Unidad Nefelométrica de Turbiedad (UNT) y en ningún caso una muestra presente una turbiedad superior a 5 NTU (Bonnefoy, 2004).
- La acidez o la alcalinidad del agua afecta a la desinfección con cloro. El agua con pH básico ( $\text{pH} > 8$ ) se realiza la desinfección eficaz con una sobredosis de cloro generando mayor consumo del químico (Bonnefoy, 2004).

La desinfección es más eficiente con niveles de pH bajos debido a que favorece la formación de ácido hipocloroso, un agente alrededor de 80 veces más eficaz que el ión hipoclorito con un  $\text{pH} > 7.5$  (Comisión Nacional del Agua, 1990).



**Figura 6.** Cantidades relativas del ácido hipocloroso y del ión hipoclorito en función del pH.

**Fuente:** Comisión Nacional del Agua (1990).

- Tiempo de contacto es el tiempo necesario transcurrido para el suministro del cloro que el agua consume (Bonney, 2004).
- Características fisicoquímicas del agua: La presencia de ciertas impurezas consume parte del cloro añadido (Rojacques, 2015).
- Naturaleza de los organismos a destruir: Algunos de los microorganismos son más resistentes a la acción del cloro (Rojacques, 2015).
- Concentración de microorganismos: Cuanto mayor es el número inicial de microorganismos, mayor es el número de microorganismos después de un mismo tiempo de acción del cloro (Rojacques, 2015).

### 2.3.1.7. *Cloro*

Desinfectante con una capacidad de mayor efectividad para la destrucción de los microorganismos existentes en el agua como las bacterias, protozoarios y virus así también porque deja un efecto residual después de la desinfección que puede y debe durar hasta las conexiones de cada domicilio. De uso importante para otros efectos secundarios en la oxidación del hierro, los sulfuros de hidrógeno y el manganeso aún más en la eliminación de compuestos que generan malos olores y sabores (Álvarez, 2009).

### 2.3.1.8. *Mecanismo de acción del cloro*

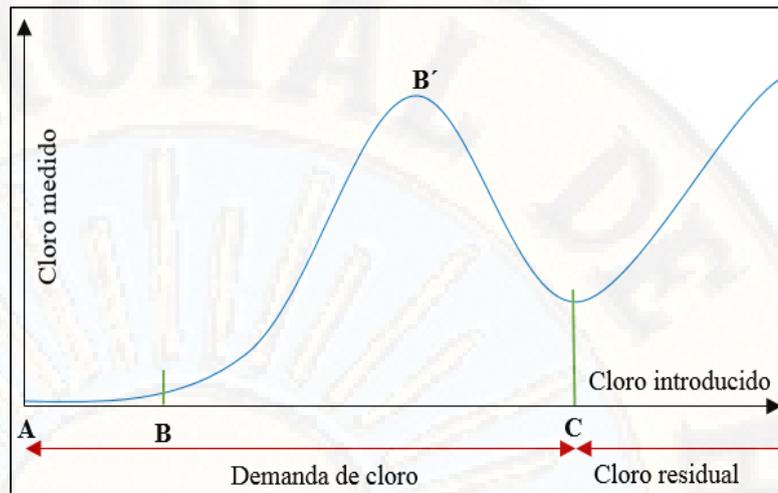
La acción germicida se produce por su gran capacidad de traspasar la pared celular del patógeno y atacar su sistema enzimático, generando la muerte del microorganismo.

Los agentes desinfectantes son el ácido hipocloroso ( $HOCl$ ) y el ión hipoclorito ( $OCl^-$ ). Donde el ácido hipocloroso, se disocia en iones hidrógeno e iones hipoclorito en la siguiente reacción reversible:



El cloro reduce el potencial de hidrogeno (pH) del agua a causa de los iones hidrógeno que se generan en la reacción del líquido elemento (Comisión Nacional del Agua, 1990).

Al suministrar el cloro en el agua, se irán produciendo sucesivamente diversas reacciones químicas como se denota en la figura 7.



**Figura 7.** Gráfica de los mecanismos de acción de cloro.

**Fuente:** Bonnefoy (2004).

La Fase AB: El cloro vertido en el recurso hídrico se combina raudamente con la materia orgánica. Consecuentemente, el residual medido se mantiene en cero. Indicando que no hay destrucción de microorganismos el cual no hay un proceso de desinfección

Fase BB': A partir del punto B, el cloro se mezcla con compuestos nitrogenados. Por lo cual ya hay una cantidad de cloro residual a ser medido ya que esta concentración no es el cloro activo sino cloraminas que reaccionan igual al cloro que al ser medidos con reactivos en los equipos de medición.

Fase B'C: Al dosificar con más cloro, se muestra que la cantidad de cloro residual que se mide con los equipos de medición, va en descenso. Notándose así que, el cloro dosificado ha servido para destruir los compuestos formados en esta fase BB'. Aquí ya no hay malos olores, pero aún falta desinfectar.

A partir del punto C, la dosificación del cloro vertido en definitiva es disponible para garantizar su función desinfectante (Bonnefoy, 2004).

### 2.3.1.9. Las diferentes formas comerciales del cloro

Los productos disponibles para realizar la desinfección del agua como el cloro gaseoso, hipoclorito de sodio o lejía, hipoclorito de calcio en la figura muestra la forma en que se presenta el producto, su contenido de cloro, estabilidad en el tiempo y su seguridad. De allí para la elección de estos productos es de acuerdo a varios parámetros, la elección de uno u otro de estos productos irá en función de diversos parámetros como la cantidad necesaria de reactivo, posibilidad de abastecimiento, facilidad de operación, seguridad (riesgos relativos al manipulaciones y almacenamiento) y costo (Bonnefoy, 2004).

**Tabla 1**

*Las diferentes formas comerciales del cloro*

	Forma en que se presenta el producto	Contenido de cloro	Estabilidad en el tiempo	Seguridad
<b>Cloro gaseoso</b>	Gas licuado a presión	99 %	Muy buena. Tener mucho cuidado con las fugas	Gas muy tóxico
<b>Hipoclorito de sodio</b>	Solución líquida amarilla	Máximo 15 %	Pérdida mensual del 2 al 4 %. Pérdida aún mayor si la temperatura supera los 30 °C	Líquido corrosivo contiene sosa
<b>Hipoclorito de calcio</b>	Sólido blando	Del 60 al 70 %	Pérdida Anual del 2 al 2.5 %	Corrosivo posible inflamación en contacto con materiales
<b>Electro cloración Chlorung</b>	Solución en NaCl	De 1 a 3 g/L tras electrodiálisis	Muy grande como NaCl	

**Fuente:** Bonnefoy (2004).

- Hipoclorito de calcio

Según Álvarez (2009) cuando el hipoclorito de calcio ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) entra en contacto con el agua a desinfectar ocurre la siguiente la reacción química:



#### **2.3.1.10. Cloro residual.**

- Cloro residual total

El cloro total resulta de suma del cloro residual libre y el cloro residual combinado, cuando la demanda es satisfecha, forma los efectos residuales. El tipo de residual (libre o combinado) es definido por el nitrógeno de amonio presente en el agua (Alcocer y Tzatchkov, 2007).

- Cloro residual combinado.

Es el cloro residual presente en agua en forma de cloraminas, el cual se forma a partir de combinación con compuestos de nitrógeno, la cantidad de cada especie de cloraminas producidas depende de la cantidad relativa de ácido Hipocloroso y amoníaco, del pH y la temperatura. También se forman por la reacción del ácido hipocloroso con aminas orgánicas presentes en el agua, el cloro residual combinado tiene propiedades de desinfección limitadas (Alcocer y Tzatchkov, 2007).

- Cloro residual libre (C.L.R)

Inestable en solución acuosa, siendo el cloro elemental que no es combinado con nitrógeno, tiene buenas propiedades de germicida (35 veces mejor que el cloro combinado), pero no permanecen en solución por mucho tiempo. Como indican Alcocer y Tzatchkov (2007) el cloro libre en forma de ácido hipocloroso contiene mayor capacidad bactericida que el ácido hipoclorito,

dependiendo la temperatura y del pH del agua. Por ello, cuando se trata de establecer la concentración de cloro libre, las muestras de agua se deben analizar seguidamente después de medir y en ningún caso almacenarlas para su análisis posterior (Organización Mundial de la Salud, 1998).

#### **2.3.1.11. Métodos de medición del cloro residual**

Se han desarrollado diferentes métodos para su medición como la prueba yodométrica que sólo debe usarse para concentraciones mayores de 1 mg/L, ortotolidina no se utiliza por su naturaleza tóxica, amperimétrico y colorimétrico, este último es el más utilizado en actualidad (Alcocer y Tzatchkov, 2007).

#### **2.3.1.12. Método colorimétrico con DPD**

Actualmente es el método más aceptable, más simple, rápido, preciso y práctico. Se basa en la intensidad de color de una solución obtenida mediante la reacción de cloro libre presente en forma de ácido hipocloroso y/o de ión hipoclorito en una muestra de agua con el reactivo DPD (N, N dietil p-fenilen diamina) formando un compuesto que se torna de color rosado violeta, cuya intensidad es proporcional a la concentración de cloro. El método se aplica tanto en equipos elementales (comparador) como en equipos de análisis más complejos (fotocolorímetro). En el proceso manual se puede utilizar cualquiera de los dos. No obstante, el fotocolorímetro presenta resultados más precisos que un comparador visual (Arboleda, 2000).

### **2.3.1.13. Marco legal institucional**

- **Ley General de Salud (Ley N° 26842)**

Esta Ley establece que la salud es condición indispensable del desarrollo humano y medio fundamental para alcanzar el bienestar individual y colectivo. Por tanto, es responsabilidad del Estado regularla, vigilarla y promoverla. En el artículo 103 se indica que la protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares que, para preservar la salud de las personas, establece la autoridad de salud competente. En el artículo 104 se señala que toda persona natural o jurídica está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente. En el artículo 105 se encarga a la autoridad de salud competente, la misión de dictar las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos para la salud de las personas derivados de elementos, factores y agente ambiental, de conformidad con lo que establece, en cada caso, la ley de la materia.

- **Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N° 27992)**

Los gobiernos locales provinciales y distritales están facultados para la gestión de la calidad del agua para consumo humano en sujeción a sus competencias de ley, que se detallan a continuación:

- Velar por la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.
- Supervisar el cumplimiento de las disposiciones del presente.

- Reglamento en los servicios de agua para consumo humano de su competencia.
- Informar a la autoridad de salud de la jurisdicción y tomar las medidas que la ley les faculta cuando los proveedores de su ámbito de competencia no estén cumpliendo los requisitos de calidad sanitaria normados en el presente reglamento.
- Cooperar con los proveedores del ámbito de su competencia la implementación de las disposiciones sanitarias normadas en el presente reglamento.

- **Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA)**

En el Perú, la calidad del agua potable se regula mediante el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, promulgado por el Ministerio de Salud-MINSA y aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Este reglamento establece, en caso se aplique la desinfección por cloración, que el agua potable no deberán contener menos de 0.5 mg/L de cloro residual libre en el noventa por ciento (90 %) del total de muestras tomadas así también el diez por ciento (10 %) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mg/L. La turbiedad deberá ser menor de 5 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

## **2.3.2. Enfermedades diarreicas agudas (EDAs)**

La Organización Mundial de la Salud (2015) define un caso de diarrea como la eliminación de tres o más evacuaciones intestinales líquidas o blandas en un período de 24 horas a menudo con vómito, fiebre y pérdida del apetito.

La diarrea es causada principalmente por agentes infecciosos como virus, bacterias y parásitos según Organización Panamericana de la Salud (2000). La mayor parte de las diarreas infecciosas se adquieren por transmisión, a través de ingestión de agua o alimentos contaminados por materias fecales.

### ***2.3.2.1. Factores determinantes en las enfermedades diarreicas agudas***

En la actualidad la Organización Mundial de la Salud (2015) define la salud ambiental que engloba factores ambientales que podrían incidir en la salud, se basa en la prevención de las enfermedades y en la creación de ambientes propicios para la salud.

Como indica Vargas (2005), el agua de consumo humano de mala calidad microbiológica transmite numerosas enfermedades, como la diarrea.

Las diarreas tienen como causas principales por una mala calidad del agua de bebida, el cual es una responsabilidad de la ingeniería sanitaria, además de deficiente nutrición, la inapropiada disposición de excretas, inadecuadas prácticas higiénicas, las últimas de esas causas podrían englobarse dentro del contexto de pobreza y de pautas culturales inapropiadas que aquejan a tantos a la población como menciona (Solsano y Méndez, 2002).

Entre los factores protectores de la enfermedad diarreica aguda se encuentran la lactancia materna durante los primeros 6 meses de vida, los hábitos higiénicos personales adecuados

como lavarse las manos y la conservación adecuada de los alimentos. Algunos estudios como menciona Cáceres, Estrada, De antonio y Peláez (2005) han demostrado que con la aplicación de estas medidas se ha logrado reducir la mortalidad por EDA en 55% y que el saneamiento ambiental puede tener más impacto en la reducción de la prevalencia de la diarrea que otras medidas, como las dirigidas a mejorar el suministro de agua.

#### **2.3.2.2. *Influencia de edad***

La enfermedad diarreica es más intensa en los niños menores de cinco años, especialmente entre los seis meses y los dos años de edad, teniendo consecuencias graves en los menores de seis meses según (Organización Panamericana de la Salud, 2000).

#### **2.3.2.3. *Mortalidad por diarrea***

La Organización Panamericana de la Salud (2000) indica que aproximadamente el 85% de las muertes por diarrea ocurren en los menores de un año, esto se debe a que la mayoría de los episodios de diarrea suceden en esta edad. La desnutrición en este grupo vulnerable es frecuente y los niños desnutridos tienen mayores posibilidades de morir en un episodio diarreico, que los que están bien nutridos. Además, los lactantes y niños menores desarrollan deshidratación más rápidamente que los niños mayores o los adultos.

#### **2.3.2.4. *Etiología***

Según la guía técnica de tratamiento de enfermedad diarreica aguda del Ministerio de Salud (2017) el principal causa de la diarrea aguda infantil es de origen viral. Las bacterias o parásitos son menos frecuentes en niños y niñas.

Los agentes patógenos que pueden causar diarrea aguda infecciosa infantil con frecuencia son:

- Virus: *Norovirus*, *rotavirus* y *adenovirus*
- Bacterias: *Shigella sp*, *Campylobacter jejuno*, *Salmonella no typhi*, *E. coli enterotoxígenica*, *E. coli enteroadherente*, *E. coli enteropatógena*, *E.coli* productora de *sig* *toxina* o *E. coli enterohemorrágica*, *Vibrio cholerae*, *Aeromonas sp*.
- Parásitos: *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*, *Isospora belli*, *Cyclospora cayetanensis*, *Entamoeba histolytica* y *Blastocystis hominis*.

#### **2.3.2.5. Fisiopatología**

Para la ocurrencia de diarrea infecciosa, los patógenos colonizan el epitelio intestinal y se adhiere a las células, dependiendo del patógeno, ocurre la producción de toxinas (citotoxinas o enterotoxinas) o invasión de la mucosa intestinal. Las enterotoxinas usualmente alteran la función de las proteínas transportadoras que ocasionan la pérdida de agua y electrolitos (sodio, potasio) a través de las heces. En la invasión mucosa intestinal ocurre un proceso inflamatorio que causa daño en las células epiteliales intestinales y en la submucosa produciendo exudación de moco, proteínas y sangre hacia la luz del intestino (Ministerio de Salud, 2017).

#### **2.3.2.6. Factores de riesgo y protectores**

Como indica en la guía Ministerio de Salud (2017) la diarrea es multifuncional, principalmente se debe inadecuadas socio-sanitarias e higiene, lo que ocasiona la ingesta de alimentos o agua contaminada microbiológicamente. Entre los principales riesgos asociados son:

a. Medio Ambiente y Sociales

- Familias que habitan en saneamiento ambiental deficiente y presencia de animales domésticos en el hogar de niño(a).
- Familias con niveles socioeconómicos bajo.
- Bajo grado de instrucción de los cuidadores, especialmente de la madre o cuidadora principal.
- Madres adolescentes.

b. Estilo de vida e higiene

- Consumo de agua y alimentos contaminados
- Práctica inadecuada del lavado de manos
- Inadecuada higiene personal, familiar, comunitaria y hogar
- Lactancia materna no exclusiva en menores de 6 meses.

c. Factores relacionados a la persona

- Niño (a) menores de 2 años
- Niño (a) con desnutrición o anemia en cualquier grado.

d. Factores protectores

- Lactancia materna exclusiva durante los primeros 6 meses de vida.
- Alimentación complementaria adecuada a partir de los 6 meses.
- Medidas higiénicas adecuadas.

### 2.3.2.7. Tipos clínicos de enfermedades diarreicas agudas

Según la guía de Organización Panamericana de la Salud (2000) desde el punto de vista práctico se clasifican en:

a. Diarrea aguda acuosa

Es aquel episodio de diarrea que empieza de manera aguda y tarda menos de 14 días. Se manifiesta por la presencia de tres o más deposiciones líquidas o semilíquidas sin sangre visible, que puede acompañarse de vómito, fiebre, irritabilidad y disminución del apetito. La mayoría de las veces este cuadro se resuelve en menos de 7 días. Los agentes más implicados en este tipo de diarrea son: *rotavirus*, *E. Coli entertoxigénica*, *Shigella*, *Campylobacter jejuni* y *Cryptosporidium*. Es la más común de todas las clases de diarrea, la mayoría de los casos son autolimitados, recuperándose en unos pocos días con la aplicación de la terapia de rehidratación oral (Organización Panamericana de la Salud, 2000).

b. Diarrea aguda con sangre o disintérica

Son aquellos casos de diarrea que se acompañan de sangre visible en las heces. Se manifiesta además por anorexia, pérdida rápida de peso y daño de la mucosa intestinal causado por invasión de bacterias. Los agentes más comunes implicados en este tipo de diarreas son: *Shigella*, *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*, *E. coli enteroinvasora*. Aunque la *Entamoeba histolytica* puede causar disentería grave en adultos jóvenes, es una causa muy rara en niños (Organización Panamericana de la Salud, 2000).

### 2.3.2.8. Código de diagnóstico de enfermedades diarreicas agudas

La Organización Mundial de la Salud (2015) clasifica las enfermedades según el instrumento estadístico denominando la clasificación internacional de enfermedades, 10.<sup>a</sup> edición (CIE-10), en ello se basan los Ministerios de Salud a nivel internacional, nacional y local para clasificar las enfermedades según su codificación ya establecida, en ello las enfermedades infecciosas intestinales se encuentran codificadas en rango de A00 al A09, en función a ello en Perú, tiene clasificada de manera específica como guía de tratamiento de diarreas infantiles, de identificar el agente etiológico, lo utilizan su codificación correspondiente, la descripción de códigos se detalla en la tabla siguiente.

**Tabla 2**

*Código de diagnóstico de enfermedades diarreicas agudas*

CIE X	Diagnóstico
A090	Otras gastroenteritis y colitis no especificadas de origen infeccioso
A049	Infección intestinal bacteriana, no especificada
A099	Gastroenteritis y colitis de origen no especificada
A084	Infección intestinal viral, sin otra especificación (enteritis, gastroenteritis y gastroenteropatía)
A009	Cólera, no especificada
E86	Deshidratación /depleción de volumen
R571	Choque hipovolémico

**Fuente:** Ministerio de Salud (2017).

### 2.3.2.9. Causas de las enfermedades diarreicas agudas

#### a. Infección

La diarrea es un signo de infecciones ocasionadas por diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos, la mayoría de los cuales se transmiten por agua con contaminación fecal. La infección es más común cuando hay escasez de agua limpia para beber, cocinar y lavar. Las dos causas más comunes en países en desarrollo son

los *rotavirus* y *Escherichia coli* (Organización Mundial de la Salud, 2017).

b. Malnutrición

Los infantes menores de 5 años que mueren por diarrea suelen padecer malnutrición, lo que les hace más vulnerables a las enfermedades diarreicas. A su vez, cada episodio de diarrea empeora su estado nutricional. La diarrea es la segunda mayor causa de malnutrición en este grupo etario más vulnerables (Organización Mundial de la Salud, 2017).

c. Fuente de agua

El agua contaminada con heces fecales procedentes, por ejemplo, de aguas residuales, letrinas, es particularmente peligrosa. Las heces de animales también contienen microorganismos capaces de ocasionar enfermedades diarreicas, en donde la fuente de agua se encuentra en la cabecera de una cuenca, cabe señalar que el material fecal animal es infiltrado ya sea a aguas superficiales o subterráneas en épocas de lluvia (Organización Mundial de la Salud, 2017).

d. Otras causas

Las enfermedades diarreicas pueden también transmitirse de persona a persona, en particular en condiciones de higiene personal deficiente. Los alimentos elaborados o almacenados en condiciones antihigiénicas son otra causa principal de diarrea. Los alimentos pueden contaminarse por el agua de riego, y también pueden ocasionar enfermedades diarreicas el pescado y marisco de aguas contaminadas (Organización Mundial de la Salud, 2017).

### **2.3.2.10. Manejo clínico de enfermedades diarreicas agudas**

Según la guía de Organización Panamericana de la Salud (2000) como primer paso del manejo clínico de EDAs se realiza la evaluación del paciente y luego se analiza el estado de hidratación, a continuación se detalla cada proceso mencionado:

#### **1) Evaluación del paciente**

La atención cuidadosa e integral al paciente y realizar una historia clínica incluya la clasificación y determinación del tratamiento adecuados.

La frecuencia o el volumen de las deposiciones, vómitos no ayudan a determinar el estado de hidratación del paciente, pero indican la intensidad de la enfermedad y deben tenerse en cuenta para prevenir la deshidratación. La diarrea infecciosa aguda suele ser de evolución limitada y se resuelve habitualmente para el momento en que el paciente solicita atención médica.

#### **2) Evaluación de estado de hidratación**

Independientemente del germen causal, la orientación terapéutica de cada caso de diarrea debe basarse en la evaluación del estado de hidratación del paciente. Para ello se han seleccionado los signos que se presentan en el Tabla 3. Este tiene cuatro columnas verticales, en la primera columna a la izquierda, enumera los signos físicos de deshidratación que siempre deberán buscarse. Las tres columnas siguientes rotuladas: A, B y C, describen cómo aparecen estos signos según el estado de hidratación del paciente, o sea, desde la ausencia de signos de deshidratación hasta el estado grave.

**Tabla 3***Examen físico de estado de hidratación*

	Plan A	Plan B	Plan C
	1ro observe		
condición general	bien alerta	intranquilo, irritable	letárgico, comatos, hipotónico e inconsciente
ojos	normales	hundidos	muy hundidos
sed	bebe normalmente sin sed	sediento, bebe con avidez	bebe mal o no puede beber
	2do examine		
signos de pliegue cutáneo	desaparece rápidamente	desaparece lentamente	desaparece muy lentamente (más de 2 minutos)
	3ro decida		
	no tiene signos de deshidratación	si presenta dos o más signos tiene deshidratación	si presenta dos o más signos tiene deshidratación grave
	4to trate		
	use plan A	use plan B	use plan C

**Fuente:** Guía de atención integrada a las enfermedades prevalentes de la Infancia de O.P.S (2000).

El propósito de la clasificación es unificar criterios de diagnóstico del estado de hidratación con el fin de facilitar el manejo correcto del paciente con diarrea en todos los niveles de atención. Como se sabe, la Terapia de Rehidratación Oral (TRO) es efectiva en más del 95 % de los niños deshidratados por diarrea, de acuerdo la gravedad del paciente, existe tres planes de atención como es el plan A consiste en el tratamiento de pacientes con diarrea en ausencia de signos de deshidratación, plan B tratamiento al niño con algún grado de deshidratación con Sales de Rehidratación Oral (SRO) y plan C tratamiento rápido al niño con deshidratación grave o shok.

### **2.3.2.11. Estrategia para prevenir y tratar la diarrea**

De acuerdo el informe de la Organización Panamericana de la Salud (2000) el acceso al agua salubre y las buenas prácticas higiénicas son extremadamente eficaces para prevenir la diarrea infantil. El lavado de las manos con jabón reduce la incidencia de las enfermedades diarreicas en más de un 40 %, convirtiéndose así en una de las intervenciones más costo eficaz para reducir las muertes infantiles por esta enfermedad desatendida.

No obstante, a pesar de los conocidos beneficios de la mejora del suministro de agua y del saneamiento, aproximadamente un 88 % de los casos mundiales de enfermedad diarreica son atribuibles al agua insalubre, el saneamiento insuficiente y la mala higiene. Se ha calculado que en 2006 había 2.5 millones de personas que carecían de instalaciones sanitarias mejoradas y que aproximadamente una cuarta parte de la población de los países en desarrollo defecaba al aire libre.

## **2.4. Definición de términos**

- Afloramiento. - Es el ascenso de agua de niveles más profundos, más fría y rica en sales nutrientes (nitratos, fosfatos y silicatos). Esta agua sustituye al agua superficial, más cálida y generalmente más pobre en nutrientes, que ha sido desplazada por la acción del viento (DIGESA, 2011).
- Agua de consumo humano.- Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal (DIGESA, 2011).
- Bacteria.- Pequeños microorganismos unicelulares, que se reproducen por la fisión de esporas (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Biofilm o biopelícula.- Población de varios microorganismos, contenidos en una capa de productos de excreción, unida a una superficie (Alcocer y Tzatchkov, 2007).

- Calidad del agua.- Es la determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano establecidos en el presente Reglamento (DIGESA, 2011).
- Colitis.- Inflación del colon (Ministerio de Salud, 2017).
- Cloraminas.- Derivados de amoníaco por sustitución de uno, dos o tres átomos de hidrógeno con átomos de cloro y todos los compuestos orgánicos nitrogenado (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Cloro combinado.- Es la fracción de cloro total presente en forma de cloraminas o cloraminas orgánicas (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Cloro total.- Es la concentración de cloro, tanto libre como combinado, que se mide tras un período de tiempo determinado en aguas sometidas a cloración (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Curva de variación de la demanda. - Es la ley de variación horaria de la demanda a lo largo de día, se obtiene a partir de mediciones de presiones en la red. La relación entre el gasto instantáneo y el gasto promedio en el día (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Decaimiento.- Proceso mediante el cual un constituyente o sustancia presenta variaciones en su concentración producto de efectos mecánicos, temporales y químicos (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Demanda. - Volumen total de agua requerido por una población para satisfacer todos los tipos de consumo, incluyendo las pérdidas del sistema. En calidad del agua la demanda se define como la diferencia entre la dosis de cloro que se aplica y el cloro residual libre que existe al finalizar el tiempo de contacto. También se define como la cantidad de cloro consumido en reacción química en mg/L (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Desinfección.- Significa el procedimiento mediante el cual se adoptan medidas sanitarias para controlar o eliminar agentes infecciosos presentes en la superficie de un cuerpo humano o animal o en equipajes, cargas, contenedores, medios de transporte, mercancías o paquetes

postales mediante su exposición directa a agentes químicos o físicos (OMS, 2016).

- Dosis. - La cantidad de una sustancia a la que se expone una red de distribución durante un período de tiempo. En general, cuanto mayor es la dosis, mayor es la probabilidad de un efecto nocivo o benéfico (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Enteritis.- Inflamación del intestino delgado (Ministerio de Salud, 2017).
- Gastroenteritis.- Infección de tracto digestivo caracterizado por diarrea con o sin vómitos (Ministerio de Salud, 2017).
- Gastroenterocolitis o enterocolitis.- Inflamación del intestino delgado y grueso (Ministerio de Salud, 2017).
- Halogenados. - Son un grupo de elementos que se encuentran ubicados en grupo 17 de la tabla periódica. El grupo se encuentra formado por los elementos flúor, cloro, bromo, yodo y astato. También son conocidos como formadores de sales (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Límite máximo permisible.- Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua (DIGESA, 2011).
- Mezcla de agua.- Varios elementos, compuestos o ambos, que son mezclados con el agua, durante un proceso de tratamiento de aguas (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Muestra.- Porción representativa de las condiciones naturales de un cuerpo de agua (DIGESA, 2011).
- Monitoreo.- Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos señalados en el presente reglamento y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua (DIGESA, 2011).
- Oxidación.- Pérdidas de electrones de un elemento, ión o compuesto por la acción del oxígeno u otro agente oxidante (Alcocer y Tzatchkov, 2007).

- Parámetros microbiológicos.- Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano-Perú, 2011).
- Protección microbiana.- Son los mecanismos de protección contra la multiplicación de microorganismos como las bacterias, algas, diatomeas, plancton, y fungís (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- pH.- Medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia. Es el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. Una escala numérica utilizada para medir la acidez y basicidad de una sustancia (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Punto de reinyección.- Lugar de la red usado para inyectar una solución química durante el tratamiento del agua (Alcocer & Tzatchkov, 2007).
- Reactivos.- Son las sustancias que tenemos antes que se produzca la reacción (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Sales de rehidratación oral (SRO).- Son un compuesto de sales que se administra en casos de deshidratación por diarrea (Ministerio de Salud, 2017).
- Sustancia no conservativa.- Solutos que presentan una variación (disminución o aumento) en su concentración, originada por la reacción (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Tiempo de residencia.- Intervalo de tiempo que permanece un elemento de un lugar específico (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Trihalometanos.- Compuesto generado por la oxidación de la materia orgánica en presencia de cloro (Alcocer y Tzatchkov, 2007).
- Vigilancia.- Significa la compilación, comparación y análisis de datos de forma sistemática y continua para fines relacionados con la salud pública (OMS, 2016).

## **2.5. Hipótesis**

### **2.5.1. Hipótesis general**

- Existe una relación inversa y significativa entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

### **2.5.2. Hipótesis específicas**

- El cloro residual libre se encuentra menor a 0.5 mg/L en el 90 % de viviendas y en el 10 % restante es mayor o igual a 0.3 mg/L en las muestras de agua potable según sistema de abastecimiento en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.
- Existe casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.
- Algunos de los barrios superan 10 casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años según sistema de abastecimiento de agua potable, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019

## **2.6. Variables**

### **2.6.1. Variables independientes**

- Cloro residual libre en agua potable.

### **2.6.2. Variable dependiente**

- Los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años.

### **2.6.3. Variables intervinientes**

- Dosis de cloro
- Turbiedad

## 2.7. Operacionalización de variables

**Tabla 4**

*Operacionalización de variables estudiadas*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad	Instrumento
<b>Variable independiente</b>						
Cloro residual libre en agua potable.	La concentración de cloro residual libre es un indicador para garantizar la calidad microbiológico del agua potable (Hamdy et al., 2014).	Se determinó realizando las mediciones “in situ” en los 32 puntos de monitoreo establecidos en las conexiones intradomiciliarias, empleando el equipo colorímetro digital y los resultados se comparó con Límite Máximo y Mínimo Permisible de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031.2010-SA).	Parámetro químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mayor o igual a 0.5 mg/L en el 90% de viviendas</li> <li>• mayor o igual a 0.3 mg/L en el 10% de viviendas</li> </ul>	mg/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fotómetro</li> </ul>
<b>Variable dependiente</b>						
Los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años	La diarrea es la deposición de tres o más veces al día (o con una frecuencia mayor que la normal para la persona) de heces sueltas o líquidas, que puede ser ocasionada por diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos que contiene el agua de consumo humano (Boletín Epidemiológico, 2012).	Se determinó solicitando a la oficina de Estadística del Centro de Salud – Yauli, el registro clínico de los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años de la base datos del Registro de Sistema de Información de	Enfermedades diarreicas Agudas Acuosa (A090 y A09X)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deposiciones líquidas o semilíquidas sin sangre ni moco que dura menor a 7 días</li> <li>• Vómito</li> <li>• Fiebre (Temperatura corporal <math>\geq 36^{\circ}\text{C}</math>)</li> </ul>	Número de niños menores de 5 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Registro de Sistema de Información de Salud (His Report) del año 2018 y 2019 del Centro de Salud – Yauli.</li> </ul>

	<p>Salud (His Report) del año 2018 y 2019, asimismo se realizó la prueba de tamizaje con la historia clínica de cada niño para constatar el factor de causa de las enfermedades diarreicas agudas (EDAs).</p>	<p>Enfermedades diarreicas Agudas Disentérica (A049)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deposiciones con Sangre y moco</li> <li>• Vómito</li> <li>• Fiebre (Temperatura corporal <math>\geq 36^{\circ}\text{C}</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Historia clínica de niños de 5 años con EDAs del Centro Salud de Yauli.</li> </ul>
		<p>Barrios del área urbana del distrito de Yauli</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capillapata</li> <li>• Centro</li> <li>• Cebadapata</li> <li>• Miraflores</li> <li>• Florida</li> <li>• Ccescehuaycco</li> <li>• Mollepampa</li> </ul>	<p>Número de casos de niños menores de 5 años con EDAs por barrio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano catastral</li> </ul>
Dosis de cloro	<p>La cantidad del compuesto químico para la desinfección del agua durante un periodo de tiempo para la acción germicida. (Fustamante, 2017)</p> <p>También se define como el suministro de cloro en cantidad de (mg/L) que reacciona químicamente. Cuando la demanda sea satisfecha, no será usado más cloro de lo necesario, ya que la cantidad de cloro agregada de más formará un residual. (V. Alcocer y Tzatchkov, 2007)</p>	<p><b>Variable interviniente</b></p> <p>La dosis de cloro es demanda de cloro en (mg/L) más cloro residual libre (mg/L) para la desinfección del agua, se procedió el aforamiento el caudal del agua a desinfectar (L/s), caudal de solución clorada y el peso de hipoclorito de calcio.</p>	<p>Parámetro químico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medida de dosis de cloro</li> </ul>	<p>mg/L</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de campo</li> </ul>
Turbiedad	<p>Es la presencia de pequeñas partículas suspendidas en el agua, elevados niveles de turbiedad pueden proteger al microorganismo de los efectos de la desinfección y estimular la proliferación de bacteria (Valdivia, 2017).</p>	<p>Se realizó las mediciones en la unidad de sistema de cloración y los resultados se comparó con Límite Máximo y Mínimo Permisible de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031.2010-SA).</p>	<p>Parámetro físico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medida de Turbiedad</li> </ul>	<p>Unidad Nefelométrica de Turbiedad (UNT)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo turbidímetro</li> </ul>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Ámbito temporal y espacial**

##### **3.1.1. Ámbito temporal**

La toma de muestras de agua para el análisis de cloro residual “in situ” en los puntos de monitoreo establecidos y obtención de información de datos clínicos de EDAs en niños menores de 5 años del Centro de Salud de Yauli fue realizado durante la primera y segunda quincena de los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018 y los meses de enero, febrero, marzo del 2019.

**Tabla 5**

*Cronograma de ejecución del proyecto de investigación*

Actividades	Año 2018-2019																							
	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Ejecución del proyecto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Identificación de los puntos de monitoreo y autorización para el ingreso a las conexiones	X																							
Georeferenciación de los puntos de monitoreo	X																							
Toma de muestras y análisis en campo (in situ)		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X
Obtención de registro de casos de EDAs en niños menores de 5 años de la oficina de estadística del centro de salud Yauli				X				X				X				X				X				X
Prueba de tamizaje						X				X				X				X				X		
Sistematización de datos				X				X				X				X				X				X

**Fuente:** Elaborado por los autores.

### 3.1.2. **Ámbito espacial**

Se realizó el área urbana del distrito de Yauli, georreferenciado con las coordenadas UTM: 516124.25 m E, 8588156.59 m y una altitud de 3385 m.s.n.m. de clima templado.

Ubicación políticamente:

Departamento: Huancavelica

Provincia : Huancavelica

Distrito : Yauli

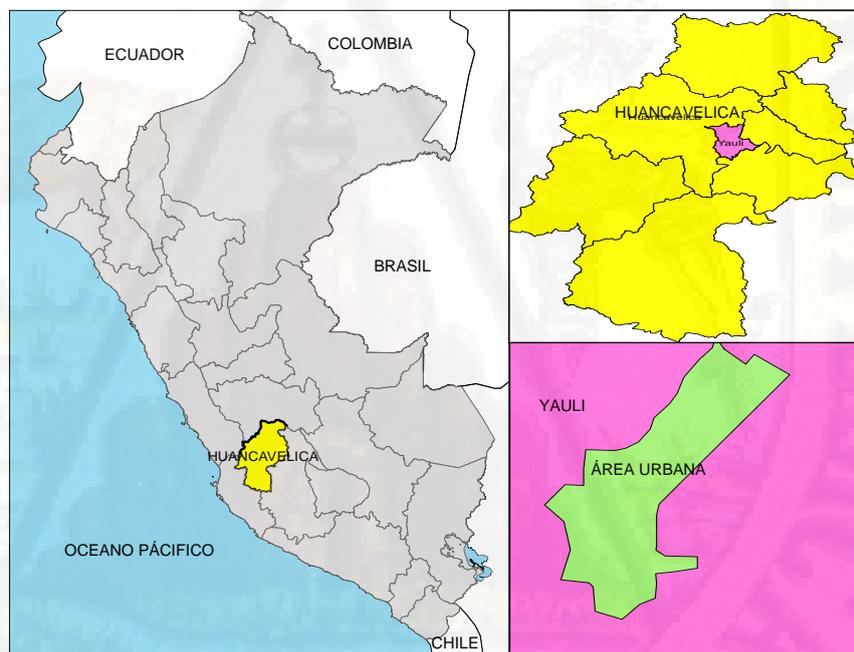
El área de estudio se encuentra limitado:

Por el Norte : comunidad Antaymisa.

Por el Sur : comunidad Matipaccana.

Por el Este : comunidad de Ambato.

Por el Oeste : distrito de Huancavelica.



**Figura 8.** Localización geográfica del ámbito de estudio.

**Fuente:** Elaborado por los autores.



**Figura 9.** Ubicación geográfica del área urbana del distrito de Yauli.

**Fuente:** Google Earth Pro (2019).

### **3.2. Tipo de investigación**

El proyecto es una investigación básica según Hernández *et al.*, (2014) por lo que busca acrecentar los conocimientos para el progreso de una ciencia, sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas. Es decir, con la investigación se determinó la calidad de agua que consume la población del área urbana del distrito de Yauli en parámetro de cloro residual libre, el mismo a los gobiernos locales les permitirá implementar acciones de mejora y gestión para brindar agua de buena calidad en cumplimiento con la normatividad peruana.

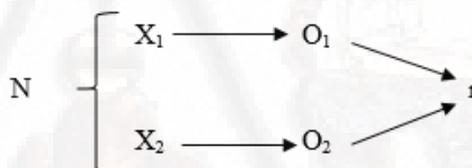
### **3.3. Nivel de investigación**

El proyecto de investigación es de nivel correlacional según Hernández *et al.*, (2014) consiste en evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, mediante pruebas de hipótesis correlacionales y la aplicación de técnicas estadísticas. La investigación correlacional consiste en determinar la relación entre cloro residual libre en agua potable y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años.

### 3.3.1. Diseño de investigación

La presente investigación tiene un diseño no experimental – transversal de tipo correlacional, según Hernández et al., (2014) en un diseño no experimental la investigación se realiza, sin manipular deliberadamente las variables, solo se observa el fenómeno tal como se dan en su entorno natural. Dentro del cual encontramos una clasificación por su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo, el diseño de investigación transversal, ésta recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. A su vez encontramos los diseños transversales correlacionales, ya que describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado únicamente en términos correlacionales.

Para realizar un adecuado trabajo se utilizó el siguiente esquema.



Dónde:

N: Muestra (32 puntos de monitoreo de cloro residual)

X<sub>1</sub>: Cloro residual libre en agua potable.

X<sub>2</sub>: Casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años.

O<sub>1</sub>: Observación 1.

O<sub>2</sub>: Observación 2.

r: Correlación entre las variables.

### 3.3.2. Método de investigación

#### 3.3.2.1. Método descriptivo

En el proyecto de investigación se utilizó el método descriptivo para el análisis e interpretación de los datos

obtenidos de concentración de cloro residual libre y los casos de EDAs en niños menores de 5 años (Hernández et al., 2014).

### **3.3.2.2. Método inferencial**

En el proyecto de investigación se utilizó el método inferencial para determinar la calidad de agua potable que consume los habitantes de los 7 barrios de estudio del área urbana en el distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019 a partir de la muestra (Hernández et al., 2014).

### **3.3.2.3. Método estadístico.**

Se utilizó el método estadístico debido a que este, permite el proceso de obtención, representación, simplificación, análisis, interpretación y proyección de las características, variables o valores numéricos del presente proyecto de tesis mediante software estadístico (Hernández et al., 2014).

## **3.4. Población, muestra y muestreo**

### **3.4.1. Población**

El agua de consumo humano del área urbana del distrito de Yauli, son abastecidas de una fuente superficial y subterráneo que se ubican en el centro poblado de Mosocancha a unos 2 km aproximadamente del distrito, transportado mediante la línea de conducción a una planta de tratamiento, el agua clorada es almacenado en un reservorio circular y distribuido mediante la red de distribución sumistrada a las conexiones intradomiciliarias de los usuarios. Los barrios que se abastecen del sistema de agua potable N° 1 que administra la municipalidad son Capillapata, Centro, Cebadapata, Miraflores y Florida, el sistema de agua potable N° 2 que administra la Junta Administrativa de Servicio de Saneamiento son los barrios Ccescehuaycco y Mollepampa.

Para esta investigación la población fueron 968 conexiones intradomiciliarias de agua potable (grifos de agua) de los 7 barrios del área urbana, determinado según el plano catastral del sistema de agua potable.

### **3.4.2. Muestra**

Para la presente investigación la muestra fueron 32 conexiones intradomiciliarias de agua potable (grifos de agua) denominados como puntos de monitoreo, establecidas en los 7 barrios del área urbana.

Los puntos de monitoreo se consideraron de acuerdo a los criterios de protocolo de procedimiento para la toma de muestra, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano de Ministerio de Salud (R.D N 160-2015 / DIGESA / S.A), en donde para la ubicación de los puntos de monitoreo se incluyeron los criterios siguientes:

- A la salida de sistema de tratamiento de agua.
- A la salida de infraestructura de almacenamiento (reservorio)
- En la primera vivienda de red de distribución.
- En las áreas intermedias y extremos lejanos de red de distribución.
- En los sectores de mayor riesgo del sistema de distribución por posible contaminación del agua para consumo humano.
- En las zonas que presenta bajas presiones en horas de mayor consumo
- En zonas donde se presentan permanentes fallas de servicio, por roturas de tuberías, debido a su antigüedad.
- En la última vivienda de red de distribución.

Los puntos de muestreo o monitoreo identificados se muestran en la tabla 6, los mismos se encuentran en la tabla 7 georreferenciados y para mayor comprensión se adjunta plano de puntos de monitoreo ver el **apéndice 2**.

**Tabla 6***Los puntos de monitoreo en las conexiones intradomiciliarias*

Ítem	Sistema de agua potable	Barrio	Manzana	Lote	Dirección	Puntos de muestreo
1			B	16	Jr. Victoria de Ayacucho	PM-1
2			D	5	Jr. Anchas	PM-2
3			F	10	Jr. Chopcca	PM-3
4			F	4	Jr. Cahuide	PM-4
5			L1	1	Entre Jr. Cahuide Y Bolognesi	PM-5
6		Capillapata	H	6	Jr. Bolognesi	PM-6
7			J	1	Jr. Jorge Chávez	PM-7
8			B	8	Entre Jr. Jorge Chávez y Victoria de Ayacucho	PM-8
9			A	7	Jr. Jorge Chávez	PM-9
10			C	1	Entre Jr. Callao y Unión	PM-10
11		Centro	W	2	Jr. Anchas	PM-11
12			N	4	Jr. Huancavelica	PM-12
13			P	13	Jr.23 de junio	PM-13
14		Cebadapata	H	11	Jr.23 de junio	PM-14
15		Centro	H1	11	Av. Ferrocarril	PM-15
16		Miraflores	Y	12	Av. Ferrocarril	PM-16
17	N°1	Cebadapata	M	6	Jr. Huancavelica	PM-17
18			A	3	Jr. San Martín de Porras	PM-18
19			L	7	Jr. Huancavelica	PM-19
20		Miraflores	G1	4	Jr. Miguel Grau	PM-20
21			Y	19	Jr. Miguel Grau	PM-21
22			T	4	Jr. Fernandini	PM-22
23			S	3	Calle S/ N	PM-23
24		Florida	E	7	Calle Zanjón	PM-24
25			H	4	Calle Central	PM-25
26	N°2	Ccescehuaycco	L	15	Jr. Ambato	PM-26
27			J	8	Entre Jr. Jorge Chávez y Guamán Poma	PM-27
28			M	9	Jr. Callao	PM-28
29		Mollepampa	E	3	Entre Jr.23 de junio y Jr. Ambato	PM-29
30		Ccescehuaycco	H	16	Jr. Callao	PM-30
31		Mollepampa	A	7	Jr.23 de junio	PM-31
32			K	1	Entre Jr.23 de junio y atahualpa	PM-32

**Fuente:** Elaborado por los autores.

**Tabla 7**

*Georreferenciación de los puntos de monitoreo de cloro residual libre en las viviendas del área urbana del distrito de Yauli*

Sistema de agua potable	Barrios	Dirección	Puntos de Monitoreo	Coordenadas UTM		Cota m.s.n.m
				Norte	Este	
N°1	Capillapata	Jr. Victoria de Ayacucho	PM-1	8588169	516342	3668
		Jr. Anchas	PM-2	8588131	516313	3466
		Jr. Chopcca	PM-3	8588074	516350	3464
		Jr. Cahuide	PM-4	8588106	516325	3451
		Entre Jr. Cahuide Y Bolognesi	PM-5	8588020	516356	3443
		Jr. Bolognesi	PM-6	8588021	516259	3434
		Jr. Jorge Chávez	PM-7	8587959	516264	3425
		Entre Jr. Jorge Chávez y Victoria de Ayacucho	PM-8	8588186	516262	3443
		Jr. Jorge Chávez	PM-9	8588155	516249	3435
		Entre Jr. Callao y Unión	PM-10	8588424	516334	3462
	Centro	Jr. Anchas	PM-11	8588157	516209	3424
		Jr. Huancavelica	PM-12	8588251	516211	3425
		Jr.23 de junio	PM-13	8588232	516179	3415
	Cebada pata	Jr.23 de junio	PM-14	8588584	516319	3406
	Centro	Av. Ferrocarril	PM-15	8587913	516132	3416
	Miraflores	Av. Ferrocarril	PM-16	8588166	516134	3408
	Cebada pata	Jr. Huancavelica	PM-17	8588254	516113	3413
		Jr. San Martín de Porras	PM-18	8588399	516102	3410
		Jr. Huancavelica	PM-19	8588284	516060	3425
	Miraflores	Jr. Miguel Grau	PM-20	8587983	516059	3404
		Jr. Miguel Grau	PM-21	8588124	516101	3399
		Jr. Fernandini	PM-22	8588174	516087	3405
		Calle S/ N	PM-23	8588171	516048	3392
	Florida	Calle Zanjón	PM-24	8587697	516181	3508
		Calle Central	PM-25	8587799	516159	3500
N°2	Ccescchuycco	Jr. Ambato	PM-26	8588641	516734	3503
		Entre Jr. Jorge Chávez y Guamán Poma	PM-27	8588669	516591	3474
		Jr. Callao	PM-28	8588775	516616	3457
		Entre Jr.23 de junio y Jr. Ambato	PM-29	8588876	516723	3453
	Ccescchuycco	Jr. Callao	PM-30	8588633	516447	3445
	Mollepampa	Jr.23 de junio	PM-31	8588689	516411	3429
		Entre Jr.23 de junio y Atahualpa	PM-32	8588810	516408	3417

**Fuente:** Elaborado por los autores.

### **3.4.3. Muestreo**

En la investigación se utilizó la técnica de muestreo no probabilístico donde se selecciona las muestras en base a un conocimiento y juicio del investigador, es decir empleando los criterios de la guía de protocolo de procedimiento para la toma de muestra, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano de Ministerio de Salud (R.D N°160-2015/DIGESA/SA), en donde menciona que para el análisis de los parámetros de cloro residual libre y turbiedad se recolecta una muestra de agua de 10 mL.

## **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.5.1. Técnicas de recolección de datos**

La técnica utilizada en el presente proyecto de tesis fue la observación, para el diagnóstico situacional de los diferentes componentes del sistema de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli.

La toma de muestra de agua potable para el análisis de cloro residual libre y turbiedad se empleó la técnica de muestreo puntual, es decir es un momento determinado

### **3.5.2. Instrumentos de recolección de datos en campo**

Para la presente investigación fue utilizado los siguientes instrumentos: fotómetro medidor de cloro libre, turbidímetro, GPS y ficha de registro de datos en campo, a continuación, se describe especificaciones técnicas de los instrumentos:

- **Fotómetro medidor de cloro residual libre**

Es un instrumento de marca Milwaukee y modelo MI411, el cual está basado en un microprocesador con mayor confiabilidad para medir cloro residual libre, tiene una lámpara de tungsteno, fotocelda de silicio de 525 nm y filtro de interferencia, opera con batería de 9 voltios. Incluye 2 cubetas de muestra con tapones y una solución

buffer de calibración del equipo (líquido DPD3). Posee un rango de medición de 0.00 a 5.00 mg/ L, una resolución de: 0.01 mg/l (0.00 a 3.50 mg/L); 0.10 mg/L (encima de 3.50 mg/L) y precisión de cloro libre  $\pm 0.04$  mg/L @ 1.50 mg/L, el equipo está validado con el método colorimétrico-DPD adaptado de USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos). Para la medición de cloro residual libre se utilizó el reactivo DPD en polvo para una muestra de 10 ml adquirida del laboratorio “R-CHEMICAL”.



**Figura 10.** Fotómetro digital, cubetas de muestra y sobres de reactivo DPD.

- **El turbidímetro de marca “LaMotte-2020we”**

El instrumento es confiable y preciso, el medidor utiliza una configuración óptica multidetector que asegura la estabilidad a largo plazo y minimiza la luz difusa y las interferencias de color. También cuenta con un sencillo funcionamiento controlado por menú, algoritmos de calibración avanzados y una pantalla LCD retroiluminada incluye: 0, 1 y 10 estándares de turbiedad UNT (turbo estándar) para calibrar, cuatro frascos de muestra de 10 ml, cable USB, enchufe de pared USB y estuche de transporte impermeable. Tiene un rango: 0 a 4000 UNT, precisión:  $\pm 0.05$  UNT de 0 a 2.5 UNT;  $\pm 2\%$  de 2.5 a 100 UNT;  $\pm 3\%$  por encima de 100 UNT y Resolución: 0.01 UNT de 0 a 10.99 UNT; 0.1 UNT de 11 a 109.9 UNT; 1 UNT de 110 a 4000 UNT, su límite mínimo de detección es 0.05 UNT.



**Figura 11.** Turbidímetro digital, celdas de muestra y solución turbo estándar.

- **El GPS diferencial- Garmin**

El GPS (Global Positioning System) GPSMAP® 64s posee una pantalla de 2.6" tiene una precisión de 2 m en cielo despejado es fundamental para georreferenciar la posición de cualquier objeto, en este caso la ubicación de los puntos de monitoreo, así también posee un receptor alta sensibilidad con una antena Quadrifilar Hélix para una capacidad de recepción de calidad superior, su estructura es compacto y resistente al agua, incluye un altímetro barométrico y una brújula de tres ejes y funciona con pilas alcalinas.



**Figura 12.** GPS (Global Positioning System)-Garmin.

- **Fichas de recolección de datos:**

La presente investigación se recolectó los datos mediante la técnica de observación estructurada, con un recurso auxiliar que son las fichas de recolección de datos adjunto en el **Apéndice 5**.

### **3.5.3. Procedimiento de recolección de datos**

Según Hernández *et al.*, (2014) recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico.

Donde la fuente del dato será proporcionada por las muestras de agua recolectadas en las conexiones intradomiciliarias (grifos de agua) en el área urbana del distrito de Yauli, siguiendo el protocolo del monitoreo de calidad de agua potable del Ministerio de Salud (R.D N°160-2015/DIGESA/SA).

Para ello se realizó el diagnóstico situacional del sistema de agua potable del área urbana de Yauli, se determinó la dosis de cloro aplicado en unidades de cloración, así como también la turbiedad del agua, además se establecieron como puntos de control de cloro residual libre en la salida de planta y tubería de rebose del reservorio para analizar los niveles de variación de cloro con respecto a las redes de distribución, finalmente se efectuó el monitoreo de cloro residual y la identificación de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años. A continuación, se describe cada procedimiento desarrollado:

#### **3.5.3.1. Reconocimiento del lugar y obtención de autorizaciones.**

Para realizar los programas de monitoreo de cloro residual, se procedió el reconocimiento del lugar de estudio, la visita domiciliaria a las viviendas elegidas como nuestros puntos de monitoreo, para la obtención de autorización de acceso tanto al grifo de agua y plantas de tratamiento de agua potable

administrado por la municipalidad y junta administrativa de servicio de saneamiento, también se le informó el objetivo del trabajo de investigación a los funcionarios responsables de servicio de saneamiento de la municipalidad, operadores y a la población de estudio.



**Figura 13.** Autorización de acceso a la planta de tratamiento de agua potable y coordinación para la ejecución del proyecto.



**Figura 14.** Obtención de autorización de los propietarios de las viviendas para el acceso a su grifo de agua para medir el cloro residual libre.

### 3.5.3.2. Diagnóstico situacional del sistema de agua potable

#### A. Descripción del sistema de agua potable N° 1, administrada por el Área Técnica Municipal (ATM)



**Figura 15.** Esquema del sistema de agua potable N° 1, administrada por el Área Técnica Municipal.

**Fuente:** Elaborado por los autores.

**B. Descripción del sistema de agua potable N° 2, administrada por la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS)**



**Figura 16.** Esquema del sistema de agua potable N° 2, administrada por el Área Técnica Municipal.  
**Fuente:** Elaborado por los autores.

### 3.5.3.3. Procedimiento de obtención de dosis de cloro en las plantas de tratamiento de agua potable.

Para calcular la dosis de cloro tanto en la planta de tratamiento de agua del sistema de agua potable N° 1 y 2, durante las fechas de monitoreo de cloro residual se siguieron los siguientes procedimientos:

#### A. Determinación de caudal de agua a desinfectar.

Se realizó el aforamiento mediante el método volumétrico, utilizando un balde 20 L y un cronómetro, cada medición se hizo 3 veces y luego se promedió el resultado. A continuación, se muestra los resultados obtenidos en campo de PTAP del sistema de agua potable N° 1 del 15 de octubre como ejemplo, para explicar todo el procedimiento hasta obtener la dosis de cloro.

**Tabla 8**

*Resultado de caudal de ingreso a la PTAP del sistema de agua potable N° 1*

Tipo de fuente	N° tomas	Tiempo (s)	Datos de aforo		Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
			Volumen (L)	V/T (L/s)		
<b>Captación de río</b>	1	1.32	20	15.152	15.943	<b>22.517</b>
	2	1.07	20	18.692		
<b>Mosoccancha</b>	3	1.43	20	13.986		
<b>Captación tipo ladera (manantial)</b>	1	3.02	20	6.623	6.574	
	2	3.12	20	6.410		
	3	2.99	20	6.689		

Fuente: Elaborado por los autores.

#### B. Determinación caudal de dosificación de solución madre de cloro.

Para obtener datos de caudal de la solución madre se tuvo que aforar mediante el método volumétrico, que consiste en medir el tiempo de llenado a través del uso de un cronómetro a un recipiente de volumen conocido, nosotros utilizamos una jarra graduada de 1 litro, cada prueba se hizo

3 veces para luego promediar el resultado. Con ello se pudo hallar el caudal de solución madre de cloro; con la siguiente fórmula:

$$Q_1 = \frac{V(L)}{T(s)} = \frac{1}{19.40} = 0.0515 \text{ (L/s)}$$

$$Q_2 = \frac{V(L)}{t(s)} = \frac{1}{19.43} = 0.0515 \text{ (L/s)}$$

$$Q_3 = \frac{V(L)}{t(s)} = \frac{1}{19.49} = 0.0513 \text{ (L/s)}$$

Finalmente, el caudal se promedia:

$$Q_p = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3}$$

Resultado:

$$Q_p = \frac{0.0515 + 0.0515 + 0.0513}{3} = 0.0514 \text{ (L/s)}$$

El mismo resultado se muestra en la tabla siguiente en forma resumida.

**Tabla 9**

*Resultado del caudal de dosificación de solución madre de cloro en PTAP del sistema de agua potable N° 1*

Solución madre	N° tomas	Datos de aforo			Caudal promedio (Qp) L/s
		Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	
<b>solución madre N°1</b>	1	19.40	1	0.0515	<b>0.0514</b>
	2	19.43	1	0.0515	
	3	19.49	1	0.0513	

**Fuente:** Elaborado por los autores.



**Figura 17** Aforamiento de caudal de dosificación de solución madre de cloro aplicado en unidad de mezcla rápida.

### C. Cálculo de concentración de solución madre en tanque clorador

Para ello primero se determinó el volumen de rotoplas, donde se almacena la solución madre de cloro tanto del sistema de agua potable N° 1 y 2, empleando una cinta métrica para medir las dimensiones de altura y diámetro, en la tabla adjunta se tiene el resultado de volumen obtenido.



Figura 18 Procedimiento de medición de las dimensiones de rotoplas.

Tabla 10

Resultado de volumen de rotoplas obtenido en campo

Rotoplas del sistema de agua potable N° 1		Rotoplas del sistema de agua potable N° 2	
Dimensión	Resultado	Resultado	Unidad
Borde libre	0.3	0.3	m
Diámetro	1.10	1.10	m
Altura	1.15	1.15	m
Área	0.950	0.950	m <sup>2</sup>
Volumen útil	1100	1100	litros

Fuente: Elaborado por los autores.

De acuerdo al procedimiento empleado por el operador de la planta de tratamiento del sistema de agua potable N° 1, se determinó la concentración de hipoclorito de calcio en tanque clorador; primero el operador llena el agua al tanque rotoplas de 1100 L a las 8:00 am, luego en balde de 20 litros diluye 1.5 kg de hipoclorito de calcio y se añade al tanque clorador, cabe señalar el operador en meses de

estiaje emplea 1.5 kg y en meses de avenida 2 kg, mientras el operador del sistema de agua potable N° 2 utiliza 5 kg de cloro para la preparación de la solución madre en un tanque de capacidad de 1100 L con la única diferencia del anterior la dosificación del insumo realiza para cada mes.

A continuación, se muestra la tabla de resultados de datos obtenidos en campo.

**Tabla 11**

*Resultado de datos de campo de PTAP del sistema de agua potable N° 1*

Descripción		Dato	Unidad
Caudal ingreso del agua a desinfectar	Q	22.51	L/s
Caudal aforado solución madre	q'	0.051	L/s
Volumen de tanque clorador	V	1100	L
Peso del cloro	P	1.5	kg
Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%(Ca(OCl <sub>2</sub> ))	70	%
<b>Concentración en tanque clorado</b>	<b>d</b>	<b>?</b>	<b>mg/L</b>

**Fuente:** Elaborado por los autores.

Para determinar la concentración del insumo en tanque clorador se empleó la siguiente fórmula:

$$d = \frac{(P \times \%Cl \times 10^6)}{V} \left( \frac{mg}{L} \right)$$

Reemplazando los valores resulta:

$$d = \frac{(1.5 \times 70\% \times 10^6)}{1100} \left( \frac{mg}{L} \right) = 955 \text{ mg/L}$$

#### **D. Cálculo de dosis de hipoclorito de calcio**

La dosis de hipoclorito de calcio se determinó con la fórmula siguiente:

$$D = \frac{(d \times q)}{Q} \left( \frac{mg}{L} \right)$$

**Tabla 12**

*Cálculo de dosis de hipoclorito de calcio*

D	Dosis de cloro	?	mg/L
Q	Caudal de agua a desinfectar	22.517	L/s
d	Concentración de hipoclorito de calcio en la solución clorada	955	mg/L
q	Caudal de solución clorada a aplicar	0.0514	L/s

**Fuente:** Elaborado por los autores.

Reemplazando los datos se tiene:

$$D = \frac{(955 \times 0.0514)}{22.517} = 2.18 \frac{mg}{L}$$

**Nota:** Los procedimientos explicados en el ítem A, B, C y D para determinar la dosis de cloro, se utilizó durante las fechas de monitoreo cloro residual libre.

#### **E. Tiempo de recarga**

En la planta de tratamiento del sistema de agua potable N° 1, la cloración es diario se dosifica el cloro a las 8:00 am, luego a las 1:30 pm aproximadamente solo recarga el agua al tanque clorador hasta el siguiente día, por ello durante la tarde la concentración de cloro residual es menor a 0.5 mg/L en las zonas intermedias y bajas. Cuando lo correcto sería dosificar nuevamente en horas de la tarde.

En la planta de tratamiento del sistema de agua potable N° 2, el operador realiza de manera mensual la cloración, además no tiene el conocimiento técnico y no cuenta con los materiales adecuados para esta operación. Razón por la cual la concentración de cloro residual libre es menor a 0.3 mg/L durante los meses de monitoreo.

#### **3.5.3.4. Procedimiento de medición de turbiedad en las plantas de tratamiento de agua potable.**

El parámetro de turbiedad fue considerado como una variable interviniente, ya que el agua para proceso de cloración debe

tener una turbiedad de 1 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT) según recomendación de OMS, para que el desinfectante actúe de manera eficaz sobre los microorganismo, Así mismo según el reglamento de calidad del agua para consumo humano del Ministerio de Salud indica como valor de límite máximo de 5 UNT, por ello se establecieron 2 puntos de control (PC): PC-1 se ubica en la unidad de mezcla rápida de PTAP del sistema de agua potable N° 1 y PC-2 se estableció en cámara de reunión de caudal de PTAP del sistema de agua potable N° 2, son unidades que permite la mezcla homogénea entre el caudal de solución aplicado y caudal de agua a desinfectar, favoreciendo el tiempo de contacto adecuado hasta llegar al reservorio.



**Figura 19.** Georreferenciación de puntos de control (PC-1).

La medición de la turbiedad se realizó, utilizando un equipo turbidímetro el mismo que está diseñado con un método aprobado por la U.S.EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) es portátil de fácil uso a continuación, explica los pasos seguidos durante la medición en campo (in situ).



**Figura 20.** Se enciende el equipo, luego se llena la celda de vidrio 10 mL con solución estándar de 0 UNT luego se presiona la opción escaneo del blanco.



**Figura 21.** Esperar unos segundos se visualice 0.00 UNT, el equipo ya está calibrado y listo para medir.



**Figura 22.** Se recolectó la muestra de agua clorada de la unidad de mezcla rápida de PTAP, utilizando un balde de 2 L.



**Figura 23** Se llena en la celda de vidrio la muestra de agua a analizar hasta un volumen de 10ml, presione ENTER para seleccionar la opción de escanear muestra.



**Figura 24** En la pantalla se visualiza el resultado de turbidez de la muestra analizada, luego se anota en la ficha de registro.

#### **3.5.3.5. Procedimiento de medición de cloro residual libre.**

Para ello se realizó los siguientes pasos:

##### **Paso 1: Identificación y georreferenciación de los puntos de monitoreo.**

Se identificaron las viviendas colocando un stiker para fácil ubicación del mismo, luego procedió a obtener sus coordenadas en Universal Transversal de Mercator (UTM) de cada uno, empleando un GPS diferencial Garmin.



**Figura 25.** Identificación de viviendas colocando un stiker.



**Figura 26.** Georreferenciación de las viviendas.

### **Paso 2: Establecimiento de fechas de programa de monitoreo.**

La toma de muestras de agua potable se realizó cada quincenal, en las siguientes fechas:

- Meses del año 2018
  - 15 y 30 de octubre
  - 15 y 30 de noviembre
  - 14 y 28 de diciembre
- Meses del año 2019
  - 15 y 30 de enero
  - 15 y 28 de febrero
  - 15 y 29 de marzo

### **Paso 3: Medición de cloro residual libre en las viviendas.**

La medición de cloro residual libre se realizó empleando la técnica de muestreo puntual, a través del uso del equipo fotómetro de cloro residual, éste equipo utiliza el método colorimétrico aprobado por la U.S.EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) se caracteriza por ser el método más rápido y sencillo para evaluar el cloro residual libre en campo (in situ) para efectuar la medición se necesita del reactivo D.P.D (dietil-para-fenil-diamina), en nuestro caso se hizo la compra para un volumen de 10 ml, en forma de gránulos.

#### **A. Calibración de fotómetro:**

Se realizó una sola vez al inicio del programa de muestreo para ello encendemos el equipo, después se llena la cubeta de 10 ml con el agua a analizar y se coloca en la porta cubeta, presionamos el botón “Zero”, unos segundos en la pantalla se visualiza 0.00, luego se añade 3 gotas solución de DPD<sub>3</sub>, finalmente presionamos el botón “read”, si se visualiza 0.00 en la pantalla, el equipo está calibrado, en caso el resultado es diferente de 0, se vuelve probar la cantidad de gotas hasta lograr.



**Figura 27.** Adición solución DPD<sub>3</sub> para calibrar el fotómetro.

**B. El procedimiento de medición parámetro cloro residual libre:**



**Figura 28.** Se dejó fluir el agua por cinco minutos y se procedió a enjuagar la cubeta de muestra con el agua a analizar por 3 veces.



**Figura 29.** Se llena la cubeta de muestra con el agua a analizar hasta los 10 ml, luego se enciende el fotómetro.



**Figura 30.** La muestra de agua se inserta a la porta cubeta, luego presiona ZERO y unos segundos se visualice 00.00, esto indica que el equipo está listo para medir el cloro residual libre.



**Figura 31.** Se retira la tapa de la cubeta y se adiciona el sobre de reactivo DPD de 10ml.



**Figura 32.** Se sacude a muestra suavemente hasta que desaparezca los cristales de DPD, luego se las paredes exteriores de la cubeta.



**Figura 33.** Se coloca la muestra con reactivo y se presiona el botón de lectura, luego el resultado se añota en ficha de registro.



**Figura 34.** Resultado de cloro residual libre en el punto de muestreo N° 1.

#### **Paso 4: Medición de cloro residual libre en las plantas de tratamiento de agua y reservorio.**

La medición de cloro residual libre se realizó según la metodología explicada en el literal B, para ello:



**Figura 35.** Recolección de muestra de agua de la unidad de mezcla rápida utilizando un balde y extracción de muestra de 10 mL en una cubeta.



**Figura 36.** Adición sobre de reactivo de DPD para la medición de concentración de cloro con el equipo fotómetro.



**Figura 37.** Recolección de muestra en la salida de tubería de rebose del reservorio.



**Figura 38.** Se adiciona el reactivo DPD a la muestra de agua de 10 mL contenida en la celda de muestra.



**Figura 39.** Se diluye la muestra hasta desaparecer los cristales de reactivo DPD, se coloca a la porta cubeta y se presiona la opción de lectura del fotómetro.

#### ***3.5.3.6. Procedimiento de identificación de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años.***

**Paso 1:** Previa autorización de la directora del Centro de Salud de Yauli, se solicitó el reporte de casos de enfermedades diarreicas agudas de niños menores de 5 años a la oficina de estadística de manera mensual durante los meses de octubre de 2018 a marzo de 2019 y el acceso al archivo de historias clínicas para la revisión detenida de las mismas.

**Paso 2:** Con la lista de niños con enfermedades diarreicas agudas, se solicitó a la oficina de admisión la base de datos para determinar de qué barrios del área urbana proceden los niños.

**Paso 3:** Según la base de datos obtenidos de admisión se procedió a identificar con el número de DNI, así llegando a constatar la cantidad de niños con casos de EDAs por barrio, la evidencia fotográfica se muestra en la siguiente figura.



**Figura 40.** Clasificación de niños con EDAs por barrio según su historia clínica.

**Paso 4:** Se realizó la prueba de tamizaje, según la revisión de la historia clínica de cada niño que presentaron casos la enfermedad diarreica aguda con la finalidad de excluir otros factores condicionantes de salud que no son relacionadas por consumo de agua potable. Finalmente, las EDAs en niños menores de 5 años son a causa de falta de hábito de consumo de agua hervida y cloración inadecuada del agua.

### **3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos**

Los datos obtenidos se registraron en hojas de cálculo como el Microsoft Excel por cada dimensión de las variables dependiente, independiente e intervinientes. La normalidad de los datos se analizó con la prueba de Shapiro Wilk aplicado para tamaño de muestra ( $n < 50$ ), en el cual los datos de cloro residual libre cumple con la normalidad y para los casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años no cumplen con la normalidad. Por tanto, para la contrastación de hipótesis general se utilizó la prueba no paramétrica de estadígrafo de T Student de coeficiente de correlación de Spearman y para las hipótesis específicas se emplearon la prueba de T Student y rango de signos de Wilcoxon, establecido para un nivel de significancia de 5 % y confianza al 95 %; haciendo uso de los programas estadísticos de Microsoft Excel y SAS.

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de la información

##### 4.1.1. Análisis de correlación

Esta herramienta nos permite medir la fuerza de relación entre dos variables y se denomina coeficiente de correlación, el mismo que tiene valores que van de -1 a 1, se espera que, al analizar la cantidad de cloro residual libre y el número de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años de residencia en el área urbana del distrito de Yauli, la relación sea inversa ya que, si hay menos cloro, los casos de enfermedades aumentarían:

Según Hernández *et al.*, (2014) el coeficiente de correlación de Spearman se clasifica en:

- $\pm$  (1) correlación perfecta.
- $\pm$  (0.90) correlación muy fuerte.
- $\pm$  (0.75) correlación considerable.
- $\pm$  (0.50) correlación media.
- $\pm$  (0.25) correlación débil.
- $\pm$  (0.10) correlación muy débil.
- $\pm$  (0.0) no existe correlación.

El resultado del coeficiente de correlación de Spearman se obtuvo con el programa estadístico SAS:

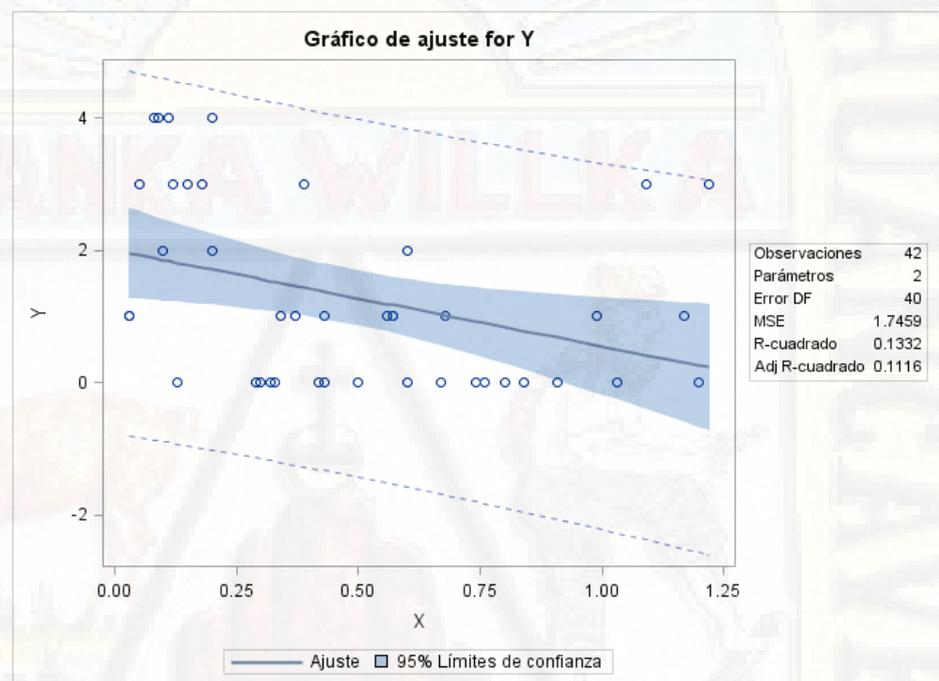
**Tabla 13**

*Resultado de coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ )*

Variables	Cloro residual libre (mg/L)	
Casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años	$\rho$ de Spearman	p-valor
	-0.418	0.0058

**Fuente:** elaborado por los autores.

Según el p-valor existe una probabilidad significativa de 0.0058 que tengan relación entre las variables. Luego, del resultado obtenido de coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ ) existe una correlación inversa débil de 0.418 entre los variables de estudio, es decir, la dependencia entre las variables es de 41.8 % y el restante 58.2 % se debe a otros factores, dónde: variable “X “es cloro residual libre en agua potable y variable “Y” número de casos de enfermedades diarreicas en niños menores de 5 años.



**Figura 41.** Gráfica de ajuste dispersión con el modelo de regresión lineal negativa.

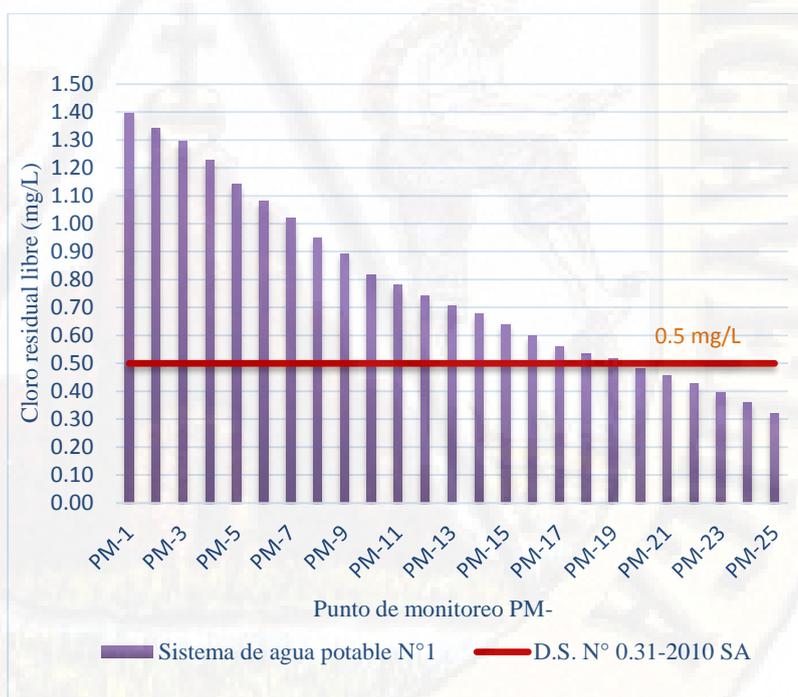
En la figura se observa la correlación de los datos que presentan una ecuación lineal negativa donde no sobrepasan los límites de confianza de 95 %. Por tanto, el modelo de regresión es lineal negativa y presentan la siguiente ecuación:  $Y = 1.99 - 1.44 X$ , lo que significa que en el intervalo estudiado se espera una disminución de 1.44 de número de casos de EDAS por cada incremento de cloro residual libre en mg/L (X variando de 0.03 a 1.22), es decir expresa la siguiente tendencia: cuanto menor sea la concentración de cloro residual libre en agua de consumo humano, mayor será el número de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli.

#### 4.1.2. Variación de cloro residual libre de octubre 2018 a marzo 2019 en los sistemas de agua potable

El área urbana del distrito de Yauli se abastece con dos sistemas de agua potable los cuales se distribuyen para los siete barrios. El análisis del cloro residual libre se establecieron 32 puntos de monitoreo ubicados en los sistemas de agua potable N° 1 y N° 2, siendo un parámetro químico, que garantiza la calidad microbiológica del agua potable, la medición se realizó cada quincenal y se promedió para cada punto de monitoreo de los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

##### 4.1.2.1. Sistema de agua potable N° 1

Abastece a los barrios de Capillapata, Centro, Cebadapata, Miraflores y Florida, en estos barrios se establecieron 25 puntos de monitoreo denominados (PM-1 al PM-25).



**Figura 42.** Resultado de cloro residual libre del sistema de agua potable N° 1, durante la ejecución del proyecto.

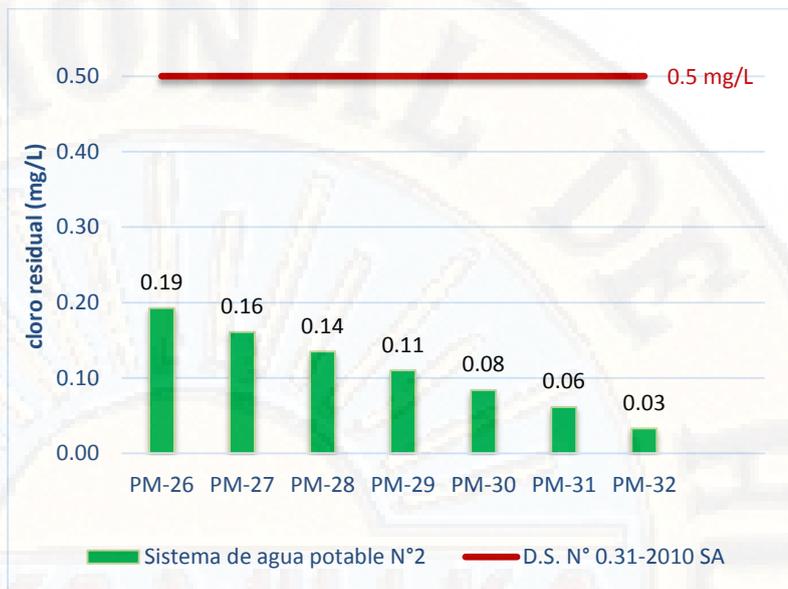
Notándose así en la figura 42 nos indica el decaimiento de la concentración de cloro residual libre desde el inicio de la red de distribución que es el PM-1 al último punto de monitoreo

PM-25, el cual detalla que 19 puntos de monitoreo del (PM-1 al PM-19) equivalente al 76 %, por tanto en comparación con el límite mínimo permisible que el reglamento de calidad del agua para el consumo humano D.S. 031-2010-SA, indica que las cantidades de muestras analizadas deben ser mayor o igual a 0.50 mg/L en el 90 % de los puntos de monitoreo y mayor o igual a 0.30 mg/L en el 10 %, luego a mencionar que los 25 puntos de monitoreo equivalen al 100 % es de allí que 23 puntos de monitoreo serian equivalentes al 90 % y 2 puntos de monitoreo al 10 %, aclarando así que en la toma de muestras de los puntos no llegan a cumplir con los requerimientos del límite mínimo permisible en el 90 % ya que solo el 79 % del (PM-1 al PM-19) es mayor o igual a 0.5 mg/L y si cumple en el 10 % porque hay más de 2 puntos que son mayores a 0.3 mg/L como los (PM-20, PM-21, PM-22, PM-23, PM-24, PM-25).

Se debe a que según la cinética de cloro residual libre actúa decayendo en el recorrido de la red de distribución es por ello que disminuye la concentración de cloro residual libre para cada conexión intradomiciliaria.

#### **4.1.2.2. Sistema de agua potable N° 2**

Abastece a los barrios de Mollepampa y Ccescehuaycco, enumeradas a partir de los puntos de monitoreo denominados (PM-26 al PM-32).



**Figura 43.** Resultado de cloro residual libre del sistema de agua potable N°2, durante la ejecución del proyecto.

La figura 43 muestra el decaimiento de la concentración de cloro residual libre siendo el valor máximo de 0.19 mg/L en el PM-26 y mínimo 0.03 mg/L en el PM-32, en comparación con el límite mínimo permisible que el reglamento de calidad del agua para el consumo humano D.S. 031-2010-SA, indica que las cantidades de muestras analizadas deben ser mayor o igual a 0.50 mg/L en el 90 % de los puntos de monitoreo y mayor o igual a 0.30 mg/L en el 10 %, el cual no cumple, los resultados obtenidos son menores al valores mínimos permisibles establecidos.

**Tabla 14**

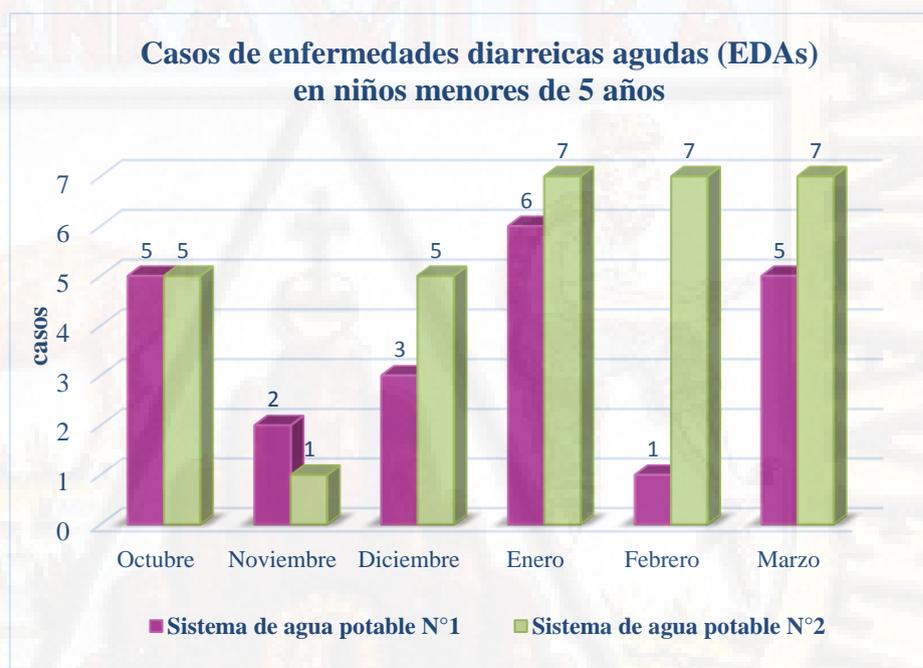
*Estadística descriptiva de cloro residual libre de octubre 2018 a marzo 2019 en los puntos de monitoreo de los sistemas de agua potable*

Sistema de agua potable	Und.	fi	Cloro residual libre					Lím inf	Lím sup
			Media	Mediana	DE	CV	$\sigma^2$		
N° 1	mg/L	25	0.77	0.71	0.33	43	0.11	0.32	0.40
N° 2	mg/L	7	0.11	0.11	0.06	55	0.03	0.03	0.19

**Nota:** Und. = Unidad de medida; fi= Número de datos procesados; DE= Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación;  $\sigma^2$ = Varianza; Lím inf = Límite inferior; Lím sup= Límite superior.

La desviación estándar, para el parámetro de cloro residual libre, fueron en el sistema de agua potable N° 1 igual a 0.33 mg/L y para el N° 2 igual a 0.06 mg/L. Esto indica que para el primer sistema los datos de cloro residual libre presento mayor dispersión respecto a su media a comparación que para el segundo sistema.

**4.13. Variación de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, según el sistema de abastecimiento de agua potable de octubre 2018 a marzo 2019.**



**Figura 44.** Casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, durante la ejecución del proyecto en el área urbana del distrito de Yauli.

En la figura 44 muestra que, en el sistema de agua potable N° 1 en el mes de enero presentó 6 casos de EDAs en niños menores de 5 años siendo el mayor respecto a los otros meses de estudio. Mientras en el sistema de agua potable N° 2 los meses con mayor número de casos de EDAs fueron enero, febrero, marzo del 2019, con 7 casos.

Notándose así, que el sistema de agua potable N° 2 respecto al N° 1 resulta mayor número de casos de EDAs durante los meses de lluvia. Se

debe a que el operador no considera el incremento de caudal de agua a desinfectar en periodo de avenida, para calcular el peso de cloro por este motivo la dosificación de cloro no es adecuado, así también no está capacitado para en tema de cloración del agua, tampoco cuenta con las herramientas necesario, el pago de cuota familiar establecido no cubre los gastos de operación y mantenimiento, además los usuarios no aportan de manera puntual, en consecuencia no cuenta con la sustancia química de cloro suficiente, es por ello la cloración de agua se realiza de manera mensual; finalmente se concluye que la población consume de agua de mala calidad microbiológico.

Sin embargo en el sistema de agua potable N° 1 la cloración del agua es diario, por un operador de la municipalidad con conocimientos previos del proceso de cloración, según los monitoreos se observó que durante la mañana el cloro residual libre en la red distribución se encuentra en niveles adecuados según la norma, sin embargo sobre tarde se encuentra menores de 0.5 mg/L como límite mínimo permisible en los puntos intermedios y lejanos de red de distribución, debido que el operador aproximadamente a la 1:30 pm hace recarga de agua al tanque de solución clorada, generando la disminución de concentración de hipoclorito de calcio, en consecuencia la población consume agua de baja calidad microbiológica hasta la siguiente dosificación.

Durante el mes de noviembre, los niveles de cloro residual libre fueron bajos en el sistema N° 1, por lo que dosificación de hipoclorito de calcio presentó valor mínimo de 1.91 mg/L, como consecuencia el número de casos de EDAs es mayor respecto al sistema de agua potable N° 2.

**Tabla 15**

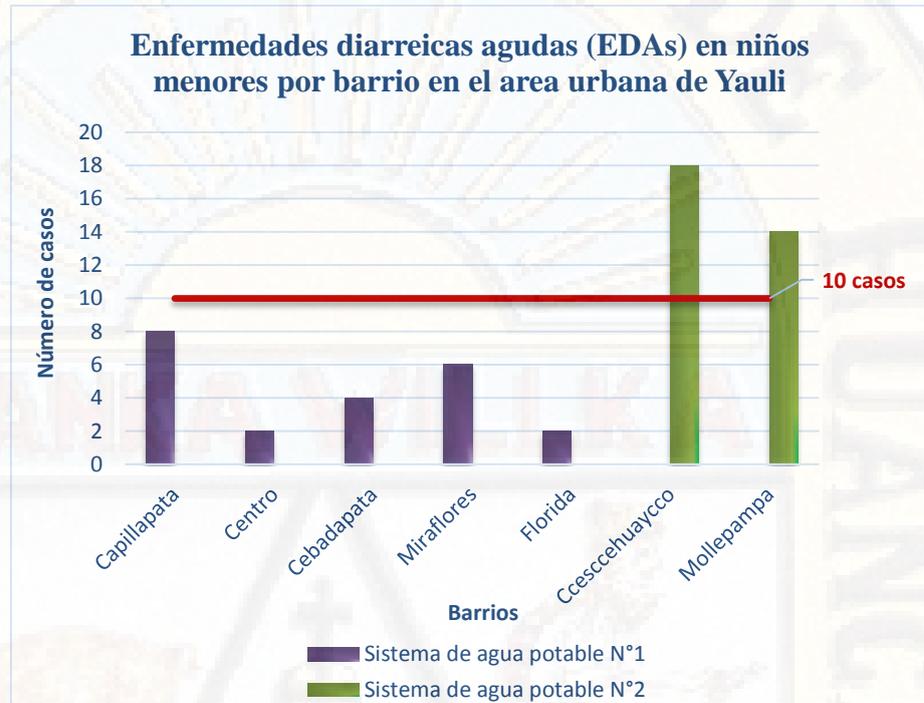
*Estadística descriptiva de número de casos de EDAs en niños menores de 5 años mensual por sistema de abastecimiento de agua potable*

meses	Unid.	Sistema de agua potable N° 1	Sistema de agua potable N° 2	Total	
		fi	fi	fi	%
octubre	Unid.	5	5	10	18.5
noviembre	Unid.	2	1	3	5.6
diciembre	Unid.	3	5	8	14.8
enero	Unid.	6	7	13	24.1
febrero	Unid.	1	7	8	14.8
marzo	Unid.	5	7	12	22.2
Total	Unid.	22	32	54	100

**Nota:** Unid. = Unidad de medida; fi= Número de casos; % = porcentaje de casos.

Los barrios abastecidos por el sistema de agua potable N° 2 presenta un total de 32 casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años con respecto a los barrios que consumen agua potable del sistema N° 1, siendo esta un total de 22 casos durante los meses de estudio. Los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2018 presenta menores casos de EDAs en niños menores de 5 años a comparación de los meses de enero, febrero y marzo de 2019 en ambos sistemas de agua potable.

**4.14 Variación de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años por barrios, según el sistema de abastecimiento de agua potable**



**Figura 45.** Casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años de los barrios, durante la ejecución del proyecto.

El sistema de agua potable N° 1, abastece a los barrios de Capillapata, Centro, Cebadapata, Miraflores y Florida presenta menores de 10 casos de EDAs en niños menores de 5 años a diferencia del sistema de agua potable N° 2 que suministra el líquido vital a los barrios de Ccescehuaycco y Mollepampa que presenta mayores de 10 casos, debido a que el agua que consumen tiene cloración inadecuada.

El barrio Capillapata presenta niveles de cloro residual libre promedio entre 1.40 - 0.82 mg/L, sin embargo, se observa mayor número de casos de EDAs con respecto a los otros barrios del sistema de agua potable N° 1, durante el monitoreo en campo se observó que existe escasez del agua constante durante la mañana, debido a ello las madres almacenan el agua en recipientes inadecuados que posteriormente se contamina el agua, así

mismo por esta situación se ve afectado las actividades domésticas e higiene personal de los niños. En cambio, en el barrio de Miraflores y Florida presenta niveles de cloro residual libre inferiores a 0.5 mg/L durante el tiempo de monitoreo, así los usuarios finales de red de distribución. En los barrios de Centro y Cebadapata también existe casos de EDAs en menor cantidad, ya que el operador aproximadamente 1:30 pm agrega agua al tanque de solución clorada disminuyendo así la concentración de cloro, por eso los niveles de este encuentra en bajas concentraciones en los grifos de agua de las viviendas de los barrios mencionados durante la tarde hasta el siguiente día.

**Tabla 16**

*Estadística descriptiva de número de casos de EDAs en niños menores de 5 años por barrio según sistema de abastecimiento de agua potable*

Barrios	Casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años		
	Unid.	fi	%
Sistema de agua potable N° 1			
Capilla pata	Unid.	8	14.8
Centro	Unid.	2	3.7
Cebadapata	Unid.	4	7.4
Miraflores	Unid.	6	11.1
Florida	Unid.	2	3.7
Sistema de agua potable N° 2			
Ccescehuaycco	Unid.	18	33.3
Mollepampa	Unid.	14	25.9
Total		54	100

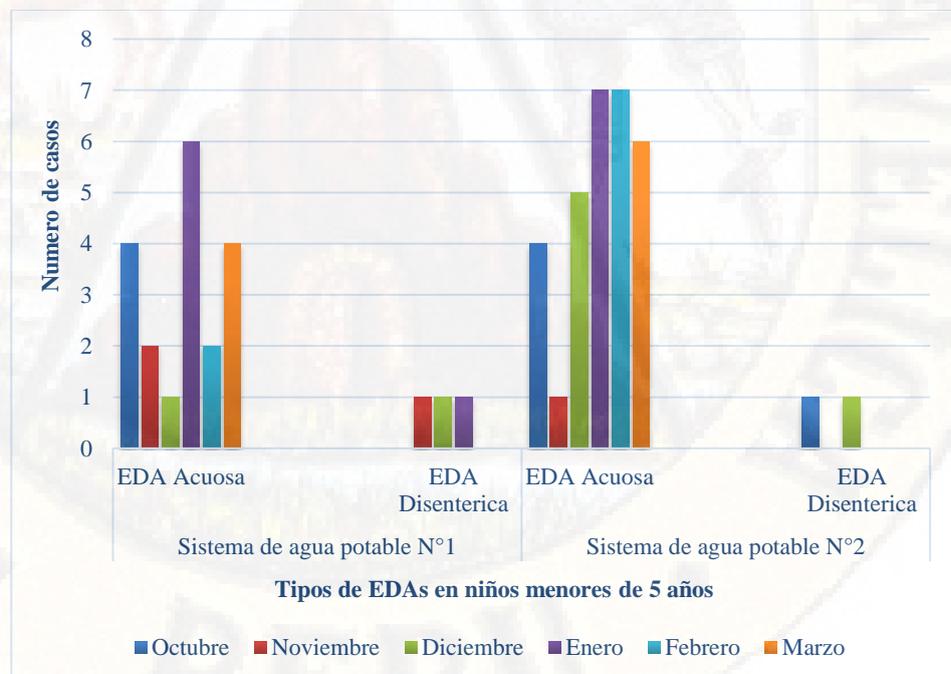
**Nota:** Unid = Unidad de medida; fi= Número de casos; % = equivalencia de porcentaje de casos.

Los barrios de Cesscehuaycco y Mollepampa que son abastecidos por el sistema de agua potable N° 2 presentan mayores casos de EDAs en niños menores de 5 años respecto a los otros, equivalente a 33.3 % y 25.9 % respectivamente, cuyo causa se debe a que el cloro residual libre en agua se encuentra valores inferiores a 0.5 mg/L según el reglamento de

calidad de agua de consumo humano del Ministerio de Salud (D.S. N°031-2010-SA), presentando el valor máximo de 0,19 mg/L en la vivienda cercana de planta de tratamiento de agua y el mínimo de 0.03 mg/L en la vivienda final de la red de distribución de agua.

**4.15. Variación de número de casos por tipo de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, según el sistema de abastecimiento de agua potable presentados durante octubre de 2018 a marzo de 2019.**

Las enfermedades diarreicas agudas se clasifican en dos tipos según su código de diagnóstico en acuosa (A090 - A09X) y disintérica (A049) ambos presentan síntomas comunes de fiebre y vómito. El síntoma principal que la diferencia entre ambos es que los pacientes con EDA disintérica presentan deposiciones líquidas con sangre y moco mientras con EDA acuosa presentan deposiciones líquidas o semilíquidas sin sangre ni moco que dura menor a 7 días.



**Figura 46.** Casos de EDAs por tipo en niños menores de 5 años durante la ejecución del proyecto, según sistema de abastecimiento de agua potable.

Como se observa en ambos sistemas de abastecimiento de agua potable del área urbana del distrito de Yauli, presenta mayor número de casos de enfermedad diarreica aguda de tipo acuosa y en comparación con la disintérica, siendo valores altos los meses de octubre, enero y marzo en el sistema de agua potable N° 1 en cambio en el sistema N° 2 la mayoría de los meses presentan más casos de EDAs, a excepción del mes de noviembre.

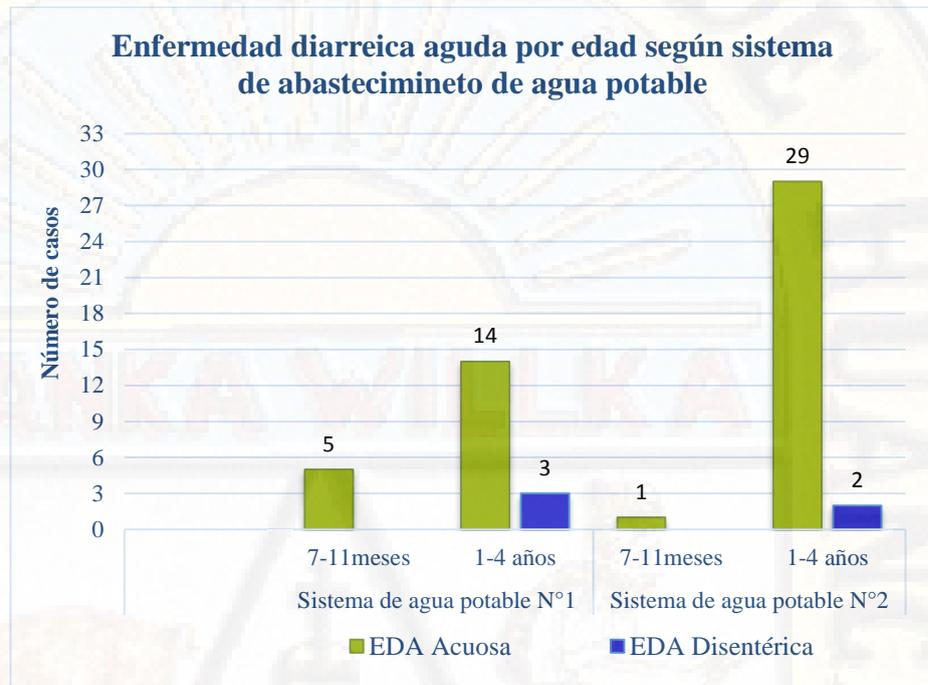
**Tabla 17**

*Tipos de enfermedades diarreicas agudas en el área urbana del distrito de Yauli*

meses	Sistema de agua potable N° 1		Sistema de agua potable N° 2	
	EDA acuosa	EDA disintérica	EDA acuosa	EDA disintérica
octubre	4		4	1
noviembre	2	1	1	
diciembre	1	1	5	1
enero	6	1	7	
febrero	2		7	
marzo	4		6	
Total	19	3	30	2

En la tabla se observa que en el sistema de agua potable N° 2 presenta un total de 30 casos de enfermedad diarreica aguda de tipo acuosa durante los meses de estudio con respecto del sistema de agua potable N° 1 que solo presenta 19 casos de EDA acuosa, esta diferencia significativa se debe a que la cloración del agua es pésima a consecuencia, la población de este sistema consume agua de mala calidad microbiológica que afecta la salud de los mismos.

**4.1.6 Variación de número de casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) por tipo en el grupo etario, según el sistema de abastecimiento de agua potable presentados durante octubre de 2018 a marzo de 2019.**

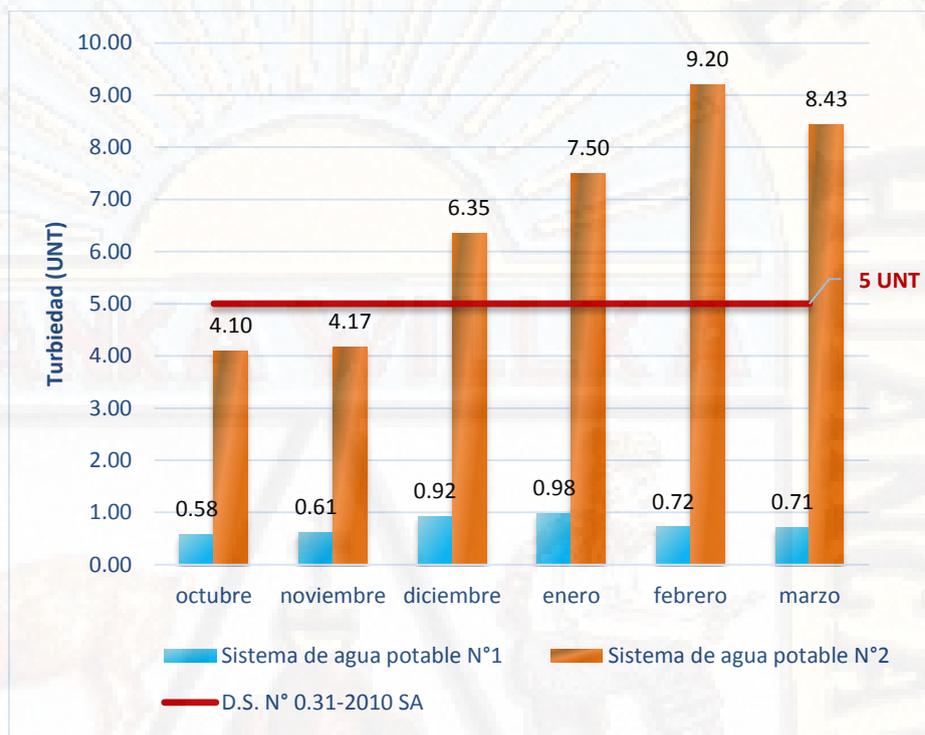


**Figura 47.** Casos de EDAs por tipo en grupo etario según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli.

Como se observa en la figura los niños de 1 a 4 años presentaron 29 casos de EDAs siendo el mayor número de casos de EDAs de tipo acuosa en el sistema de agua potable N° 2 respecto al sistema N° 1, se debe que las madres no tienen el debido cuidado con sus niños en el momento de consumir los alimentos, así mismo según la revisión de sus historias clínicas, no tienen el hábito de consumo de agua hervida. En cambio, en los niños de 7-11 meses no es común la presencia de número de casos de ambos tipos de EDAs.

#### 4.17. Variación de turbiedad del agua en los sistemas de agua potable

La turbiedad es un parámetro físico donde se realizó la toma de muestras por sistemas de agua potable N° 1 y N° 2, en la unidad de mezcla rápida y cámara de reunión de caudales en donde realiza el proceso de cloración del agua.



**Figura 48.** Turbiedad del agua en las unidades de cloración, durante la ejecución del proyecto.

Se realizó la medición de la turbiedad como variable interviniente que influye para la cloración del agua, como se muestra en el sistema de agua potable N° 1 presenta como valor mínimo de 0.58 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT) en el mes de octubre y como valor máximo de 0.98 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT) en el mes de enero, esta variación se debe al cambio de estación climática. También en el sistema de agua potable N° 2 detalla como valor mínimo 4.10 UNT en el mes de octubre y 9.20 UNT en el mes de febrero, donde indica que el límite máximo permisible para este parámetro debe ser menor a 5 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT), según el reglamento de calidad del agua para el consumo humano D.S. 031-2010-SA, figurando que el

sistema de agua potable N° 2 es el que supera el rango establecido en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo con 6.35, 7.50, 9.20, 8.43 UNT respectivamente.

Siendo el sistema de agua potable N° 2 con presencia de turbiedad alta debido a que en la fuente superficial (riachuelo Mashuraccra) en los meses de avenidas acarrea sedimentos de arena, tierra, excremento de animales llegando a la captación, estructura que no cuenta con el diseño adecuado y que cumplió la vida útil así también, la planta de tratamiento no cuenta la unidad de filtro lento para la remoción de la turbiedad y retención de todo tipo de microorganismos al 96 %. Cuenta con dos sedimentadores y cámara de reunión de caudales, unidad donde realiza la desinfección del agua no obstante en este proceso hay altos índices de turbiedad el cual disminuye la calidad de la buena desinfección cubriendo como barrera a los microorganismos como también a otros contaminantes.

**Tabla 18**

*Estadística descriptiva de la variable interviniente turbiedad por sistema de abastecimiento de agua potable*

N° Sistema de agua potable	Parámetro	Und.	Turbiedad					
			fi	media	mediana	DE	Lím inf	Lím sup
N° 1	turbiedad	UNT	6	0.75	0.72	0.16	0.58	0.98
N° 2		UNT	6	6.62	6.92	2.15	4.10	9.2

**Nota:** Und. = Unidad de medida; fi= Numero de datos procesados; DE= Desviación estándar; Lím inf = Límite inferior; Lím sup= Límite superior.

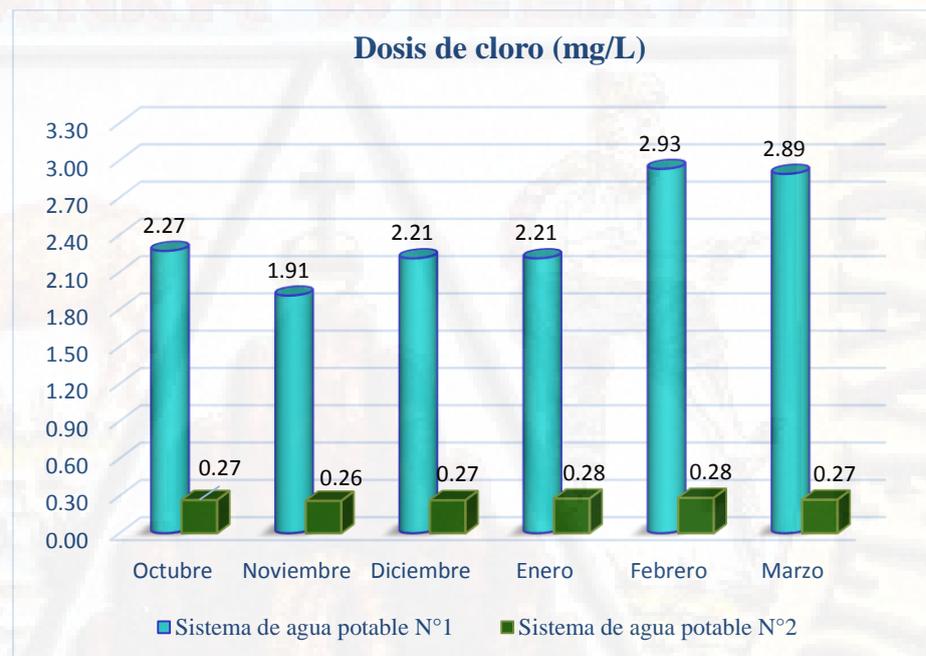
La turbiedad en el sistema de agua potable N° 1, presenta una desviación estándar de 0.16 analizadas en el desarrollo del proyecto, así también en el sistema N° 2 con una desviación estándar de 2.15. En cuanto al límite inferior y máximo para el sistema N° 1 fue de 0.58 y 4.10 UNT respectivamente indicando, que se no supera a 5 UNT rango permitido

por la normatividad peruana (D.S. 031-2010 SA).

El sistema de agua potable N° 2, el límite inferior y máximo es 0.98 y 9.20 UNT respectivamente siendo el valor máximo que supera a los 5UNT del reglamento de la calidad de agua para el consumo humano siendo, el sistema con mayor riesgo a una inadecuada desinfección del agua.

#### 4.18 Variación de dosis de cloro en la planta de tratamiento de los sistemas de agua potable

Dosis de cloro es un parámetro químico, en el cual la dosis óptima garantiza la buena desinfección del agua.



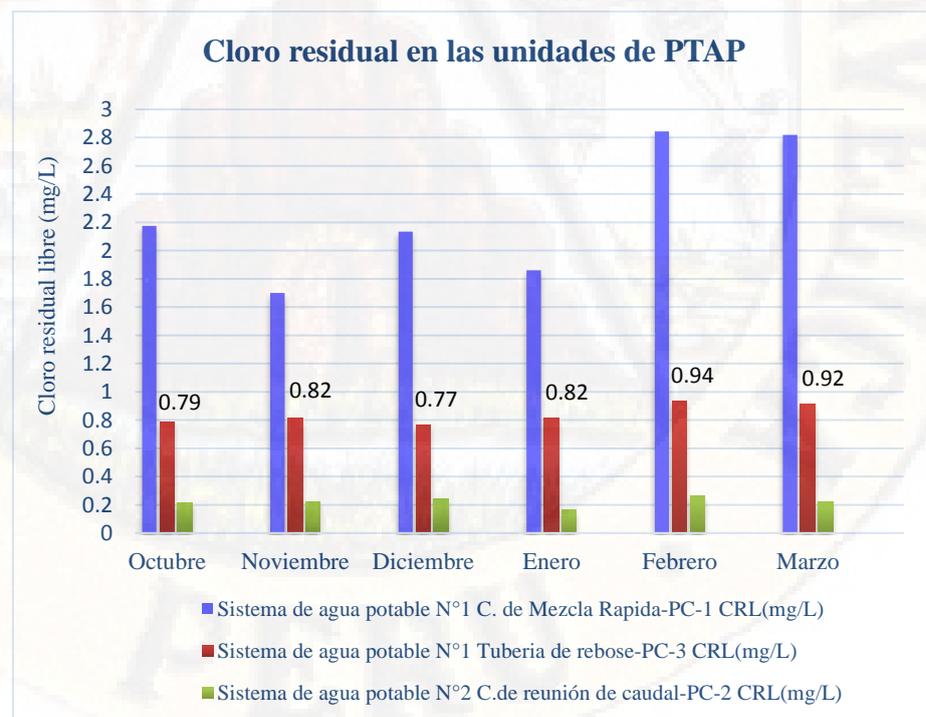
**Figura 49.** Dosis de cloro en la planta de tratamiento de los sistemas de agua potable, durante la ejecución del proyecto.

Se observa en el sistema de agua potable N° 1 presenta valores de 1.91 a 2.93 mg/L como dosis de cloro y en cuanto al sistema N°2 valores desde 0.27 a 0.28 mg/L.

Siendo así que en el sistema de agua potable N° 1, la dosificación de cloro solo llega a cubrir en horas de la mañana en toda la red de distribución, pero en horas de la tarde ya disminuye llegando a las últimas

viviendas con una concentración de cloro residual libre bajo, esto se debe a que en épocas de avenidas el caudal de ingreso a la planta se incrementa y requiere aumentar la dosis, notándose así, el suministro del insumo químico por parte de la municipalidad es limitada, aparte de ello, el tiempo de recarga de cloro es inadecuado, ya que el operador aumenta agua cruda en horas de la tarde debilitando así la concentración clorada. De otro lado en el sistema de agua potable N° 2, la dosis de cloro como resultado da valores muy bajos en toda la red de distribución. Debido a que el operador de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento no tiene los conocimientos en temas de cloración de agua y también la escasez de químico (hipoclorito de calcio), la cuota familiar de los usuarios que aportan de manera mensual es el monto de S/ 0.50 (cincuenta céntimos) que es insuficiente para cubrir los gastos de operación y mantenimiento.

**4.19. Variación de niveles de cloro residual en las unidades de cloración y tubería de rebose del reservorio.**



**Figura 50.** Niveles de cloro residual en unidades de cloración y tubería de rebose del reservorio, durante la ejecución del proyecto.

Se observa los niveles de cloro residual en las unidades de cloración de los sistemas de agua potable establecidos como puntos de control, la diferencia abismal de resultados en ambos sistemas se debe al caudal de desinfección, con la que requiere mayor dosis de cloro. No obstante, el cloro residual se realizó las mediciones en la tubería de rebose del sistema de agua potable N° 1 en la que se observa valor mínimo de 0.77 mg/L y máximo de 0.94 mg/L, con estas concentraciones se desperdicia el agua clorada por falta de dispositivo de nivel estático en el interior del reservorio.

#### **4.2. Prueba de hipótesis**

Como señala Hernández *et al.*, (2014) la contratación de hipótesis se resume a 6 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula; atendiendo a este planteamiento, que a criterio propio es el más coherente; sin dejar de lado otros planteamientos, se ha optado por seguir estos pasos para el contraste de la hipótesis:

1. Realizar el test de normalidad
2. Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema.
3. Escoger un nivel de significancia o riesgo  $\alpha$ .
4. Establecer regla de decisión
5. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado.
6. Decisión estadística.

#### 421. Prueba de normalidad

##### ✚ SISTEMA DE AGUA POTABLE N° 1

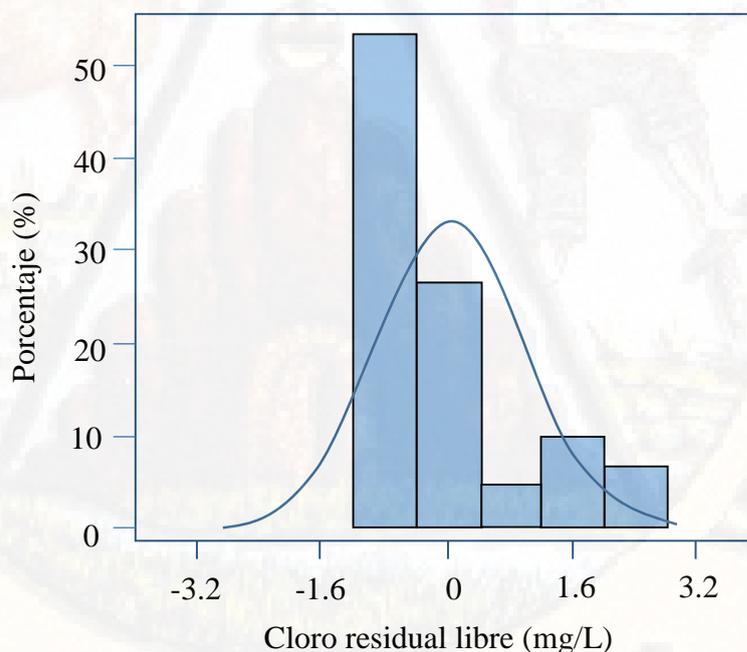
#### Test de normalidad para cloro residual libre del sistema de agua potable N° 1.

**Tabla 19**

*Test de normalidad para cloro residual libre del sistema de agua potable N° 1*

Test para normalidad				
Test	Estadístico	p valor		
Shapiro Wilk	W	0.933838	Pr < W	0.0621

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Shapiro Wilk, debido a que el tamaño de muestra analizado es menor a 50 datos ( $n=50$ ), en el cual resultó que los datos de cloro residual libre del sistema de agua potable N° 1, muestran un comportamiento normal, debido a que el p valor de 0.0621 es mayor que 0.05.



**Figura 51.** Gráfica de normalidad para cloro residual libre del sistema de agua potable N° 1.

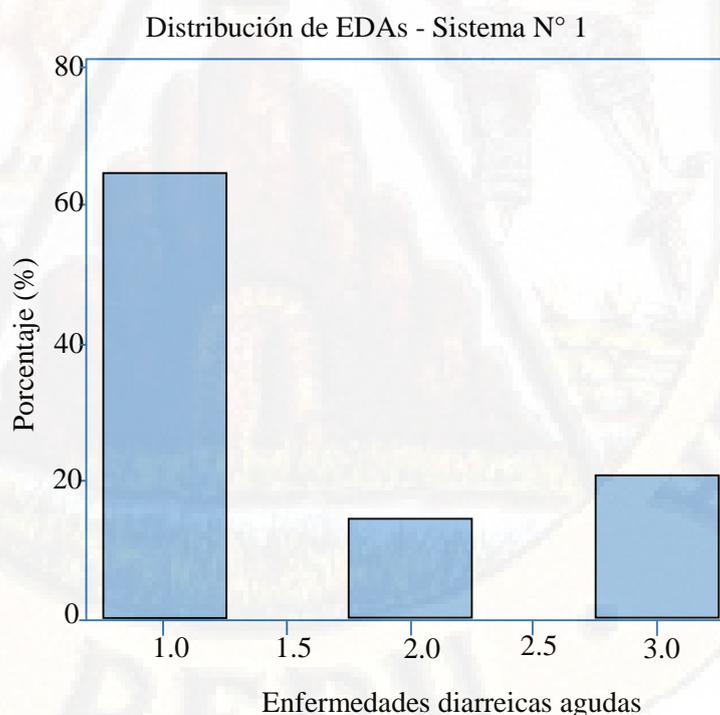
**Test de normalidad para casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años del sistema de agua potable N° 1.**

**Tabla 20**

*Test de normalidad para casos de EDAs en niños menores de 5 años del sistema de agua potable N° 1*

Test para normalidad				
Test	Estadístico		p valor	
Shapiro Wilk	W	0.668009	Pr < W	0.0002

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Shapiro Wilk, en el cual resultó que los casos de EDAs en niños en niños menores de 5 en el sistema de agua potable N° 1, muestran un comportamiento no normal debido a que el p valor de 0.0002 es menor que 0.05.



**Figura 52.** Gráfica de normalidad para casos de EDAs para niños 5 años del sistema de agua potable N° 1.

## EL SISTEMA DE AGUA POTABLE N° 2

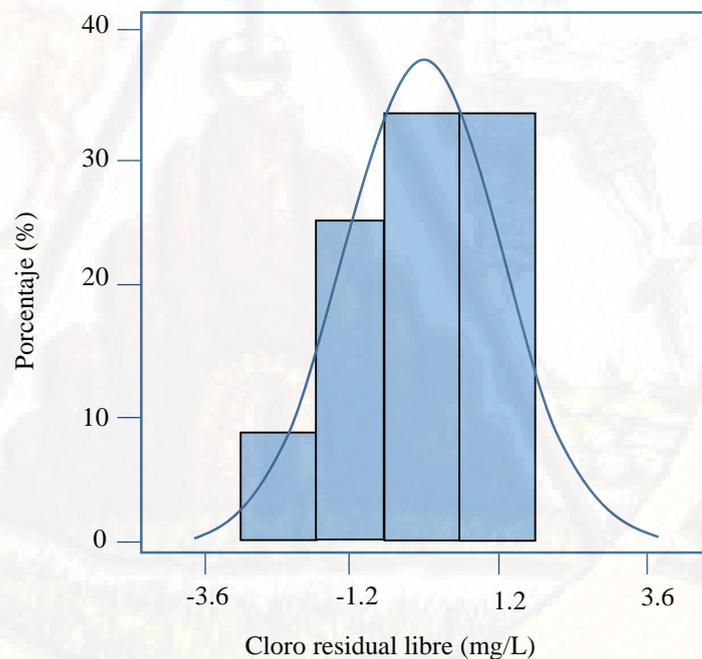
### Test de normalidad para cloro residual libre del sistema de agua potable N° 2.

**Tabla 21**

*Test de normalidad para cloro residual libre del sistema de agua potable N° 2*

Test para normalidad				
Test	Estadístico	p valor		
Shapiro Wilk	W	0.936507	Pr < W	0.4542

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Shapiro Wilk debido a que nuestro tamaño de muestra analizado es menor a 50 datos ( $n=50$ ), en el cual resultó que los datos de cloro residual libre en el sistema de agua potable N° 2, muestran un comportamiento normal debido a que el p valor de 0.4542 es mayor que 0.05.



**Figura 53.** Gráfica de normalidad para cloro residual libre del sistema de agua potable N° 2.

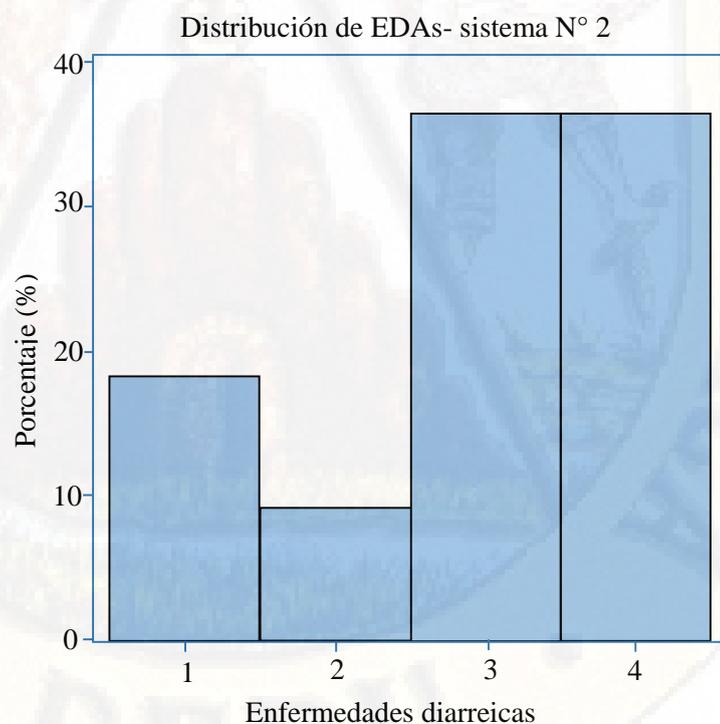
**Test de normalidad para casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años del sistema de agua potable N° 2.**

**Tabla 22**

*Test de normalidad para casos de EDAs en niños menores de 5 años del sistema de agua potable N° 2*

Test para normalidad				
Test	Estadístico		p valor	
Shapiro Wilk	W	0.828265	Pr < W	0.0222

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Shapiro Wilk, en el cual resultó que los casos de EDAs en niños en niños menores de 5 en el sistema de agua potable N°2, muestran un comportamiento no normal debido a que el p valor de 0.0222 es menor que 0.050.



**Figura 54.** Gráfica de normalidad para casos de EDAs para niños 5 años del sistema de agua potable N° 2.

## 422 Contratación de la hipótesis general

### A. Formulación de hipótesis estadísticas

**Ho:** No existe una relación inversa y significativa entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$\rho_{x,y}=0$$

**Ha:** Existe una relación inversa y significativa entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$\rho_{x,y}\neq 0$$

### B. Nivel de significación

El presente trabajo de investigación se estableció:

$$\alpha/2 = 0.025$$

$$gl = 42-2 = 40$$

$$\text{Valor crítico} = -2.021$$

### C. Regla de decisión

A partir de nuestra hipótesis planteada la  $H_a$  ( $\neq$ ) nos indica, 2 colas al extremo para un nivel de confianza al 95 % ( $1- \alpha/2$ ) por tanto:

$T_{\text{cal}} =$  que el valor de la T tabla se acepta la hipótesis nula

$T_{\text{cal}} \neq$  que el valor de la T tabla se rechaza la hipótesis nula

### D. Estadígrafos de prueba

El estadístico de prueba utilizado fue T Student para correlación de Spearman que es una prueba estadística para medir la relación entre dos variables X y Y.

**Tabla 23**

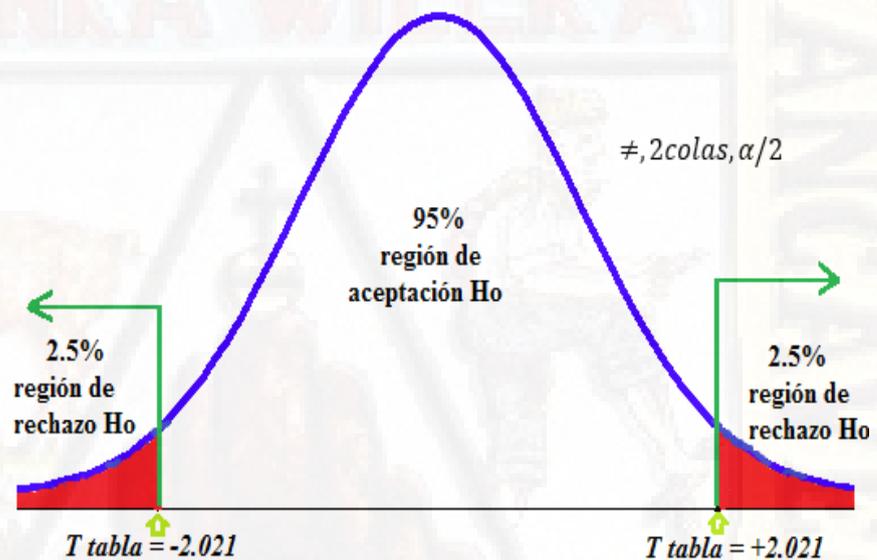
Resultado de correlación de Spearman ( $\rho$ ) de los variables cloro residual libre del sistema N° 1 y enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años.

Coefficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ )	-0.41800
Tamaño de muestra (n)	42

Reemplazando los datos a la fórmula de T Student de correlación de Spearman se tiene:

$$T_{cal} = \frac{\rho\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\rho^2}}$$

Resultado de T calculado ( $T_{cal}$ )= -2.910



**Figura 55.** Campana de Gauss para prueba T Student de Spearman.

### E. Decisión estadística

Se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptó la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Debido que el valor T calculado ( $T_{cal}$ ) de -2.910 es menor al valor de T tabla de -2.021, por tanto, se concluye que existe una relación inversa débil y significativa entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

**423. Contrastación de hipótesis específicas N° 1**

**✚ SISTEMA DE AGUA POTABLE N° 1**

**A. Formulación de hipótesis estadísticas**

**Ho:** El cloro residual libre se encuentra mayor o igual a 0.5 mg/L en el 90 % de viviendas en las muestras de agua potable del área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$\mathbf{Ho: \mu \geq 0.5 \text{ en } 90 \%}$$

**Ha:** El cloro residual libre se encuentra menor a 0.5 mg/L en 90 % de viviendas en las muestras de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$\mathbf{Ha: \mu < 0.5 \text{ en } 90 \%}$$

**B. Nivel de significación**

El presente trabajo de investigación se estableció:

$$\alpha = 0.05$$

$$gl = 23 - 1 = 22$$

$$\text{Valor crítico} = -1.717$$

**C. Regla de decisión**

A partir de nuestra hipótesis planteada la  $H_a (<)$  nos indica, 1 cola hacia la izquierda, por tanto:

$T_{\text{cal}} \leq$  que el valor de la T tabla se rechaza la hipótesis nula

$T_{\text{cal}} \geq$  que el valor de la T tabla se acepta la hipótesis nula

**D. Estadígrafos de prueba**

Se realizó el análisis de T Student para la dimensión cloro residual libre del sistema de agua potable N° 1, teniendo 25 puntos de monitoreo como total, para la condición de hipótesis planteada resulta 23 siendo el tamaño de muestra para el análisis.

**Tabla 24**

*Estadística descriptiva de los datos de cloro residual del sistema de agua potable N° 1*

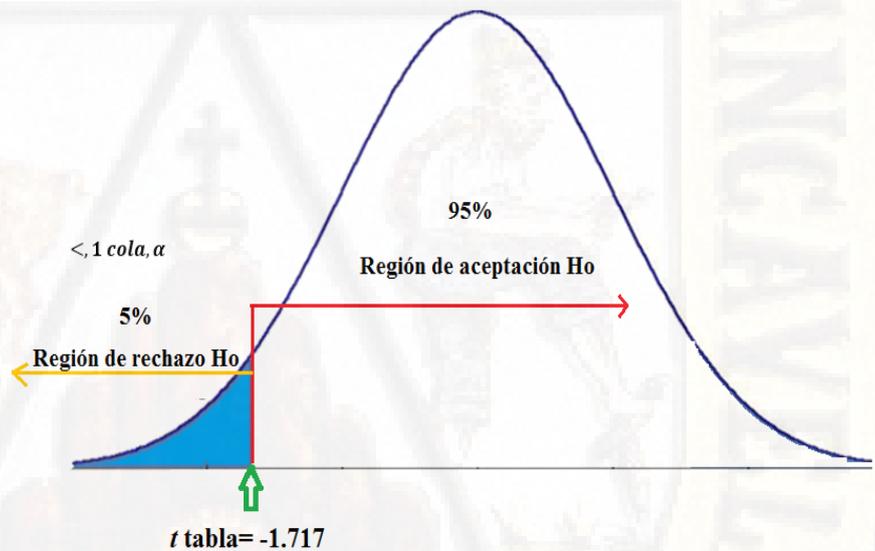
Cloro residual libre del sistema N° 1	Valor
Nivel de significancia (Ns)	0.05
Nivel de confianza (Nc)	0.95
Valor hipotético ( $\mu$ )	0.5
Muestra ( $n$ )	23
Grados de libertad ( $n-1$ )	22
Media ( $\bar{X}$ )	0.81
Desviación estándar ( $\sigma$ )	0.31

Obteniendo el valor del estadígrafo de prueba con la fórmula de

T Student:

$$T_{cal} = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Resultado de T calculado= -11.41



**Figura 56.** Campana de Gauss para prueba de T Student, sistema de agua potable N° 1.

### **E. Decisión estadística**

Se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptó la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Debido que el valor de T calculado de -11.41 es menor al valor de T tabla -1.717, por lo tanto, se afirma que el cloro residual libre se encuentra menor a 0.5 mg/L en el 90% de viviendas en las muestras de agua potable del área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019, en el sistema de agua potable N° 1.

## ✚ SISTEMA DE AGUA POTABLE N° 2

### A. Formulación de hipótesis estadísticas

**Ho:** El cloro residual libre se encuentra mayor o igual a 0.5 mg/L en el 90 % de viviendas en las muestras de agua potable del área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

**Ho:  $\mu \geq 0.5$  en 90 %**

**Ha:** El cloro residual libre se encuentra menor a 0.5 mg/L en el 90 % de viviendas en las muestras de agua potable del área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

**Ha:  $\mu < 0.5$  en 90 %**

### B. Nivel de significación

El presente trabajo de investigación se estableció:

$\alpha=0.05$

$gl=7-1=6$

Valor crítico= -2.015

### C. Regla de decisión

A partir de nuestra hipótesis planteada la  $H_a (<)$  nos indica, 1 cola hacia la izquierda, por tanto:

$T_{cal} \leq$  que el valor del T de la tabla se rechaza la hipótesis nula

$T_{cal} \geq$  que el valor del T de la tabla se acepta la hipótesis nula

### D. Estadígrafos de prueba

Se realizó el análisis de T Student para la dimensión cloro residual libre del sistema de agua potable N° 2, teniendo 7 puntos de monitoreo como total, para la condición de hipótesis planteada resulta 6 siendo el tamaño de muestra para el análisis.

**Tabla 25**

*Estadística descriptiva de los datos de cloro residual del sistema de agua potable N° 2*

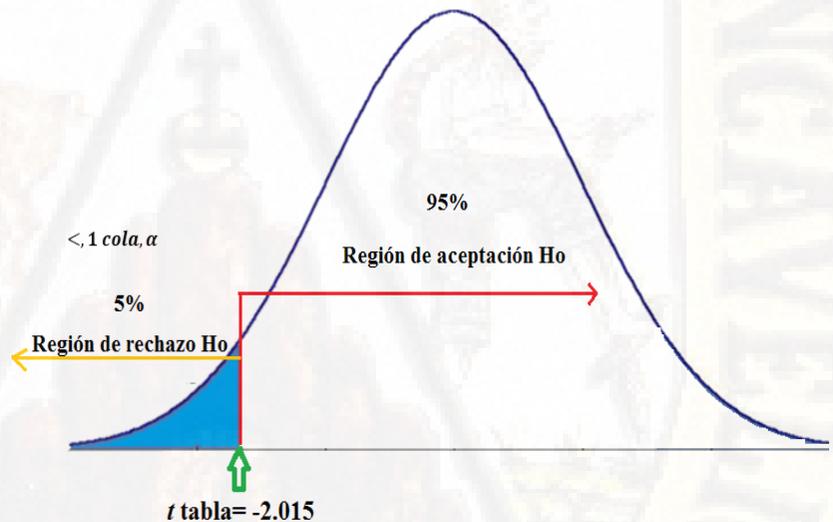
Cloro residual libre del sistema N° 2	Valor
Nivel de significancia (Ns)	0.05
Nivel de confianza (Nc)	0.95
Valor hipotético ( $\mu$ )	0.50
Muestra ( $n$ )	6
Grados de libertad ( $n-1$ )	5
Media ( $\bar{X}$ )	0.124
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	0.049

Obteniendo el valor del estadígrafo de prueba con la fórmula de

T Student:

$$t = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Resultado de T calculado= -23.18



**Figura 57.** Campana de Gauss para prueba de T Student para sistema N° 2.

### **E. Decisión estadística**

Se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptó la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Debido que el valor de T calculado -23.18 es menor al valor de T tabla -2.015, por lo tanto, se afirma que el cloro residual libre se encuentra menor a 0.5 mg/L en el 90% de viviendas en las muestras de agua potable del área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019, en el sistema N° 2.

**424. Contrastación de hipótesis específicas N° 2**

**✚ SISTEMA DE AGUA POTABLE N° 1**

**A. Formulación de hipótesis estadísticas**

Ho: No existe casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$\mathbf{Ho: \mu =0}$$

Ha: Existe casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$\mathbf{Ha: \mu >1}$$

**B. Nivel de significación**

Se realizó con un error de 5 %; es decir  $\alpha=0.05$  y con un grado de confianza de 95 % con  $1- \alpha=0.95$ .

Z wilcoxon tabla= 1.645

**C. Regla de decisión**

A partir de nuestra hipótesis planteada la Ha (>) nos indica, 1 cola hacia la derecha, por tanto:

$Z_w \leq$  que el valor del Z de la tabla se acepta la hipótesis nula

$Z_w \geq$  que el valor del Z de la tabla se rechaza la hipótesis nula

**D. Estadígrafos de prueba**

El estadístico de prueba utilizado fue el rango de signos de “wilcoxon”, esta prueba es equivalente a la prueba de T Student para datos que no cumple la normalidad, para tamaño de muestra ( $n >20$ ) y se utiliza la tabla de prueba “Z”.

**Tabla 26**

Resultado de valor de wilcoxon para casos de EDAs en niños menores de 5 años del sistema de agua potable N° 1

Casos de EDAs en niños menores de 5 años por barrios	
Valor estadístico de wilcoxon (W)	48.1
Valor hipotético ( $\mu$ )	1
Tamaño de muestra (n)	22

Reemplazando los datos a la fórmula de rango de signos de wilcoxon se tiene:

$$Z_w = \frac{W - \mu_w}{\sigma_w} = \frac{W - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

Donde:

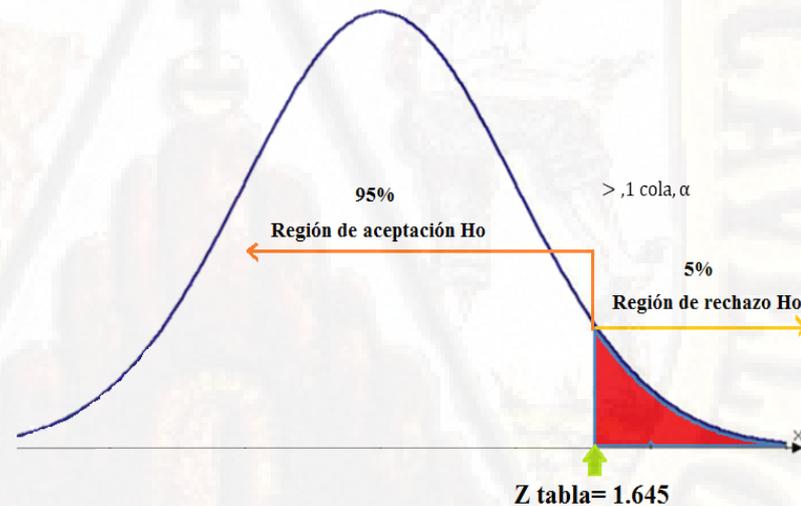
$Z_w$ : Valor Z de wilcoxon

W: Valor estadístico de wilcoxon

$\mu_w$ : Promedio de la Z de wilcoxon

$\sigma_w$ : Desviación estándar de la Z de wilcoxon

Resultado de valor Z de wilcoxon calculado ( $Z_w$ ) = 1.982



**Figura 58.** Campana de Gauss para prueba de rango de signos de wilcoxon, sistema de agua potable N° 1.

### E. Decisión estadística

Se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptó la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Debido que el valor de Z calculado 1.982 es mayor al valor de Z tabla 1.645, por lo tanto, se afirma que existen casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años en

el área urbana del distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019, sistema de agua potable N° 1.

## SISTEMA DE AGUA POTABLE N°2

### A. Formulación de hipótesis estadísticas

Ho: No existe casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$H_0: \mu = 0$$

Ha: Existe casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$H_a: \mu > 1$$

### B. Nivel de significación

Se realizó con un error de 5 %; es decir  $\alpha=0.05$  y con un grado de confianza de 95 % con  $1-\alpha=0.95$ .

$Z_{\text{wilcoxon tabla}} = 1.645$

### C. Regla de decisión

A partir de nuestra hipótesis planteada la  $H_a (>)$  nos indica, 1 cola hacia la derecha, por tanto:

$Z_w \leq$  que el valor del Z de la tabla se acepta la hipótesis nula

$Z_w \geq$  que el valor del Z de la tabla se rechaza la hipótesis nula

### D. Estadígrafos de prueba

El estadístico de prueba utilizado fue el rango de signos de “wilcoxon”, esta prueba es equivalente a la prueba de T Student para datos que no cumple la normalidad, para tamaño de muestra ( $n > 20$ ) y se utiliza la tabla de prueba “Z”.

**Tabla 27**

*Resultado de valor de wilcoxon para casos de EDAs en niños menores de 5 años del sistema de agua potable N° 2*

<b>Casos de EDAs en niños menores de 5 años por barrios</b>	
Valor estadístico de wilcoxon ( $W$ )	15
Valor hipotético ( $\mu$ )	1
Tamaño de muestra ( $n$ )	32

Reemplazando los datos a la fórmula de rango de signos de Wilcoxon se tiene:

$$Z_w = \frac{W - \mu_w}{\sigma_w} = \frac{W - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

Donde:

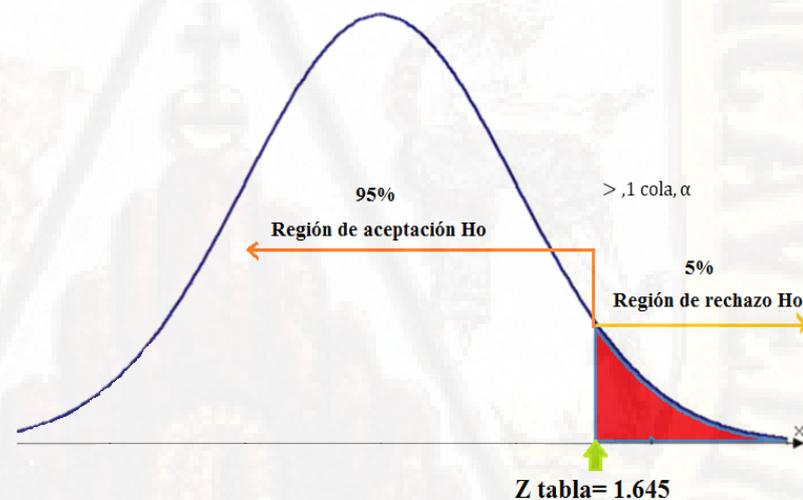
$Z_w$ : Valor Z de wilcoxon

$W$ : Valor estadístico de wilcoxon

$\mu_w$ : Promedio de la Z de wilcoxon

$\sigma_w$ : Desviación estándar de la Z de wilcoxon

Resultado de valor Z de wilcoxon calculado ( $Z_w$ ) = 1.657



**Figura 59.** Campana de Gauss para prueba de rango de signos de wilcoxon, sistema de agua potable N° 2.

### **E. Decisión estadística**

Se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptó la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Debido que el valor de Z calculado 1.657 es mayor al valor de Z tabla 1.645, por lo tanto, se afirma que existen casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019, sistema de agua potable N° 2.

**425. Contrastación de hipótesis específicas N° 3**

**✚ SISTEMA DE AGUA POTABLE N° 1**

**A. Formulación de hipótesis estadísticas**

Ho: Alguno de los barrios no superan 10 casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$\text{Ho: } \mu \leq 10 \text{ casos}$$

Ha: Alguno de los barrios superan 10 casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$\text{Ha: } \mu > 10 \text{ casos}$$

**B. Nivel de significación**

Se realizó con un error de 5 %; es decir  $\alpha=0.05$  y con un grado de confianza de 95 % con  $1-\alpha=0.95$ .

Z wilcoxon tabla= 1.645

**C. Regla de decisión**

A partir de nuestra hipótesis planteada la  $H_a (>)$  nos indica, 1 cola hacia la derecha, por tanto:

$Z_w \leq$  que el valor del Z de la tabla se acepta la hipótesis nula

$Z_w \geq$  que el valor del Z de la tabla se rechaza la hipótesis nula

**D. Estadígrafos de prueba**

El estadístico de prueba utilizado fue el rango de signos de “wilcoxon”, esta prueba es equivalente a la prueba de T Student para datos que no cumple la normalidad, para tamaño de muestra  $n > 20$ , para la dimensión de casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años por barrios.

**Tabla 28**

*Resultado de valor estadístico de wilcoxon para casos de EDAs en niños menores de 5 años por barrios del sistema de agua potable N° 1*

<b>Casos de EDAs en niños menores de 5 años por barrios</b>	
Valor estadístico de wilcoxon ( $W$ )	23.9
Valor hipotético ( $\mu$ )	10
Tamaño de muestra ( $n$ )	22

Reemplazando los datos a la fórmula de rango de signos de wilcoxon se tiene:

$$Z_w = \frac{W - \mu_w}{\sigma_w} = \frac{W - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

Donde:

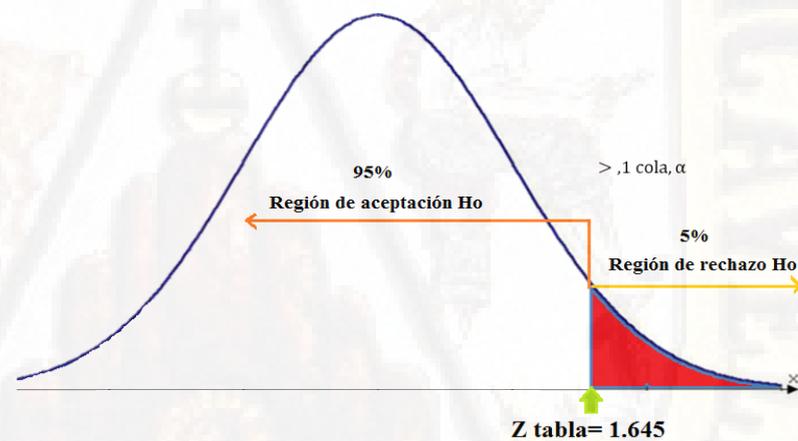
$Z_w$ : Valor Z de wilcoxon

$W$ : Valor estadístico de wilcoxon

$\mu_w$ : Promedio de la T de wilcoxon

$\sigma_w$ : Desviación estándar de la T de wilcoxon

Resultado de valor Z de wilcoxon calculado ( $Z_w$ ) = -0.32



**Figura 60.** Campana de Gauss para prueba de rango de signos de wilcoxon, sistema de agua potable N° 1.

### **E. Decisión estadística**

Se aceptó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y rechazó la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Debido que el valor Z de wilcoxon calculado ( $Z_w$ ) de -0.32 es menor al valor Z tabla de 1.645, por tanto, se afirma que alguno de los barrios no supera 10 casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019, sistema de agua potable N° 1.

## ✚ SISTEMA DE AGUA POTABLE N°2

### A. Formulación de hipótesis estadísticas

Ho: Alguno de los barrios no superan 10 casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$\text{Ho: } \mu \leq 10 \text{ casos}$$

Ha: Alguno de los barrios superan 10 casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

$$\text{Ha: } \mu > 10 \text{ casos}$$

### B. Nivel de significación

Se realizó con un error de 5 %; es decir  $\alpha=0.05$ , y con un grado de confianza de 95 %, es decir con  $1 - \alpha=0.95$ .

$$Z_{\text{tabla}}=1.645$$

### C. Regla de decisión

A partir de nuestra hipótesis planteada la  $H_a (>)$  nos indica, 1 cola hacia la derecha, por tanto:

$Z_{\text{cal}} \leq$  que el valor del Z de la tabla se acepta la hipótesis nula

$Z_{\text{cal}} \geq$  que el valor del Z de la tabla se rechaza la hipótesis nula

### D. Estadígrafos de prueba

Se realizó el análisis con la prueba de rango de signos de wilcoxon para la dimensión de casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años por barrios.

**Tabla 29**

*Resultado de valor de wilcoxon para casos de EDAs en niños menores de 5 años por barrios del sistema de agua potable N° 2*

Casos de EDAs en niños menores de 5 años por barrios	
Valor estadístico de wilcoxon (W)	30
Valor hipotético ( $\mu$ )	10
Tamaño de muestra (n)	32

Reemplazando los datos a la fórmula de rango de signos de wilcoxon se tiene:

$$Z_w = \frac{W - \mu_w}{\sigma_w} = \frac{W - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

Donde:

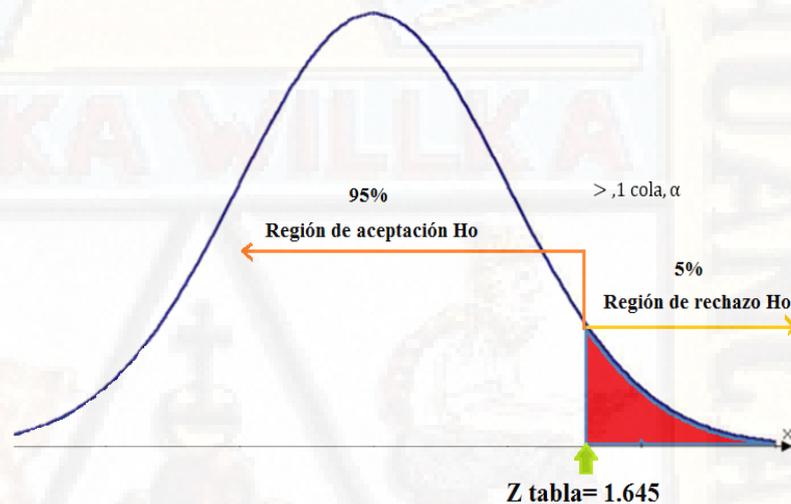
$Z_w$ : Valor Z de wilcoxon

$W$ : Valor estadístico de wilcoxon

$\mu_w$ : Promedio de la Z de wilcoxon

$\sigma_w$ : Desviación estándar de la Z de wilcoxon

Resultado de valor Z de wilcoxon calculado ( $Z_w$ ) = 1.812



**Figura 61.** Campana de Gauss para prueba de rango de signos de wilcoxon sistema de agua potable N° 2.

### E. Decisión estadística

Se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptó la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Debido que el valor Z de wilcoxon calculado ( $Z_w$ ) de 1.812 es mayor al valor de Z tabla de 1.645, por lo tanto, se afirma que alguno de los barrios supera 10 casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019, sistema de agua potable N° 2.

### 4.3. Discusión de resultados

En la investigación realizada se demostró que existe una relación inversa débil de 0.418 y significativa entre el cloro residual libre en agua potable y los casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, determinado con la prueba de coeficiente de correlación de Spearman, el resultado se debe a que el cloro residual libre en la redes distribución de los sistemas de abastecimiento de agua potable en 40.63 % no cumple con el límite mínimo permisible de 0.5 mg/L según D.S.031-2010-SA, además la turbiedad en la unidad de cloración del sistema de agua potable N° 2 supera el límite máximo de 5 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT), el cloro disminuye la eficiencia de desinfección porque las partículas de suspensión al agente patógeno le sirve como una barrera, debido a estas condiciones el agua de consumo humano presenta mala calidad microbiológicamente y por tanto afecta a la salud del grupo etario vulnerable. Similar obtenido por Saltos (2012) donde demuestra con la prueba de chi cuadrado  $X^2=9.2308$ , que la calidad del agua de consumo doméstico (turbiedad y cloro residual libre) influye en la prevalencia de enfermedades diarreicas agudas en los pacientes menores de 5 años que acuden a la consulta externa del sub centro de salud de la parroquia Santa Rosa-Ecuador, el mismo cuenta con dos sistemas de suministro de agua potable, el cloro residual libre en uno de los sistemas la mayoría de las muestras cumple con el rango establecido de (0.3-1.5 mg/L) a diferencia del otro que los valores fueron inferiores al rango permisible de 0.3 mg/L resultando mayores casos de EDAs respecto al sistema anterior. Sucediendo lo contrario según Ferró, Ferró y Ferró (2019) los resultados obtenidos mediante correlación cruzada las enfermedades diarreicas agudas no son causadas directamente por el agua distribuida por la empresa proveedora de servicio de agua potable de puno, ya que el cloro residual libre se encuentra por encima de 0.5 mg/L, sin embargo, la poca continuidad del servicio de agua potable (aproximadamente 2 horas al día), existe la posibilidad de contaminación durante el transporte y almacenamiento intradomiciliario dando lugar a la re contaminación del agua.

La concentración de cloro residual libre en los sistemas de abastecimiento de agua potable del área urbana del distrito de Yauli, en comparación con el reglamento de calidad del agua para el consumo humano D.S. 031-2010-SA, no cumple con lo establecido (90 % de muestras  $\geq$  a 0.50 mg/L y el 10 % de muestras restantes  $\geq$  0.30 mg/L). Ya que los resultados en el sistema de agua potable N° 1, solo en 76 % de muestras analizadas fueron valores mayores a 0.50 mg/L y el 10 % son superiores al 0.30 mg/L con una dosis de cloro promedio de 2.40 mg/L para un caudal promedio de 26.45 L/s, mientras para el sistema de agua potable N°2 no cumple con ninguno de los rangos permisibles para una dosis de cloro promedio de 0.27 mg/L a un caudal promedio de 3.80 L/s, por tanto la aplicación de dosis de hipoclorito de calcio en las unidades de desinfección no es suficiente para garantizar la calidad microbiológico del agua de consumo humano. Similar encontrado por Pérez y Ramos (2018) donde los resultados de cloro residual fueron menores a 0.5 mg/L en el 90 % de muestras de agua analizadas y el 10% restante en 3 quincenas superan a 0.30 mg/L con una dosis de cloro promedio de 0.46 mg/L a un caudal promedio de 5 L/s . Siendo lo contrario los resultados encontrados por Guanuchi y Ordóñez (2017) la concentración de cloro residual libre durante los meses de muestreo fueron de 0.39 a 1.17 mg/L en 27 puntos de monitoreo equivalente a 90 % y el resto de los puntos de monitoreo que representa el 10 % no cumple con límite permisible según la Norma Ecuatoriana NTE INEN 1108-2014, establecida de 0.3-1.5 mg/L para este sistema la dosis de aplicación de cloro fue 1.2 mg/L para un caudal de 15.26 L/s. Así mismo en el estudio realizado por Aguiar et al.,(2010) la concentración de cloro residual libre fueron de 0.5 a 0.9 mg/L, el cual cumple con los límites mínimos y máximos exigidos por la norma sanitaria de calidad del agua potable de la república Bolivariana de Venezuela de 0.3 a 1 mg/L, el resultado se debe a que la dosis de cloro aplicada en la unidad de desinfección es adecuada lo que garantiza que el agua suministrada a la población se mantenga potable, desde el punto de vista bacteriológico. Por otro lado los resultados de Cepeda (2015) muestra que el cloro residual libre fue 0,7 mg/L a la salida del reservorio, el cual disminuye en su trayectoria hasta la última vivienda a lecturas menores de 0.3 mg/L, debido que el cloro residual libre en la red de distribución

se consume, al oxidarse con la materia orgánica presente en el agua en el que influye el tiempo de contacto al interior de la red de distribución por presencia de biopelículas adheridas mantenimiento, el mismo comportamiento se presentó en la tesis, donde el cloro residual libre al ingreso del reservorio fue 1.40 mg/L llegando a la última vivienda de estudio a 0.32 mg/L en el sistema de agua potable N° 1, mientras en el sistema N° 2 fue 0.19 mg/L llegando a la vivienda final a 0.03 mg/L.

Las EDAs en niños menores de 5 años presentaron un total de 54 casos en el área urbana del distrito Yauli, del cual se obtuvo: los meses de octubre 18.50 %, noviembre 5.60 %, diciembre 14.80 %, enero 24.10 %, febrero 14.8 %, marzo 22.20 % siendo enero, marzo y octubre meses de mayor prevalencia de EDAs, así también el grupo etario de 1 a 4 años presentaron un total de 29 casos equivalente a 53.3 % y coincidente al igual que la tesis con Ferró, Ferró y Ferró (2019) respecto a las EDAs, empleó la información del número de casos notificados por mes información que obtuvo de la oficina de estadística de la Red de Salud de Puno pero su estudio se realizó desde enero del 2005 a octubre del 2010, el cual como resultado, los meses de diciembre, setiembre y marzo presentaron mayor casos de EDAs ya que se realizó un estudio con una variable adicional la temperatura demostrando con ello que el índice estacional señala un aumento de casos de EDAs siendo uno de los factores en su casuística endémica, como también el almacenamiento intradomiciliario al no poseer agua potable continua las 24 horas, además en los hallazgos de Carbonel (2016) resultó que hay mayor prevalencia de enfermedades diarreicas agudas en el grupo etario de niños con 1 a 4 años de edad. Se encontró que la presencia de enfermedades diarreicas agudas tiene mayor frecuencia en los meses de invierno debido a que la fuente del cual captan el agua se contamina con sedimentos, desechos sólidos, que acarrea en épocas de avenidas llegando así con baja calidad del agua causando las EDAs en los niños menores de 5 años, también Haro (2015) presenta un gráfico de canal endémico de la EDAs en el estado de México durante el año 2015 donde se aprecia un incremento en rango de epidemia en el mes de octubre para el municipio de Coyotepec, así también Noriega y Isabel

(2018) demuestran que al respecto de las incidencia de enfermedades diarreicas agudas en la localidad “La Noria” se encontró que el 68.60 % de los niños menores de 5 años si presentaron EDAs del cual 78.60 % con 1 a 2 episodios en el año siendo el mayor porcentaje encontrado, en este estudio resultó un porcentaje alto porque se analizó las EDAs respecto a las prácticas de higiene mediante una lista de cotejo y un cuestionario de preguntas aplicadas a las madres, las cuales permitieron evaluar las prácticas de higiene y la incidencia de EDAs en el menor de 5 años, cuya validez se determinó mediante juicio de expertos, lo que indica que es el otro factor causante de la EDAs, del mismo modo en Saltos (2012) la prevalencia de EDAs se establece un promedio de 19.33% con un rango de 17 a 28 casos, siendo el mes de noviembre debido a la variación estacional.

El sistema de agua potable N° 1 abastece a los barrios de Capillapata, Centro, Cebadapata, Miraflores y Florida barrios que presenta menores casos de EDAs, administrada por la municipalidad a diferencia del sistema N° 2 los barrios de Cesscchuycco y Mollepampa que es administrada por la junta administradora de servicios de saneamiento (JASS), presentaron mayores casos de EDAs en niños menores de 5 años, equivalente a 25.9 % y 33.3 % respectivamente, estos estudios coinciden con Saltos (2012) que cuenta con dos tipos de administración (EMAPA y ATANSE) quienes son encargados de distribuir agua para consumo humano, siendo ATANSE quien presentó mayor casos de enfermedades diarreicas agudas con un porcentaje de 45.24 % respecto a EMAPA, se debe al factor climático ya que en ambos estudios en los meses de avenidas hay mayor contaminación de las fuentes superficiales (río) así también, la turbiedad incrementa siendo un interferente para la cloración ya que no cuentan con una planta de tratamiento de agua potable completa ocasionando una desinfección con bajas concentraciones de cloro residual libre en el recorrido de la red de distribución.

## Conclusiones

- Existe una relación inversa débil y significativa entre las variables de estudio determinado con la prueba de correlación de Spearman es decir expresa la siguiente tendencia: cuanto menor sea la concentración de cloro residual libre en agua para consumo humano, mayor será el número de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli.
- El cloro residual libre en los sistemas de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, no cumple con el reglamento de calidad del agua para consumo humano (D.S. 031-2010-SA). Los factores influyentes son: dosis de cloro inadecuada, falta de operadores capacitados y presupuesto para la adquisición del insumo químico.
- Los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años presentaron un total de 54 casos, de los cuales 22 y 32 en el sistema de agua potable N° 1 y N° 2 respectivamente. El cual se debe a la dosificación de cloro inadecuado del agua de consumo humano.
- Los barrios Cceschehuaycco y Mollepampa presentan mayores casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) y el grupo etario más vulnerable fueron de 1 a 4 años con EDAs de tipo acuosa.

## **Recomendaciones**

### **Para sistema de agua potable N° 1:**

- Administrada por el Área Técnica Municipal (ATM) se recomienda, considerar los puntos de monitoreo establecido para la medición de cloro residual libre y contar con el formato de registro histórico de cloro residual libre.
- Implementar un medidor de caudal después de la salida de la cámara rompe presión, para facilitar al operador la determinación de caudal exacto para la dosificación de cloro.
- Implementar el dispositivo de nivel estático al interior del reservorio para optimizar el clorada que se desperdicia por la tubería de rebose.

### **Para sistema de agua potable N° 2:**

- Implementar la unidad de filtro lento para la remoción de la turbiedad después del sedimentador.
- Al Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) se recomienda asistir a talleres que realiza la municipalidad en temas de operación, mantenimiento y cloración
- Adquirir los implementos, equipo de medición de cloro residual, formato para el registro de cloro residual e insumo químico para cumplir con su función de manera adecuada.

### **A los estudiantes de la Universidad Nacional de Huancavelica:**

- se recomienda realizar investigaciones en: determinación de dosis óptima de cloro y modelación de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable.

## Referencias bibliográficas

- Aguero, R. (2016). *Agua Potable para Poblaciones Rurales*. Perú.
- Aguiar, J., Aguilera, E., Figueroa, L., Oropesa, I., Pérez, A., & Santana, N. (2010). *Evaluación de los Niveles de Cloro Residual en la Red de Distribución de Agua Potable del Sistema Valle Hondo, Municipio Palavecino, Estado Lara*. Unidad Educativa Colegio San Vicente de Paúl, Venezuela.
- Alcocer, V. H., & Tzatchkov, V. (2007). *Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Agua Potable*. México.
- Alcocer, V., & Tzatchkov, V. (2007). *Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Agua Potable* (2007.<sup>a</sup> ed.). México.
- Alejandro, L. A. (2017). *Impacto de la Calidad de Agua para Consumo Humano en la Salud de la Población del Cantón Penipe, Provincia de Chimborazo*. (Trabajo de Pos grado). Universidad Regional de los Andes, Ecuador.
- Álvarez, F. J. (2009). *Manual de Tratamientos del Agua de Consumo Humano*.
- Arboleda, J. (1992). *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua* (3ra ed., Vol. 2). Colombia.
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y Práctica de Purificación del Agua-Tomo 2* (Tercera, Vol. 2). Colombia: Editorial Nomos S.A.
- Bonnefoy, X. (2004). *Agua*. Estados Unidos.
- Cáceres, D. C., Estrada, E., De Antonio, R., & Peláez, D. (2005). La Enfermedad Diarreica Aguda: Un Reto para la Salud pública en Colombia. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 17, 6-14.
- Cairncross, S., Hunt, C., Boisson, S., Bostoen, K., Curtis, V., Fung, I. C., & Schmidt, W.-P. (2010). Water, Sanitation and Hygiene for the Prevention of Diarrhoea.

*International Journal of Epidemiology*, 39(Suppl 1), i193-i205.

Campoverde, J. A. (2015). *Análisis del Efecto Toxicológico que Provoca el Consumo Humano de Agua no Potable, Mediante la Determinación de Cloro Libre Residual en Aguas Tratadas de las Parroquias Rurales del Cantón Cuenca, Ecuador*. (Tesis de Grado: Magister en Toxicología Industria y Ambiental). Universidad Estatal de Cuenca, Ecuador.

Carbonel, G. (2016). *Prevalencia de Enfermedades Diarreicas Agudas en Pacientes Pediátricos de 1mes a 5 años en el hospital de Ventanilla en el año 2016*. 2.

CARE International. (2012). *Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo 5. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable*. Ecuador.

Cepeda, J. L. (2015). *Disminución de la Calidad de Agua por Variaciones del Cloro Libre Residual entre la Red de Distribución y la Red Interna de los Usuarios en Urbanización Ciudad Verde de Machala, Provincia de El Oro, Ecuador*. (Tesis de Pre grado). Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ingeniería Civil, Ecuador.

Chin, J. (2000). *Control of Communicable Diseases Manual*. (17 edición). Estados Unidos: American Public Health Association.

Comisión Nacional del Agua. (1990). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento* (Vol. 23). México.

Cortez, A. M., & Pinedo, J. C. R. (2014). Evaluación de la Concentración de Cloro en Agua de Consumo Humano en Cajamarca-Perú. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 1(1), 9.

DIGESA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS*

N°031-2010-SA.

ENDES. (2018). *Salud Infantil*.

Estupiñán, S. M., & Ávila, S. L. (2010). Calidad Físico-Química y Microbiológica del Agua del Municipio de Bojacá, Cundinamarca. *Artículo científico. Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá, Colombia.*, 8(14), 7.

Ferro, F., Ferró, P. F., & Ferró, A. L. (2019). Distribución Temporal de las Enfermedades Diarreicas Agudas, su Relación con la Temperatura y Cloro Residual del Agua Potable en la Ciudad de Puno, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(1), 69-80.

Franco, L. E. (2006). *Cálculo de Redes de Agua potable Considerando Flujo Permanente*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Fustamante, N. (2017). *Manual para la Cloración del Agua en Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Ámbito rural*.

Guanuchi, C. M., & Ordóñez, J. A. (2017). *Evaluación del Cloro Residual en la Red de Distribución de Agua Potable del Cantón Azogues a través de un Modelo Experimental* (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Ingeniería Ambiental, Ecuador.

Hamdy, D., Moustafa, M., & Elbakri, W. (2014). Calibración de Cloro Residual por WaterCAD en la Red de Agua El-Nozha en la Ciudad de Alejandría, Egipto.

Haro, J. (2015). *Análisis Epidemiológico de la Cloración del Agua de Consumo Humano y su Relación con la Enfermedad Diarreica Aguda*. 25.

Hernández, R., Fernandez, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de Investigación* (6ta edición). México: Mic Graw Hill Education.

- Inca, H. A., & Ulloa, S. I. (2018). *Modelamiento y Simulación de la Concentración de Cloro Residual en la Red de Agua del Caserío de Pueblo Nuevo -Santiago de Chuco*. (Tesis de Pre grado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú.
- Lee, L., Lu, C., & Kung, S.-L. (2004). Spatial Diversity of Chlorine Residual in a Drinking Water Distribution System. *Journal of Environmental Engineering*, 130(11), 1263-1268.
- López, P. (1990). *Abastecimiento de Agua Potable y Disposición y Eliminación de Excretas* (1990.<sup>a</sup> ed.). México: Alfaomega.
- Ministerio de Salud. (2017). *Guía Técnica: Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Enfermedad Diarreica Aguda en la niña y el niño*.
- Miranda, M., Aramburú, A., Junco, J., & Campos, M. (2010). Situación de la Calidad de Agua para Consumo en Hogares de Niños Menores de Cinco Años en Perú, 2007-2010. *Rev Perú Med Exp Salud Publica.*, 27(4), 6.
- Mompremier, R., Fuentes, Ó. A. F., Jiménez, M. R., & Rodríguez, J. (2016). *Decaimiento de la Calidad del Agua en Redes Ocasionado por la Variación de los Coeficientes de Reacción del Cloro con el Volumen de Agua y la Pared de las Tuberías, Duberger-Les Saules, Ciudad de Québec, Canadá*. 10.
- Montoya, C., Cruz, C. H., Torres, P., Laín, S., & Escobar, J. C. (2012). Evaluación de las Condiciones de Mezcla y su Influencia sobre el Cloro Residual en Tanques de Compensación de un Sistema de Distribución de Agua Potable de la Ciudad de Cali, Colombia. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 9-30.
- Muñoz, J. M., & Mafla, L. A. (2007). *Monitoreo de Cloro Residual Libre, Presente en una Sección del Sistema Principal de Distribución de Acueducto Centillal el*

*Diamante ACUCESDI, Comprendida entre la Planta de Tratamiento Alegrías Alto y la Vereda Filobonito Sector Cajones, con Miras a Establecer los Correctivos Necesarios que Permiten Obtener un Resultado Óptimo en el Proceso de Cloración.* (Trabajo de Pre grado). Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Escuela de Química, Colombia.

Nagatani, T., Yasuhara, K., Murata, K., Takeda, M., Nakamura, T., Fuchigami, T., & Terashima, K. (2008). *Residual Chlorine Decay Simulation in Water Distribution System.* 11.

Noriega, G., & Isabel, M. (2018). Prácticas de Higiene y su Relación con la Incidencia de Enfermedades Diarreicas Agudas en el Niño Menor de 5 años en la Localidad de la Noria -Trujillo 2018. *Universidad César Vallejo.*

OMS. (2016). *Reglamento Sanitario Internacional 2005* (Tercera). Ginebra.

Organización Mundial de la Salud. (1998). *Guías para la Calidad del Agua Potable* (Segunda, Vol. 3). Ginebra.

Organización Mundial de la Salud (Ed.). (2004). *Guías para la Calidad del Agua Potable* (Tercera, Vol. 1). Ginebra: World Health Organization.

Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable* (Tercera, Vol. 1). Geneva: WHO.

Organización Mundial de la Salud. (2015). *World health statistics 2015.* Geneva: World health organization.

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Guidelines for drinking-water quality.*

Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Guía de Atención Integrada a las Enfermedades Prevalentes de la Infancia.* Colombia.

Pérez, J., & Romero, M. (2017). *Determinación de la Concentración de Cloro*

*Residual y Trihalometanos (Thm's) y su Impacto en la Salud según Sectores de Abastecimiento de Agua Potable en la Ciudad de Moyobamba-2015.* (Tesis de Pre grado). Universidad Nacional de San Martín ,Tarapoto, Facultad de Ecología, Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Perú.

Pérez, R. E., & 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 Pre grado). Universidad Nacional de Huancavelica.

Ministerio de Salud (2011). *Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, Perú.*

RENACE. (2019). *Boletín epidemiológico del Perú Volumen N°28.*

Rojacques, M. (2015). *Difusión del Cloro en Redes de Tuberías a Presión.* Universidad Nacional Autónoma de México.

Salto, S. J. (2012). *La Calidad del Agua de Consumo Doméstico y su Relación con la Prevalencia de las Enfermedades Diarreicas Agudas en Niños Menores de 5 Años que Acuden a Consulta Externa del Subcentro de Salud de la Parroquia Santa Rosa de la Ciudad de Ambato en el Período del 1 de julio al 31 de diciembre de 2011* (Tesis de Pre grado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de Salud, Ecuador.

Solsano, F., & Méndez, J. P. (2002). *La Desinfección del Agua* (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). Perú.

Tarqui, C., Álvarez, D., Gómez, G., Valenzuela, R., Fernandez, I., & Espinoza, P. (2016). Calidad Bacteriológica del Agua para Consumo en Tres Regiones del Perú. *Revista de Salud Pública*, 18(6), 904.

Valdivia, P. S. (2017). *La Calidad del Agua de Consumo Doméstico en Relación con las Enfermedades Diarreicas Agudas en Niños de 0 a 5 Años en el Centro Poblado de Pachachupan—Distrito de Chinchao, Provincia Huánuco, Región Huánuco, enero – junio 2017*. (Tesis de Pre grado). Universidad de Huánuco, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Huánuco-Perú.

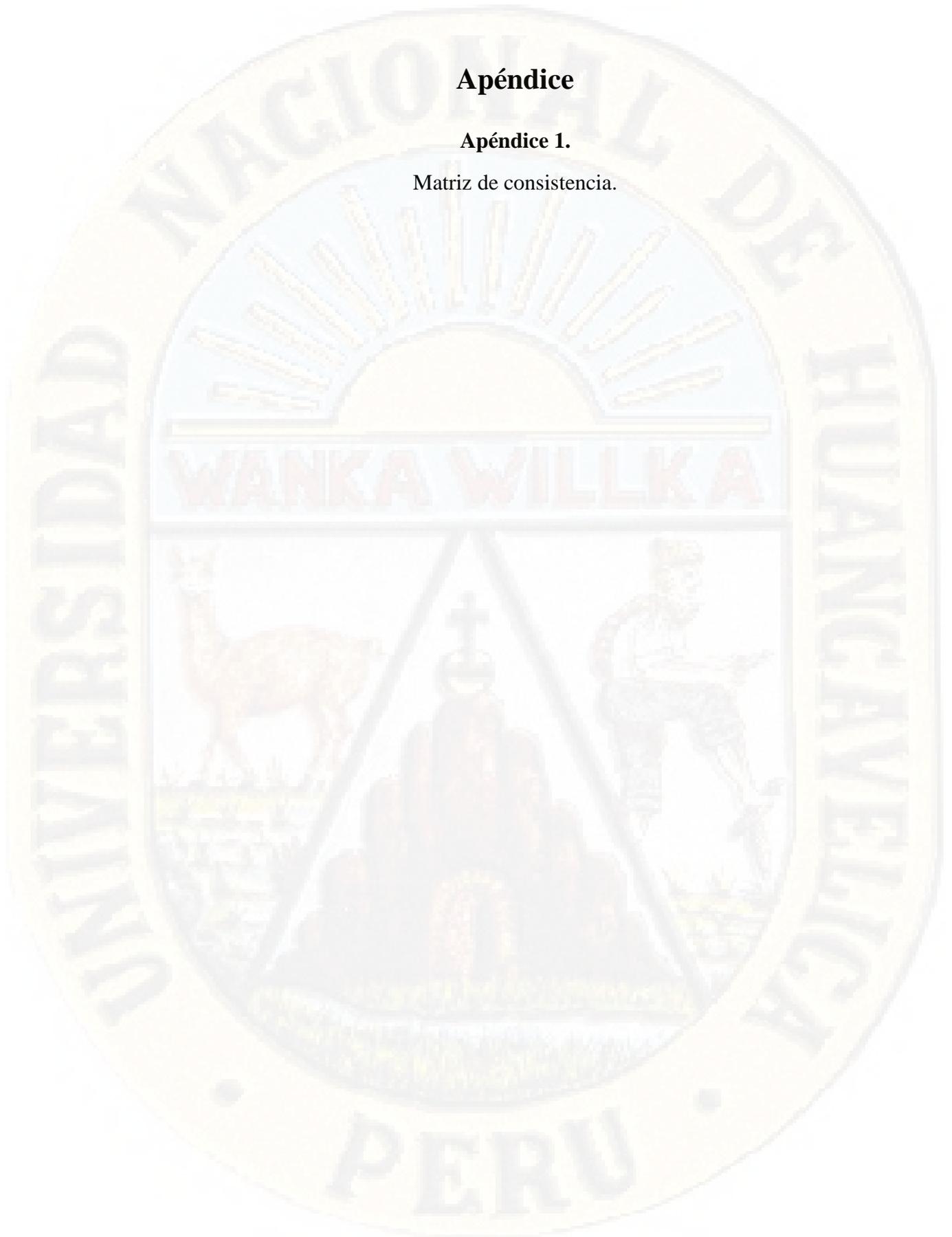
Vargas, A. (1990). *Calidad de agua*. Cenagua.

Vargas, F. (2005). La Contaminación Ambiental como Factor Determinante de la Salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 117-127.

## Apéndice

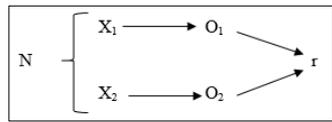
### Apéndice 1.

Matriz de consistencia.



**Tabla 30**

*Matriz de consistencia*

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	MUESTRA	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Existe relación entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Evaluar la relación entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b></p> <p>Existe una relación inversa y significativa entre el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento y los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Cloro residual libre en agua potable.</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años.</p>	<p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>968 conexiones intradomiciliarias de agua potable (grifos de agua) de los 7 barrios del área urbana.</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>32 conexiones intradomiciliarias de agua potable (grifos de agua) denominadas como punto de monitoreo de los 7 barrios del área urbana.</p> <p><b>MUESTREO</b></p> <p>La técnica de muestreo probabilístico</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Básica</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Correlacional</p> <p><b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b></p> <p>No Experimental –Transversal tipo correlacional.</p>  <p>Donde:</p> <p>N: 32 puntos de monitoreo de cloro residual libre</p> <p>X1: Cloro residual libre en agua potable.</p> <p>X2: Casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años.</p> <p>O1: Observación 1.</p> <p>O2: Observación 2.</p> <p>r: Correlación entre las variables.</p> <p><b>TÉCNICAS:</b></p> <p>Observación y Fichaje.</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>✓ ¿Cuál es la concentración de cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento en el área urbana del distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019, en comparación con el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>✓ Determinar el cloro residual libre en agua potable según sistema de abastecimiento en el área urbana del distrito de Yauli durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019, en comparación con el Reglamento de Calidad de Agua para</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b></p> <p>✓ El cloro residual libre se encuentra menor a 0.5 mg/L en el 90% de viviendas y en el 10% restante es mayor o igual a 0.3 mg/L en las muestras de agua potable según sistema de abastecimiento en el área urbana del distrito</p>			

- Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA. de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.
- ✓ ¿Existe casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019?
  - ✓ Identificar los casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.
  - ✓ Existe casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.
  - ✓ ¿Cuál de los barrios según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019 presenta mayores casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años?
  - ✓ Determinar cuál de los barrios según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019 presentan mayores casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años.
  - ✓ Algunos de los barrios superan 10 casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en niños menores de 5 años según sistema de abastecimiento de agua potable, durante los meses de octubre del 2018 a marzo del 2019.

#### **INSTRUMENTOS:**

GPS, Fotómetro marca Milwaukee y modelo MI411, ficha de recolección de datos y ficha de registro clínico de EDAs.

#### **TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS**

Software: Microsoft office y SAS

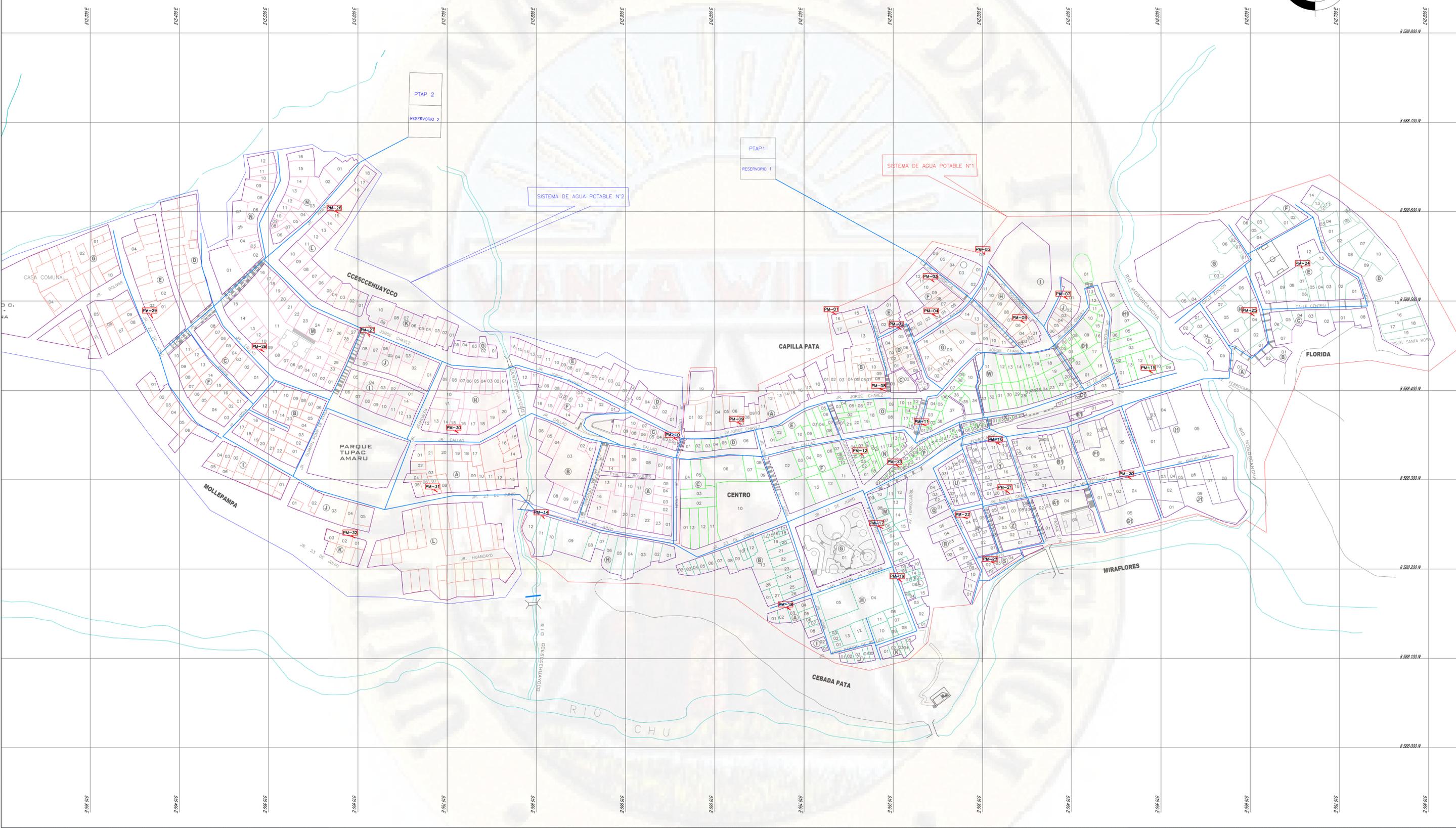
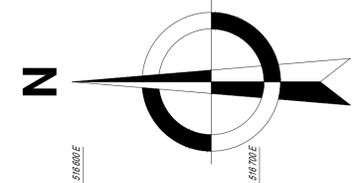
**Apéndice 2.**

Plano de los puntos de monitoreo de cloro residual libre



PLANO DE LOTIZACION DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE YAULI

ESC: 1/2000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA		
TESIS:	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 YAULI.	
PLANO:	PLANO DE PUNTOS DE MONITOREO DE CLORO RESIDUAL LIBRE	
AUTORES:	BACH. HUILLAS NOA, CARMEN ROSA BACH. TAÍPE ALANYA, LOURDES	FECHA: OCTUBRE-MARZO 2019 ESCALA: 1/2000
LAMINA:	L-1	

### Apéndice 3.

#### Base de datos de parámetros físico y químico del agua potable

**Tabla 31**

*Georreferenciación de los puntos de medición de turbiedad en las unidades de cloración*

Sistema de agua potable	Puntos de muestreo	Unidades de PTAP	Coordenadas UTM		Cota m.s.n.ma
			Norte	Este	
N°1	PC-1	Cámara de mezcla rápida	8588212.62	516560.13	3580
N°2	PC-2	Cámara de reunión de caudal	8588494.85	516709.35	3536

**Tabla 32**

*Base de datos de turbiedad en las unidades de cloración de octubre de 2018 a marzo de 2019*

Fechas de monitoreo	Sistema de agua potable N° 1		Sistema de agua potable N° 2	
	Cámara de Mezcla Rápida	Promedio	Cámara de reunión de caudal	Promedio
Octubre	15/10/2018	0.55	4.08	4.10
	30/10/2018	0.60	4.12	
Noviembre	15/11/2018	0.57	4.18	4.17
	30/11/2018	0.65	4.15	
Diciembre	14/12/2018	0.86	6.20	6.35
	28/12/2018	0.98	6.50	
Enero	15/01/2019	0.94	7.31	7.50
	30/01/2019	1.02	7.68	
Febrero	15/02/2019	0.55	9.04	9.20
	28/02/2019	0.89	9.35	
Marzo	15/03/2019	0.65	8.36	8.43
	29/03/2019	0.77	8.49	

**Tabla 33**

*Base de datos de dosis de cloro aplicados en los sistemas de agua potable durante octubre de 2018 a marzo de 2019*

Fechas de monitoreo	Sistema de agua potable N° 1		Sistema de agua potable N° 2
	Dosis de cloro (mg/L) quincenal	Promedio de dosis de cloro(mg/L)	Dosis de cloro (mg/L) mensual
Octubre	15/10/2018	2.18	0.27
	30/10/2018	2.36	
Noviembre	15/11/2018	2.34	0.26
	30/11/2018	1.48	
Diciembre	14/12/2018	2.16	0.27
	28/12/2018	2.26	
Enero	15/01/2019	1.43	0.28
	30/01/2019	2.98	
Febrero	15/02/2019	2.93	0.28
	28/02/2019	2.94	
Marzo	15/03/2019	2.87	0.27
	29/03/2019	2.91	

**Tabla 34**

Base de datos de cloro residual libre (mg/L) en los sistemas de agua potable de octubre de 2018 a marzo de 2019

Fechas de monitoreo	Sistema de agua potable N° 1				Sistema de agua potable N° 2	
	C. de Mezcla Rapida-PC-1	Promedio de cloro residual libre(mg/L)	Tubería de rebose-PC-3	Promedio de cloro residual libre(mg/L)	C. de reunión de caudal-PC-2	Promedio de cloro residual libre(mg/L)
	CRL (mg/L)		CRL (mg/L)		CRL (mg/L)	
Octubre	15/10/18	2.10	0.76	0.79	0.19	0.22
	30/10/18	2.25	0.81		0.24	
Noviembre	15/11/18	2.30	0.85	0.82	0.23	0.23
	30/11/18	1.10	0.78		0.22	
Diciembre	14/12/18	2.08	0.73	0.77	0.25	0.25
	28/12/18	2.19	0.80		0.24	
Enero	15/01/19	0.89	0.71	0.82	0.14	0.17
	30/01/19	2.83	0.92		0.19	
Febrero	15/02/19	2.80	0.90	0.94	0.27	0.27
	28/02/19	2.89	0.97		0.26	
Marzo	15/03/19	2.79	0.89	0.92	0.19	0.22
	29/03/19	2.85	0.94		0.25	

**Tabla 35**

*Bases de datos de cloro residual libre en los puntos de monitoreo octubre de 2018 a marzo de 2019*

Puntos de monitoreo	15/10/2018	30/10/2018	15/11/2018	30/11/2018	14/12/2018	28/12/2018	15/01/2019	30/01/2019	15/02/2019	28/02/2019	15/03/2019	29/03/2019	Sistema de agua potable N° 1	Sistema de agua potable N° 2
	promedio													
PM-1	1.35	1.49	1.47	0.84	1.32	1.45	0.75	1.85	1.57	1.60	1.52	1.55	1.40	
PM-2	1.31	1.37	1.43	0.81	1.30	1.42	0.71	1.81	1.44	1.56	1.44	1.52	1.34	
PM-3	1.27	1.30	1.39	0.78	1.27	1.40	0.69	1.73	1.39	1.45	1.37	1.48	1.29	
PM-4	1.23	1.24	1.32	0.75	1.24	1.38	0.56	1.78	1.18	1.39	1.21	1.46	1.23	
PM-5	1.18	1.12	1.28	0.73	1.21	1.26	0.42	1.67	1.02	1.31	1.19	1.30	1.14	
PM-6	1.13	1.03	1.25	0.71	1.13	1.21	0.38	1.63	0.89	1.29	1.10	1.21	1.08	
PM-7	1.08	0.92	1.23	0.65	1.10	1.17	0.37	1.52	0.85	1.26	0.98	1.12	1.02	
PM-8	1.01	0.84	1.15	0.63	1.08	1.16	0.35	1.44	0.82	1.25	0.85	0.81	0.95	
PM-9	0.99	0.73	1.13	0.57	1.04	1.12	0.34	1.16	0.79	1.13	0.82	0.88	0.89	
PM-10	0.70	0.57	1.10	0.53	0.98	1.09	0.34	1.12	0.77	1.05	0.81	0.75	0.82	
PM-11	0.69	0.54	1.08	0.51	0.87	1.00	0.31	1.11	0.72	1.03	0.78	0.71	0.78	
PM-12	0.67	0.50	1.07	0.45	0.85	1.00	0.31	0.98	0.68	0.97	0.74	0.68	0.74	
PM-13	0.66	0.47	1.05	0.42	0.83	0.99	0.30	0.84	0.66	0.94	0.67	0.66	0.71	
PM-14	0.63	0.46	1.04	0.39	0.81	0.97	0.29	0.76	0.65	0.84	0.64	0.64	0.68	
PM-15	0.59	0.46	1.01	0.36	0.80	0.96	0.28	0.65	0.62	0.74	0.61	0.60	0.64	
PM-16	0.56	0.45	1.00	0.34	0.76	0.94	0.27	0.63	0.51	0.66	0.55	0.52	0.60	
PM-17	0.40	0.43	0.99	0.33	0.75	0.93	0.27	0.56	0.45	0.62	0.46	0.51	0.56	
PM-18	0.39	0.39	0.97	0.32	0.73	0.92	0.26	0.54	0.43	0.58	0.41	0.49	0.54	
PM-19	0.36	0.39	0.97	0.31	0.70	0.91	0.24	0.53	0.42	0.53	0.36	0.47	0.52	
PM-20	0.34	0.37	0.93	0.29	0.68	0.9	0.23	0.47	0.40	0.42	0.30	0.45	0.48	
PM-21	0.34	0.35	0.87	0.28	0.65	0.88	0.21	0.41	0.38	0.41	0.29	0.38	0.45	
PM-22	0.32	0.33	0.78	0.27	0.61	0.86	0.21	0.39	0.35	0.38	0.28	0.36	0.43	
PM-23	0.31	0.32	0.55	0.24	0.54	0.80	0.20	0.36	0.32	0.37	0.26	0.47	0.40	
PM-24	0.30	0.30	0.48	0.23	0.43	0.79	0.19	0.26	0.31	0.32	0.22	0.49	0.36	
PM-25	0.29	0.28	0.36	0.23	0.40	0.76	0.15	0.21	0.29	0.29	0.20	0.37	0.32	
PM-26	0.16	0.14	0.20	0.21	0.23	0.22	0.12	0.18	0.26	0.22	0.17	0.20		0.19
PM-27	0.08	0.11	0.15	0.18	0.21	0.16	0.10	0.17	0.24	0.19	0.15	0.19		0.16
PM-28	0.06	0.09	0.08	0.16	0.19	0.14	0.08	0.13	0.23	0.17	0.13	0.16		0.14
PM-29	0.05	0.07	0.06	0.07	0.17	0.13	0.07	0.10	0.21	0.15	0.11	0.13		0.11
PM-30	0.03	0.05	0.05	0.04	0.14	0.11	0.05	0.07	0.17	0.12	0.07	0.11		0.08
PM-31	0.02	0.03	0.02	0.03	0.11	0.08	0.03	0.05	0.15	0.08	0.05	0.09		0.06
PM-32	0.01	0.01	0.00	0.02	0.07	0.03	0.01	0.03	0.09	0.04	0.03	0.06		0.03

**Tabla 36**

Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 1 del mes de octubre de 2018

15 de octubre de 2018					30 de octubre de 2018							
1. Datos de aforo de caudal de agua a desinfectar												
Tipo de fuente	N° tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
Captación de río Chipihuaycco	1	1.32	20	15.152	15.943	22.517	1	1.3	20	15.385	15.091	20.434
	2	1.07	20	18.692			2	1.44	20	13.889		
	3	1.43	20	13.986			3	1.25	20	16.000		
Captación tipo ladera (manantial)	1	3.02	20	6.623	6.574		1	3.88	20	5.155	5.343	
	2	3.12	20	6.410			2	3.76	20	5.319		
	3	2.99	20	6.689			3	3.6	20	5.556		
2. Datos de aforo de caudal de dosificación de la solución madre de cloro												
N° de solución madre	N° tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
solución madre N°1	1	19.40	1	0.0515	0.0514	0.051	1	19.79	1	0.0505	0.0504	0.050
	2	19.43	1	0.0515			2	19.83	1	0.0504		
	3	19.49	1	0.0513			3	19.87	1	0.0503		
3. Dosis de cloro												
Descripción	símbolo	Resultado	Unidad	Descripción	símbolo	Resultado	Unidad					
Caudal Ingreso a reservorio	Q	22.517	L/s	Caudal ingreso a reservorio	Q	20.434	L/s					
Caudal aforado solución madre	q'	0.051	L/s	Caudal aforado solución madre	q'	0.050	L/s					
Volumen de tanque clorador	V	1100	L	Volumen de tanque clorador	V	1100	L					
Peso del cloro	P	1.5	kg	Peso del cloro	P	1.5	kg					
Concentración en tanque clorador	d	955	mg/L	Concentración en tanque clorador	d	955	mg/L					
Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%(Ca(OCl <sub>2</sub> ))	70%	%	Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%					
Dosis	$D = (d \times q) / Q$	2.18	mg/L	Dosis	$D = (d \times q) / Q$	2.36	mg/L					

**Tabla 37**

Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 1 del mes de diciembre de 2018

14 de diciembre de 2018					28 de diciembre de 2018							
1. Datos de aforo de caudal de agua a desinfectar												
Tipo de fuente	N° tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
Captación de río Chipihuaycco	1	1.15	20	17.391	16.640	23.092	1	1.19	20	16.807	16.272	22.710
	2	1.21	20	16.529			2	1.23	20	16.260		
	3	1.25	20	16.000			3	1.27	20	15.748		
Captación tipo ladera (manantial)	1	3.12	20	6.410	6.452		1	3.12	20	6.410	6.438	
	2	3.1	20	6.452			2	3.11	20	6.431		
	3	3.08	20	6.494			3	3.09	20	6.472		
2. Datos de aforo de caudal de dosificación de la solución madre de cloro												
N° de solución madre	N° tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
solución madre N°1	1	19.11	1	0.0523	0.0521	0.052	1	18.99	1	0.0527	0.0537	0.054
	2	19.45	1	0.0514			2	18.03	1	0.0555		
	3	18.99	1	0.0527			3	18.88	1	0.0530		
3. Dosis de cloro												
Descripción	símbolo	Resultado	Unidad	Descripción	símbolo	Resultado	Unidad					
Caudal Ingreso a reservorio	Q	23.092	L/s	Caudal ingreso a reservorio	Q	22.710	L/s					
Caudal aforado solución madre	q'	0.052	L/s	Caudal aforado solución madre	q'	0.054	L/s					
Volumen de tanque clorador	V	1100	L	Volumen de tanque clorador	V	1100	L					
Peso del cloro	P	1.5	kg	Peso del cloro	P	1.5	kg					
Concentración en tanque clorador	d	955	mg/L	Concentración en tanque clorador	d	955	mg/L					
Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%	Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%					
Dosis de Cloro	$D = (d \times q) / Q$	2.16	mg/L	Dosis de cloro	$D = (d \times q) / Q$	2.26	mg/L					

**Tabla 38**

Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 1 del mes de enero de 2019

15 de enero de 2019							30 de enero de 2019					
1. Datos de aforo de caudal de agua a desinfectar												
Tipo de fuente	N° tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
Captación de río Chipihuaycco	1	0.99	20	20.202	21.242	31.435	1	1.15	20	17.391	19.623	30.198
	2	0.89	20	22.472			2	0.94	20	21.277		
	3	0.95	20	21.053			3	0.99	20	20.202		
Captación tipo ladera (manantial)	1	2.03	20	9.852	10.193		1	1.98	20	10.101	10.574	
	2	1.95	20	10.256			2	1.86	20	10.753		
	3	1.91	20	10.471			3	1.84	20	10.870		
2. Datos de aforo de caudal de dosificación de la solución madre de cloro												
N° de solución madre	N° tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
solución madre N°1	1	19	1	0.0526	0.0525	0.071	1	19.01	1	0.0526	0.0528	0.071
	2	19.5	1	0.0513			2	18.99	1	0.0527		
	3	18.7	1	0.0535			3	18.87	1	0.0530		
solución madre N°2	1	56	1	0.0179	0.0184		1	56.01	1	0.0179	0.0179	
	2	55.01	1	0.0182			2	55.99	1	0.0179		
	3	52.1	1	0.0192			3	55.97	1	0.0179		
3. Dosis de cloro												
Descripción	Símbolo	Resultado	Unidad	Descripción	Símbolo	Resultado	Unidad					
Caudal Ingreso a reservorio	Q	31.435	L/s	Caudal Ingreso a reservorio	Q	30.198	L/s					
Caudal aforado solución madre	q'	0.071	L/s	Caudal aforado solución madre	q'	0.071	L/s					
Volumen de tanque clorador	V	1100	L	Volumen de tanque clorador	V	1100	L					
Peso del cloro	P	1.0	kg	Peso del cloro	P	2.0	kg					
Concentración en tanque clorador	d	636	mg/L	Concentración en tanque clorador	d	1273	mg/L					
Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%	Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%					
Dosis de cloro ⇒ $D = (d \times q) / Q$	D	1.43	mg/L	Dosis de cloro ⇒ $D = (d \times q) / Q$	D	2.98	mg/L					

**Tabla 39**

Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 1 del mes de febrero de 2019

15 de febrero de 2019							28 de febrero de 2019					
1. Datos de aforo de caudal de agua a desinfectar												
Tipo de fuente	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
Captación de río Chipihuaycco	1	1.00	20	20.000	20.338	30.598	1	0.92	20	21.739	20.925	30.735
	2	1.002	20	19.960			2	0.96	20	20.833		
	3	0.95	20	21.053			3	0.99	20	20.202		
Captación tipo ladera (manantial)	1	2	20	10.000	10.261		1	2.02	20	9.901	9.810	
	2	1.95	20	10.256			2	2.11	20	9.479		
	3	1.9	20	10.526			3	1.99	20	10.050		
2. Datos de aforo de caudal de dosificación de la solución madre de cloro												
N° de solución madre	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
solución madre N°1	1	19	1	0.0526	0.0525	0.070	1	18.89	1	0.0529	0.0531	0.071
	2	19.5	1	0.0513			2	18.77	1	0.0533		
	3	18.7	1	0.0535			3	18.85	1	0.0531		
solución madre N°2	1	56	1	0.0179	0.0180		1	56.01	1	0.0179	0.0179	
	2	55	1	0.0182			2	55.99	1	0.0179		
	3	56.1	1	0.0178			3	55.89	1	0.0179		
3. Dosis de cloro												
Descripción		símbolo	Resultado	Unidad		Descripción	símbolo	Resultado	Unidad			
Caudal Ingreso a Reservorio		Q	30.598	L/s		Caudal Ingreso a Reservorio	Q	30.735	L/s			
Caudal aforado Solución Madre		q'	0.070	L/s		Caudal aforado Solución Madre	q'	0.071	L/s			
Volumen de tanque clorador		V	1100	L		Volumen de tanque clorador	V	1100	L			
Peso del cloro		P	2.0	kg		Peso del cloro	P	2.0	kg			
Concentración en tanque clorador		d	1273	mg/L		Concentración en tanque clorador	d	1273	mg/L			
Concentración de hipoclorito de calcio a usar		%cl	70%	%		Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%			
Dosis de cloro	⇒	<b>D = (d x q) / Q</b>	D	2.93	mg/L	Dosis de cloro	⇒	<b>D = (d x q) / Q</b>	D	2.94	mg/L	

**Tabla 40**

Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 1 del mes de marzo de 2019

15 de marzo de 2019						29 de marzo de 2019						
1. Datos de aforo de caudal de agua a desinfectar												
Tipo de fuente	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
Captación de río Chipihuaycco	1	0.97	20	20.619	20.835	31.164	1	0.95	20	21.053	20.240	30.274
	2	0.95	20	21.053								
	3	0.96	20	20.833								
Captación tipo ladera (manantial)	1	1.92	20	10.417	10.330		1	2.00	20	10.000	10.034	
	2	1.91	20	10.471								
	3	1.98	20	10.101								
2. Datos de aforo de caudal de dosificación de la solución madre de cloro												
N° de solución madre	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
solución madre N°1	1	19.12	1	0.0523	0.0522	0.070	1	19.45	1	0.0514	0.0513	0.069
	2	19.17	1	0.0522								
	3	19.21	1	0.0521								
solución madre N°2	1	55.08	1	0.0182	0.0181		1	55.89	1	0.0179	0.0179	
	2	55.15	1	0.0181								
	3	55.2	1	0.0181								
3. Dosis de cloro												
Descripción	símbolo	Resultado	Unidad	Descripción	símbolo	Resultado	Unidad					
Caudal Ingreso a Reservorio	Q	31.164	L/s	Caudal Ingreso a Reservorio	Q	30.274	L/s					
Caudal aforado Solución Madre	q'	0.070	L/s	Caudal aforado Solución Madre	q'	0.069	L/s					
Volumen de tanque clorador	V	1100	L	Volumen de tanque clorador	V	1100	L					
Peso del cloro	P	2.0	kg	Peso del cloro	P	2.0	kg					
Concentración en tanque clorador	d	1273	mg/L	Concentración en tanque clorador	d	1273	mg/L					
Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%	Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%					
Dosis de cloro	$D = (d \times q) / Q$	2.87	mg/L	Dosis de cloro	$D = (d \times q) / Q$	2.91	mg/L					

**Tabla 41**

Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 2 de octubre y noviembre de 2018

30 de Octubre de 2018							30 de noviembre de 2018					
1. Datos de aforo de caudal de agua a desinfectar												
Tipo de fuente	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
Captación de riachuelo	1	10.57	20	1.892			1	10.55	20	1.896		
	2	10.59	20	1.889	1.889	3.778	2	10.53	20	1.899	1.896	3.791
Mashuaraccra	3	10.60	20	1.887			3	10.57	20	1.892		
2. Datos de aforo de caudal de dosificación de la solución madre de cloro												
N° de solución madre	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
solución madre N°1	1	44.32	0.014	0.0003			1	45.05	0.014	0.0003		
	2	44.41	0.014	0.0003	0.0003	0.00032	2	45.19	0.014	0.0003	0.0003	0.00031
	3	44.48	0.014	0.0003			3	45.24	0.014	0.0003		
3. Dosis de cloro												
Descripción	símbolo	Resultado	Unidad	Descripción	símbolo	Resultado	Unidad					
Caudal Ingreso a Reservoirio	Q	3.778	L/s	Caudal Ingreso a Reservoirio	Q	3.791	L/s					
Caudal aforado Solución Madre	q'	0.000	L/s	Caudal aforado Solución Madre	q'	0.000	L/s					
Volumen de tanque clorador	V	1100	L	Volumen de tanque clorador	V	1100	L					
Peso del cloro	P	5.0	kg	Peso del cloro	P	5.0	kg					
Concentración en tanque clorador	d	3182	mg/L	Concentración en tanque clorador	d	3182	mg/L					
Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%	Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%					
Dosis de cloro	D	0.266	mg/L	Dosis de cloro	D	0.260	mg/L					

$$D = (d \times q) / Q$$

$$D = (d \times q) / Q$$

**Tabla 42**

Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 2 de diciembre de 2018 y enero de 2019

28 de diciembre de 2018						30 de enero de 2019						
1. Datos de aforo de caudal de agua a desinfectar												
Tipo de fuente	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
Captación de riachuelo Mashuaraccra	1	10.52	20	1.901	1.898	3.795	1	10.5	20	1.905	1.899	3.799
	2	10.54	20	1.898			2	10.53	20	1.899		
	3	10.56	20	1.894			3	10.56	20	1.894		
2. Datos de aforo de caudal de dosificación de la solución madre de cloro												
N° de solución madre	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
solución madre N°1	1	44.19	0.014	0.0003	0.0003	0.00032	1	42.10	0.014	0.0003	0.0003	0.00033
	2	44.28	0.014	0.0003			2	42.23	0.014	0.0003		
	3	44.33	0.014	0.0003			3	42.18	0.014	0.0003		
3. Dosis de cloro												
Descripción	símbolo	Resultado	Unidad	Descripción	símbolo	Resultado	Unidad					
Caudal Ingreso a Reservorio	Q	3.795	L/s	Caudal Ingreso a Reservorio	Q	3.799	L/s					
Caudal aforado Solución Madre	q'	0.000	L/s	Caudal aforado Solución Madre	q'	0.000	L/s					
Volumen de tanque clorador	V	1100	L	Volumen de tanque clorador	V	1100	L					
Peso del cloro	P	5.0	kg	Peso del cloro	P	5.0	kg					
Concentración en tanque clorador	d	3182	mg/L	Concentración en tanque clorador	d	3182	mg/L					
Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%	Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%cl	70%	%					
Dosis de cloro	$D = (d \times q) / Q$	0.265	mg/L	Dosis de cloro	$D = (d \times q) / Q$	0.278	mg/L					

**Tabla 43**

Base de datos de dosis de cloro en el sistema de agua potable N° 2 de febrero y marzo de 2019

28 de febrero de 2019							29 de marzo de 2019					
1. Datos de aforo de caudal de agua a desinfectar												
Tipo de fuente	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
Captación de riachuelo Mashuaraccra	1	10.45	20	1.914	1.909	3.818	1	10.55	20	1.896	1.896	3.791
	2	10.48	20	1.908			2	10.54	20	1.898		
	3	10.50	20	1.905	3	10.56	20	1.894				
2. Datos de aforo de caudal de dosificación de la solución madre de cloro												
N° de solución madre	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)	N° Tomas	Tiempo (s)	Volumen (L)	V/T (L/s)	Caudal Promedio (Qp) L/s	Caudal total (L/s)
solución madre N°1	1	41.09	0.014	0.0003	0.0003	0.00034	1	43.11	0.014	0.0003	0.0003	0.00032
	2	41.11	0.014	0.0003			2	44.38	0.014	0.0003		
	3	41.13	0.014	0.0003	3	43.49	0.014	0.0003				
3. Dosis de cloro												
Descripción	símbolo	Resultado	Unidad	Descripción	símbolo	Resultado	Unidad					
Caudal Ingreso a Reservorio	Q	3.818	L/s	Caudal Ingreso a Reservorio	Q	3.791	L/s					
Caudal aforado Solución Madre	q'	0.000	L/s	Caudal aforado Solución Madre	q'	0.000	L/s					
Volumen de tanque clorador	V	1100	L	Volumen de tanque clorador	V	1100	L					
Peso del cloro	P	5.0	kg	Peso del cloro	P	5.0	kg					
Concentración en tanque clorador	d	3182	mg/L	Concentración en tanque clorador	d	3182	mg/L					
Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%Cl	70%	%	Concentración de hipoclorito de calcio a usar	%Cl	70%	%					
Dosis de cloro	$D = (d \times q) / Q$	D	mg/L	Dosis de cloro	$D = (d \times q) / Q$	D	mg/L					

**Tabla 44***Base de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años del área urbana del distrito de Yauli, durante octubre de 2018 a marzo de 2019*

Fecha	Sistema de agua potable N°1					Sistema de agua potable N°2	
	Capillapata	Centro	Cebadapata	Miraflores	Florida	Ccescchuaycco	Mollepampa
15/10/2018	1	0	0	1	0	1	0
30/10/2018	2	1	0	0	0	3	1
15/11/2018	0	0	0	1	0	0	1
30/11/2018	1	0	0	0	0	0	0
14/12/2018	1	0	0	0	0	1	1
28/12/2018	2	0	0	0	0	2	1
15/01/2019	0	0	0	0	1	0	2
30/01/2019	0	0	2	1	2	3	1
15/02/2019	0	0	2	0	0	1	1
28/02/2019	0	0	0	1	0	3	2
15/03/2019	0	0	0	1	0	0	2
29/03/2019	0	1	0	2	0	3	2
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>14</b>

**Tabla 45**

*Base de datos de cloro residual libre y casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años según sistema de abastecimiento de agua potable en el área urbana del distrito de Yauli*

<b>Mes de octubre - 2018</b>			
<b>Sistema de agua potable</b>	<b>Barrios</b>	<b>Cloro residual libre (mg/L)</b>	<b>Número de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años</b>
N°1	Capillapata	1.09	3
	Centro	0.57	1
	Cebadapata	0.43	0
	Miraflores	0.37	1
	Florida	0.29	0
N°2	Ccescehuaycco	0.09	4
	Mollepampa	0.03	1
<b>Mes de noviembre - 2018</b>			
<b>Sistema de agua potable</b>	<b>Barrios</b>	<b>Cloro residual libre (mg/L)</b>	<b>Número de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años</b>
N°1	Capillapata	0.99	1
	Centro	0.74	0
	Cebadapata	0.67	0
	Miraflores	0.56	1
	Florida	0.33	0
N°2	Ccescehuaycco	0.13	0
	Mollepampa	0.03	1
<b>Mes de diciembre - 2018</b>			
<b>Sistema de agua potable</b>	<b>Barrios</b>	<b>Cloro residual libre (mg/L)</b>	<b>Número de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años</b>
N°1	Capillapata	1.22	3
	Centro	0.91	0
	Cebadapata	0.84	0
	Miraflores	0.76	0
	Florida	0.60	0
N°2	Ccescehuaycco	0.18	3
	Mollepampa	0.10	2

---

**Mes de enero - 2019**

---

<b>Sistema de agua potable</b>	<b>Barrios</b>	<b>Cloro residual libre (mg/L)</b>	<b>Número de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años</b>
N°1	Capillapata	1.03	0
	Centro	0.60	2
	Cebadapata	0.43	1
	Miraflores	0.34	1
	Florida	0.20	2
N°2	Ccescehuaycco	0.11	4
	Mollepampa	0.05	3

---

**Mes de febrero - 2018**

---

<b>Sistema de agua potable</b>	<b>Barrios</b>	<b>Cloro residual libre (mg/L)</b>	<b>Número de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años</b>
N°1	Capillapata	1.20	0
	Centro	0.80	0
	Cebadapata	0.57	1
	Miraflores	0.42	0
	Florida	0.30	0
N°2	Ccescehuaycco	0.20	4
	Mollepampa	0.12	3

---

**Mes de marzo - 2018**

---

<b>Sistema de agua potable</b>	<b>Barrios</b>	<b>Cloro residual libre (mg/L)</b>	<b>Número de casos de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años</b>
N°1	Capillapata	1.17	1
	Centro	0.68	1
	Cebadapata	0.50	0
	Miraflores	0.39	3
	Florida	0.32	0
N°2	Ccescehuaycco	0.15	3
	Mollepampa	0.08	4

---

**Tabla 46**

*Base de datos para procesamiento en SAS*

CORRELACION DE SPERMAN X Y

**DATA** CORLLOURDESROSA;

**INPUT** X Y;

**CARDS**;

1.09 3

0.57 1

0.43 0

0.37 1

0.29 0

0.99 1

0.74 0

0.67 0

0.56 1

0.33 0

1.22 3

0.91 0

0.84 0

0.76 0

0.60 0

1.03 0

0.60 2

0.43 1

0.34 1

0.20 2

1.20 0

0.80 0

0.57 1

0.42 0

0.30 0

1.17 1

0.68 1

0.50 0

0.39 3

0.32 0

0.09 4

0.03 1

0.13 0

0.03 1

0.18 3

0.10 2

0.11 4

0.05 3

0.20 4

0.12 3

0.15 3

0.08 4

**PROC CORR** SPEARMAN;

**VAR** X Y;

**RUN**;

**PROC PLOT**

**PLOT** Y\*X/VPOS= 20 HPOS= 40;

**RUN**;

**QUIT**;

## Apéndice 4.

### Reglamento de calidad del agua para consumo humano de Ministerio de Salud

#### ANEXO III

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

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>.

#### Artículo 66°.- Control de desinfectante

Antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor realizará la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0,5 mgL<sup>-1</sup> de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0,3 mgL<sup>-1</sup> y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT).

#### ANEXO II

##### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5

**Apéndice 5.**

Ficha de recolección de datos.



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CLORO RESIDUAL LIBRE DEL MES: OCTUBRE AÑO: 2018

Sistema de agua potable	Barrio	Dirección	Puntos de muestreo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro
						Cloro residual (mg/L)			Cloro residual (mg/L)
N°1	Capillapata	Jr. Victoria de Ayacucho	PM-1	15/10/2018	9:10 am	1.35	30/10/2018	9:12 am	1.44
		Jr. Anchas	PM-2	15/10/2018	9:22 am	1.31	30/10/2018	9:23 am	1.32
		Jr. Chopcca	PM-3	15/10/2018	9:37 am	1.22	30/10/2018	9:32 am	1.30
		Jr Cahuide	PM-4	15/10/2018	9:43 am	1.23	30/10/2018	9:45 am	1.24
		Entre Jr Cahuide Y Bolognesi	PM-5	15/10/2018	9:58 am	1.18	30/10/2018	9:57 am	1.12
		Jr. Bolognesi	PM-6	15/10/2018	10:15 am	1.13	30/10/2018	10:15 am	1.03
		Jr. Gorge Chavez	PM-7	15/10/2018	10:29 am	1.08	30/10/2018	10:30 am	0.92
		Jr. Gorge Chavez y Victoria de Ayacucho	PM-8	15/10/2018	10:37 am	1.01	30/10/2018	10:40 am	0.84
		Jr. Gorge Chavez	PM-9	15/10/2018	10:50 am	0.99	30/10/2018	10:55 am	0.73
		Entre Jr. Callao y Union	PM-10	15/10/2018	11:10 am	0.70	30/10/2018	11:05 am	0.57
		Jr Anchas	PM-11	15/10/2018	11:12 am	0.69	30/10/2018	11:22 am	0.54
	Centro	Jr. Huancavelica	PM-12	15/10/2018	11:29 am	0.67	30/10/2018	11:33 am	0.50
		Jr.23 de Junio	PM-13	15/10/2018	11:45 am	0.66	30/10/2018	11:41 am	0.47
	Cebadapata	Jr.23 de Junio	PM-14	15/10/2018	12:19 pm	0.63	30/10/2018	11:58 am	0.46
	Centro	Av. Ferrocarril	PM-15	15/10/2018	12:30 pm	0.59	30/10/2018	12:08 pm	0.46
	Miraflores	Av. Ferrocarril	PM-16	15/10/2018	12:43 pm	0.56	30/10/2018	12:15 pm	0.45
	Cebadapata	Jr. Huancavelica	PM-17	15/10/2018	12:55 pm	0.40	30/10/2018	12:28 pm	0.43
		Jr. San Martin de Porras	PM-18	15/10/2018	12:12 pm	0.39	30/10/2018	12:35 pm	0.39
		Jr. Huancavelica	PM-19	15/10/2018	13:35 pm	0.36	30/10/2018	12:41 pm	0.39
	Miraflores	Jr. Miguel Grau	PM-20	15/10/2018	13:47 pm	0.34	30/10/2018	12:51 pm	0.37
		Jr. Miguel Grau	PM-21	15/10/2018	13:59 pm	0.34	30/10/2018	13:17 pm	0.35
		Jr. Fernandini	PM-22	15/10/2018	14:18 pm	0.32	30/10/2018	13:26 pm	0.33
	Florida	Calle S/ N	PM-23	15/10/2018	14:33 pm	0.31	30/10/2018	13:40 pm	0.32
		Calle Zanjon	PM-24	15/10/2018	14:53 pm	0.30	30/10/2018	13:58 pm	0.30
		Calle Central	PM-25	15/10/2018	15:10 pm	0.29	30/10/2018	14:12 pm	0.28
Jr. Ambato		PM-26	15/10/2018	15:30 pm	0.16	30/10/2018	14:32 pm	0.14	
N°2	Ccescehuaycco	Entre Jr Jorge Chavez y Guaman Porras	PM-27	15/10/2018	15:44 pm	0.08	30/10/2018	14:51 pm	0.11
		Jr. Callao	PM-28	15/10/2018	15:56 pm	0.06	30/10/2018	15:10 am	0.07
	Mollepampa	Entre Jr.23 de Junio y Jr Ambato	PM-29	15/10/2018	16:10 pm	0.05	30/10/2018	15:24 pm	0.07
	Ccescehuaycco	Jr. Callao	PM-30	15/10/2018	16:21 pm	0.03	30/10/2018	15:41 pm	0.05
	Mollepampa	Jr.23 de Junio	PM-31	15/10/2018	16:39 pm	0.02	30/10/2018	15:57 pm	0.03
		Jr.23 de Junio	PM-32	15/10/2018	16:53 pm	0.01	30/10/2018	16:20 pm	0.01

Responsables de monitoreo:

  
Huilcas Noa, Carmen Rosa

  
Taipei Alanya, Lourdes

Figura 62. Registro de cloro residual libre del mes de octubre.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CLORO RESIDUAL LIBRE DEL MES: NOVIEMBRE AÑO: 2018

Sistema de agua potable	Barrio	Dirección	Puntos de muestreo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro
						Cloro residual (mg/L)			Cloro residual (mg/L)
N°1	Capillapata	Jr. Victoria de Ayacucho	PM-1	15/11/2018	8:57 am	1.47	30/11/2018	9:44 am	0.84
		Jr. Anchas	PM-2	15/11/2018	9:20 am	1.43	30/11/2018	9:53 am	0.81
		Jr. Chopcca	PM-3	15/11/2018	9:25 am	1.28	30/11/2018	10:10 am	0.78
		Jr Cahuide	PM-4	15/11/2018	9:42 am	1.25	30/11/2018	10:19 am	0.75
		Entre Jr Cahuide Y Bolognesi	PM-5	15/11/2018	10:06 am	1.23	30/11/2018	10:30 am	0.73
		Jr. Bolognesi	PM-6	15/11/2018	10:18 am	1.15	30/11/2018	10:41 am	0.71
		Jr. Gorge Chavez	PM-7	15/11/2018	10:28 am	1.13	30/11/2018	10:54 am	0.65
		Jr. Gorge Chavez y Victoria de Ayacucho	PM-8	15/11/2018	10:34 am	1.10	30/11/2018	11:08 am	0.63
		Jr. Gorge Chavez	PM-9	15/11/2018	10:47 am	1.08	30/11/2018	11:29 am	0.57
		Entre Jr. Callao y Union	PM-10	15/11/2018	10:53 am	1.07	30/11/2018	11:36 am	0.53
	Centro	Jr Anchas	PM-11	15/11/2018	11:16 am	1.05	30/11/2018	11:48 am	0.51
		Jr. Huancavelica	PM-12	15/11/2018	11:24 am	1.04	30/11/2018	11:58 am	0.45
	Cebadapata	Jr.23 de Junio	PM-13	15/11/2018	11:40 am	1.01	30/11/2018	12:13 pm	0.42
		Jr.23 de Junio	PM-14	15/11/2018	12:06 pm	1.00	30/11/2018	12:27 pm	0.39
	Centro	Av. Ferrocarril	PM-15	15/11/2018	12:28 pm	0.99	30/11/2018	12:39 pm	0.36
		Av. Ferrocarril	PM-16	15/11/2018	12:32 pm	0.97	30/11/2018	12:47 pm	0.34
	Cebadapata	Jr. Huancavelica	PM-17	15/11/2018	12:40 pm	0.97	30/11/2018	13:05 pm	0.33
		Jr. San Martin de Porras	PM-18	15/11/2018	12:57 pm	0.93	30/11/2018	13:21 pm	0.32
		Jr. Huancavelica	PM-19	15/11/2018	13:17 pm	0.87	30/11/2018	13:39 pm	0.31
	Miraflores	Jr. Miguel Grau	PM-20	15/11/2018	13:28 pm	0.78	30/11/2018	13:51 pm	0.29
		Jr. Miguel Grau	PM-21	15/11/2018	13:37 pm	0.55	30/11/2018	14:09 pm	0.28
		Jr. Fernandini	PM-22	15/11/2018	13:45 pm	0.48	30/11/2018	14:18 pm	0.27
	Florida	Calle S/ N	PM-23	15/11/2018	13:56 pm	0.36	30/11/2018	14:36 pm	0.24
		Calle Zanjon	PM-24	15/11/2018	14:10 pm	0.20	30/11/2018	14:51 pm	0.23
		Calle Central	PM-25	15/11/2018	14:31 pm	0.15	30/11/2018	15:12 pm	0.23
		Jr. Ambato	PM-26	15/11/2018	14:48 pm	0.08	30/11/2018	15:28 pm	0.21
N°2	Ccescchuycco	Entre Jr Jorge Chavez y Guaman Porras	PM-27	15/11/2018	14:55 pm	0.06	30/11/2018	15:42 pm	0.18
		Jr. Callao	PM-28	15/11/2018	15:12 pm	0.05	30/11/2018	15:58 pm	0.16
	Mollepampa	Entre Jr.23 de Junio y Jr Ambato	PM-29	15/11/2018	15:38 pm	0.04	30/11/2018	16:13 pm	0.07
	Ccescchuycco	Jr. Callao	PM-30	15/11/2018	16:13 pm	0.03	30/11/2018	16:28 pm	0.04
	Mollepampa	Jr.23 de Junio	PM-31	15/11/2018	16:28 pm	0.02	30/11/2018	16:32 pm	0.03
		Jr.23 de Junio	PM-32	15/11/2018	16:38 pm	0.01	30/11/2018	16:48 pm	0.02

Responsables de monitoreo:

  
Huillcas Noa, Carmen Rosa

  
Taipa Alanya, Lourdes

Figura 63. Registro de cloro residual libre del mes de noviembre.

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CLORO RESIDUAL LIBRE DEL MES:** DICIEMBRE **AÑO:** 2018

Sistema de agua potable	Barrio	Dirección	Puntos de muestreo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro			
						Cloro residual (mg/L)	Cloro residual (mg/L)		
N°1	Capillapata	Jr. Victoria de Ayacucho	PM-1	14/12/2018	9:22am	1.32	28/12/2018	9:22am	1.45
		Jr. Anchas	PM-2	14/12/2018	9:35am	1.30	28/12/2018	9:32am	1.42
		Jr. Chopcca	PM-3	14/12/2018	9:44am	1.27	28/12/2018	9:39am	1.40
		Jr. Cahuide	PM-4	14/12/2018	9:56am	1.24	28/12/2018	9:46am	1.38
		Entre Jr. Cahuide Y Bolognesi	PM-5	14/12/2018	10:07am	1.21	28/12/2018	9:58am	1.26
		Jr. Bolognesi	PM-6	14/12/2018	10:18am	1.13	28/12/2018	10:10am	1.21
		Jr. Gorge Chavez	PM-7	14/12/2018	10:30am	1.10	28/12/2018	10:20am	1.17
		Jr. Gorge Chavez y Victoria de Ayacucho	PM-8	14/12/2018	10:44am	1.08	28/12/2018	10:30am	1.16
		Jr. Gorge Chavez	PM-9	14/12/2018	11:11am	1.04	28/12/2018	10:42am	1.12
		Entre Jr. Callao y Union	PM-10	14/12/2018	12:21pm	0.98	28/12/2018	10:50am	1.09
	Centro	Jr. Anchas	PM-11	14/12/2018	12:28pm	0.87	28/12/2018	11:00am	1.00
		Jr. Huancavelica	PM-12	14/12/2018	12:36pm	0.85	28/12/2018	11:02am	1.00
		Jr. 23 de Junio	PM-13	14/12/2018	12:46pm	0.83	28/12/2018	11:22am	0.94
	Cebadapata	Jr. 23 de Junio	PM-14	14/12/2018	12:57pm	0.81	28/12/2018	11:33am	0.92
	Centro	Av. Ferrocarril	PM-15	14/12/2018	13:15pm	0.80	28/12/2018	12:02pm	0.96
	Miraflores	Av. Ferrocarril	PM-16	14/12/2018	13:26pm	0.76	28/12/2018	12:10pm	0.94
	Cebadapata	Jr. Huancavelica	PM-17	14/12/2018	13:34pm	0.75	28/12/2018	12:20pm	0.93
		Jr. San Martin de Porras	PM-18	14/12/2018	13:44pm	0.73	28/12/2018	12:30pm	0.92
		Jr. Huancavelica	PM-19	14/12/2018	14:04pm	0.70	28/12/2018	12:46pm	0.91
	Miraflores	Jr. Miguel Grau	PM-20	14/12/2018	14:15pm	0.68	28/12/2018	12:55pm	0.90
		Jr. Miguel Grau	PM-21	14/12/2018	14:23pm	0.65	28/12/2018	13:02pm	0.88
		Jr. Fernandini	PM-22	14/12/2018	14:36pm	0.61	28/12/2018	13:22pm	0.86
	Florida	Calle S/ N	PM-23	14/12/2018	14:49pm	0.54	28/12/2018	13:54pm	0.80
		Calle Zanjón	PM-24	14/12/2018	14:58pm	0.43	28/12/2018	13:45pm	0.79
		Calle Central	PM-25	14/12/2018	15:27pm	0.40	28/12/2018	14:10pm	0.76
N°2	Ccescehuaycco	Jr. Ambato	PM-26	14/12/2018	15:32pm	0.23	28/12/2018	14:21pm	0.22
		Entre Jr. Jorge Chavez y Guaman Poma	PM-27	14/12/2018	16:49pm	0.21	28/12/2018	14:45pm	0.16
		Jr. Callao	PM-28	14/12/2018	16:02pm	0.19	28/12/2018	14:59pm	0.14
	Mollepampa	Entre Jr. 23 de Junio y Jr. Ambato	PM-29	14/12/2018	16:19pm	0.17	28/12/2018	15:12pm	0.13
	Ccescehuaycco	Jr. Callao	PM-30	14/12/2018	16:27pm	0.14	28/12/2018	15:31pm	0.11
	Mollepampa	Jr. 23 de Junio	PM-31	14/12/2018	16:34pm	0.11	28/12/2018	15:58pm	0.08
		Jr. 23 de Junio	PM-32	14/12/2018	16:50pm	0.20	28/12/2018	16:25pm	0.03

Responsables de monitoreo:

  
Huillcas Noa, Carmen Rosa

  
Taipa Alanya, Lourdes

Figura 64. Registro de cloro residual libre del mes de diciembre.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CLORO RESIDUAL LIBRE DEL MES: **ENERO** AÑO: **2019**

Sistema de agua potable	Barrio	Dirección	Puntos de muestreo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro
						Cloro residual (mg/L)			Cloro residual (mg/L)
N°1	Capillapata	Jr. Victoria de Ayacucho	PM-1	15/01/2019	9:20 am	0.75	30/01/2019	9:30 am	1.85
		Jr Anchas	PM-2	15/01/2019	9:38 am	0.71	30/01/2019	9:33 am	1.81
		Jr. Chopcca	PM-3	15/01/2019	9:40 am	0.69	30/01/2019	9:45 am	0.73
		Jr Cahuide	PM-4	15/01/2019	9:58 am	0.56	30/01/2019	10:10 am	0.78
		Entre Jr Cahuide Y Bolognesi	PM-5	15/01/2019	10:15 am	0.42	30/01/2019	10:34 am	1.62
		Jr. Bolognesi	PM-6	15/01/2019	10:33 am	0.38	30/01/2019	10:49 am	1.63
		Jr. Gorge Chavez	PM-7	15/01/2019	10:57 am	0.37	30/01/2019	11:00 am	1.52
		F. Gorge Chavez y Victoria de Ay	PM-8	15/01/2019	11:18 am	0.35	30/01/2019	11:18 am	1.44
		Jr. Gorge Chavez	PM-9	15/01/2019	11:33 am	0.35	30/01/2019	11:29 am	1.16
		Entre Jr. Callao y Union	PM-10	15/01/2019	11:44 am	0.34	30/01/2019	11:37 am	1.12
	Centro	Jr Anchas	PM-11	15/01/2019	11:57 am	0.31	30/01/2019	11:48 am	1.11
		Jr. Huancavelica	PM-12	15/01/2019	12:15 pm	0.31	30/01/2019	11:56 am	0.98
		Jr.23 de Junio	PM-13	15/01/2019	12:30 pm	0.30	30/01/2019	12:12 pm	0.84
	Cebadapata	Jr.23 de Junio	PM-14	15/01/2019	12:37 pm	0.29	30/01/2019	12:22 pm	0.76
	Centro	Av. Ferrocarril	PM-15	15/01/2019	12:44 pm	0.28	30/01/2019	12:37 pm	0.65
	Miraflores	Av. Ferrocarril	PM-16	15/01/2019	12:53 pm	0.27	30/01/2019	12:50 pm	0.63
	Cebadapata	Jr. Huancavelica	PM-17	15/01/2019	13:05 pm	0.27	30/01/2019	13:15 pm	0.56
		Jr. San Martin de Porras	PM-18	15/01/2019	13:12 pm	0.26	30/01/2019	13:30 pm	0.54
		Jr. Huancavelica	PM-19	15/01/2019	13:24 pm	0.24	30/01/2019	13:40 pm	0.53
	Miraflores	Jr. Miguel Grau	PM-20	15/01/2019	13:34 pm	0.23	30/01/2019	13:41 pm	0.47
		Jr. Miguel Grau	PM-21	15/01/2019	13:43 pm	0.21	30/01/2019	14:20 pm	0.41
		Jr. Fernandini	PM-22	15/01/2019	13:56 pm	0.20	30/01/2019	14:37 pm	0.39
		Calle S/ N	PM-23	15/01/2019	14:15 pm	0.19	30/01/2019	14:42 pm	0.36
	Florida	Calle Zanjon	PM-24	15/01/2019	14:29 pm	0.15	30/01/2019	14:58 pm	0.26
		Calle Central	PM-25	15/01/2019	14:47 pm	0.12	30/01/2019	15:28 pm	0.21
		Jr. Ambato	PM-26	15/01/2019	14:58 pm	0.10	30/01/2019	15:40 pm	0.18
N°2	Coesccehuaycco	Entre Jr Jorge Chavez y Guaman Por	PM-27	15/01/2019	15:16 pm	0.08	30/01/2019	15:50 pm	0.17
		Jr. Callao	PM-28	15/01/2019	15:28 pm	0.07	30/01/2019	16:11 pm	0.13
	Mollepampa	Entre Jr.23 de Junio y Jr Ambato	PM-29	15/01/2019	15:41 pm	0.05	30/01/2019	16:32 pm	0.10
	Coesccehuaycco	Jr Callao	PM-30	15/01/2019	15:58 pm	0.03	30/01/2019	16:43 pm	0.07
	Mollepampa	Jr.23 de Junio	PM-31	15/01/2019	16:12 pm	0.02	30/01/2019	16:58 pm	0.05
		Jr.23 de Junio	PM-32	15/01/2019	16:31 pm	0.01	30/01/2019	17:15 pm	0.03

Responsables de monitoreo:

  
Huillcas Noa, Carmen Rosa

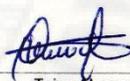
  
Taipa Alanya, Lourdes

Figura 65. Registro de cloro residual libre del mes de enero.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CLORO RESIDUAL LIBRE DEL MES: FEBRERO AÑO: 2019

Sistema de agua potable	Barrio	Dirección	Puntos de muestreo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro
						Cloro residual (mg/L)			Cloro residual (mg/L)
N°1	Capillapata	Jr. Victoria de Ayacucho	PM-1	15/02/2019	9:21am	1.57	28/02/2019	9:37 am	1.60
		Jr Anchas	PM-2	15/02/2019	9:33am	1.44	28/02/2019	9:46am	1.56
		Jr. Chopcca	PM-3	15/02/2019	9:47 am	1.39	28/02/2019	10:04am	1.75
		Jr Cahuide	PM-4	15/02/2019	9:57am	1.18	28/02/2019	10:22am	1.39
		Entre Jr Cahuide Y Bolognesi	PM-5	15/02/2019	10:10am	1.02	28/02/2019	10:38am	1.31
		Jr. Bolognesi	PM-6	15/02/2019	10:20am	0.89	28/02/2019	10:45am	1.29
		Jr. Gorge Chavez	PM-7	15/02/2019	10:35am	0.85	28/02/2019	11:02am	1.21
		Jr. Gorge Chavez y Victoria de Ay	PM-8	15/02/2019	10:42am	0.82	28/02/2019	11:29am	1.25
		Jr. Gorge Chavez	PM-9	15/02/2019	10:55am	0.79	28/02/2019	11:47am	1.13
		Entre Jr. Callao y Union	PM-10	15/02/2019	11:10am	0.77	28/02/2019	11:58am	1.05
	Centro	Jr Anchas	PM-11	15/02/2019	11:18am	0.72	28/02/2019	12:07pm	1.03
		Jr. Huancavelica	PM-12	15/02/2019	11:32am	0.68	28/02/2019	12:18pm	0.92
		Jr.23 de Junio	PM-13	15/02/2019	11:46 am	0.66	28/02/2019	12:48pm	0.94
	Cebadapata	Jr.23 de Junio	PM-14	15/02/2019	11:52am	0.65	28/02/2019	13:00pm	0.84
	Centro	Av. Ferrocarril	PM-15	15/02/2019	12:22pm	0.62	28/02/2019	13:19pm	0.74
	Miraflores	Av. Ferrocarril	PM-16	15/02/2019	12:33pm	0.51	28/02/2019	13:27pm	0.66
	Cebadapata	Jr. Huancavelica	PM-17	15/02/2019	13:26pm	0.45	28/02/2019	13:26pm	0.58
		Jr. San Martin de Porras	PM-18	15/02/2019	13:56pm	0.42	28/02/2019	13:51pm	0.53
	Miraflores	Jr. Huancavelica	PM-19	15/02/2019	14:08pm	0.49	28/02/2019	14:10pm	0.42
		Jr. Miguel Grau	PM-20	15/02/2019	14:20pm	0.40	28/02/2019	14:26pm	0.41
		Jr. Miguel Grau	PM-21	15/02/2019	14:35pm	0.38	28/02/2019	14:47pm	0.38
		Jr. Fernandini	PM-22	15/02/2019	14:48pm	0.25	28/02/2019	15:15pm	0.32
		Calle S/ N	PM-23	15/02/2019	15:15pm	0.32	28/02/2019	15:34pm	0.32
	Florida	Calle Zanjón	PM-24	15/02/2019	15:36pm	0.31	28/02/2019	15:55pm	0.29
		Calle Central	PM-25	15/02/2019	15:48pm	0.29	28/02/2019	16:14pm	0.22
		Jr. Ambato	PM-26	15/02/2019	16:07pm	0.26	28/02/2019	16:26pm	0.19
N°2	Ceesechhuaycco	Entre Jr Jorge Chvez y Guaman Por	PM-27	15/02/2019	16:11pm	0.24	28/02/2019	16:31pm	0.19
		Jr. Callao	PM-28	15/02/2019	16:22pm	0.23	28/02/2019	16:32pm	0.22
	Mollepampa	Entre Jr.23 de Junio y Jr Ambato	PM-29	15/02/2019	16:39pm	0.21	28/02/2019	16:49pm	0.15
	Ceesechhuaycco	Jr. Callao	PM-30	15/02/2019	16:54pm	0.17	28/02/2019	16:58pm	0.12
	Mollepampa	Jr.23 de Junio	PM-31	15/02/2019	17:08pm	0.15	28/02/2019	17:12pm	0.08
		Jr.23 de Junio	PM-32	15/02/2019	17:28pm	0.09	28/02/2019	17:29pm	0.04

Responsables de monitoreo:

  
Huilcas Noa, Carmen Rosa

  
Taipa Alanya, Lourdes

Figura 66. Registro de cloro residual libre del mes de febrero.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CLORO RESIDUAL LIBRE DEL MES: MARZO AÑO: 2019

Sistema de agua potable	Barrio	Dirección	Puntos de muestreo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro Cloro residual (mg/L)	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetro Cloro residual (mg/L)
N°1	Capillapata	Jr. Victoria de Ayacucho	PM-1	15/03/2019	9:41am	1.52	29/03/2019	9:05am	1.55
		Jr Anchas	PM-2	15/03/2019	9:54 am	1.44	29/03/2019	9:23am	1.52
		Jr.Chopcca	PM-3	15/03/2019	10:11 am	1.37	29/03/2019	9:49am	1.48
		Jr Cahuide	PM-4	15/03/2019	10:21 am	1.21	29/03/2019	9:58am	1.46
		Entre Jr Cahuide Y Bolognesi	PM-5	15/03/2019	10:33 am	1.19	29/03/2019	10:15am	1.30
		Jr.Bolognesi	PM-6	15/03/2019	10:48 am	1.10	29/03/2019	10:37am	1.21
		Jr. Gorge Chavez	PM-7	15/03/2019	11:16 am	0.98	29/03/2019	10:48am	1.12
		Jr. Gorge Chavez y Victoria de Ayacucho	PM-8	15/03/2019	11:29 am	0.85	29/03/2019	10:55am	0.81
		Jr. Gorge Chavez	PM-9	15/03/2019	11:42 am	0.82	29/03/2019	11:19am	0.88
		Entre Jr. Callao y Union	PM-10	15/03/2019	11:55 am	0.81	29/03/2019	11:37am	0.75
	Centro	Jr Anchas	PM-11	15/03/2019	12:13 pm	0.78	29/03/2019	11:48am	0.71
		Jr. Huancavelica	PM-12	15/03/2019	12:27 pm	0.74	29/03/2019	12:00pm	0.68
		Jr.23 de Junio	PM-13	15/03/2019	12:30 pm	0.67	29/03/2019	12:21pm	0.65
	Cebadapata	Jr.23 de Junio	PM-14	15/03/2019	12:43 pm	0.64	29/03/2019	12:41 pm	0.63
	Centro	Av.Ferrocarril	PM-15	15/03/2019	12:57 pm	0.61	29/03/2019	12:45pm	0.60
	Miraflores	Av.Ferrocarril	PM-16	15/03/2019	13:09 pm	0.55	29/03/2019	12:52pm	0.52
	Cebadapata	Jr. Huancavelica	PM-17	15/03/2019	13:18 pm	0.46	29/03/2019	13:02pm	0.51
		Jr.San Martin de Porras	PM-18	15/03/2019	13:35 pm	0.41	29/03/2019	13:15pm	0.49
		Jr. Huancavelica	PM-19	15/03/2019	13:53 pm	0.36	29/03/2019	13:31pm	0.47
	Miraflores	Jr.Miguel Grau	PM-20	15/03/2019	14:08 pm	0.30	29/03/2019	13:39pm	0.45
		Jr.Miguel Grau	PM-21	15/03/2019	14:14 pm	0.29	29/03/2019	13:49 pm	0.38
		Jr.Fernandini	PM-22	15/03/2019	14:29 pm	0.28	29/03/2019	14:01pm	0.36
	Florida	Calle S/ N	PM-23	15/03/2019	14:37 pm	0.26	29/03/2019	14:09 pm	0.47
		Calle Zanjon	PM-24	15/03/2019	14:46 pm	0.22	29/03/2019	14:31pm	0.49
		Calle Central	PM-25	15/03/2019	15:18 pm	0.20	29/03/2019	14:38 pm	0.37
N°2	Ccescehuaycco	Jr.Ambato	PM-26	15/03/2019	15:29 pm	0.17	29/03/2019	14:56pm	0.20
		Entre Jr Jorge Chvez y Guaman Poma	PM-27	15/03/2019	15:37 pm	0.15	29/03/2019	15:10pm	0.19
	Mollepampa	Jr.Callao	PM-28	15/03/2019	15:49 pm	0.13	29/03/2019	15:28pm	0.16
		Entre Jr.23 de Junio y Jr Ambato	PM-29	15/03/2019	16:12 pm	0.11	29/03/2019	15:40pm	0.13
	Ccescehuaycco	Jr.Callao	PM-30	15/03/2019	16:21 pm	0.07	29/03/2019	15:57pm	0.11
	Mollepampa	Jr.23 de Junio	PM-31	15/03/2019	16:34 pm	0.05	29/03/2019	16:16pm	0.09
		Jr.23 de Junio	PM-32	15/03/2019	16:43 pm	0.03	29/03/2019	16:34pm	0.06

Responsables de monitoreo:

Huilcas Noa, Carmen Rosa

Taipi Alanya, Lourdes

Figura 67. Registro de cloro residual libre del mes de marzo.

## Apéndice 6.

### Panel fotográfico.



**Figura 68.** Recorrido y descripción del estado situacional del sistema existente de agua potable desde captación a la red de distribución.



**Figura 69.** Visita a la captación de la fuente superficial.



**Figura 70.** Visita a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).



**Figura 71.** Vista panorámica de las unidades que cuenta en el interior de la planta de tratamiento de agua potable.



**Figura 72.** Georreferenciación de coordenadas UTM de la mezcla rápida, unidad de dosificación para la cloración del agua.



**Figura 73.** Medición de cloro residual libre y turbiedad a la salida de la planta de tratamiento de agua potable como puntos de control 1.



**Figura 74.** Medición de turbiedad y cloro residual libre con sus respectivos equipos, a la salida del reservorio de almacenamiento (en la tubería de rebose) como punto de control 2.



**Figura 75.** Identificación de las viviendas con etiquetas que fueron designados como punto de monitoreo durante los meses de octubre 2018 – marzo 2019.



**Figura 76.** Toma de muestra de agua potable en la cubeta de 10 ml, en la primera vivienda.



**Figura 77.** Medición con el equipo fotómetro por el método colorimétrico para la determinación de la concentración de cloro residual libre en la primera vivienda.



**Figura 78.** Muestra de agua potable que se torna de color rosado fuerte después de la medición con el equipo fotómetro por el método colorimétrico perteneciente al barrio Capillapata.



**Figura 79.** Muestra de agua potable que se torna de color rosado después de la medición con el equipo fotómetro por el método colorimétrico perteneciente al barrio Centro.



**Figura 80.** Muestra de agua potable que se torna de color rosado bajo después de la medición de cloro residual libre con el equipo fotómetro por el método colorimétrico perteneciente al barrio Miraflores.



**Figura 81.** Medición de cloro residual libre con el equipo fotómetro por el método colorimétrico perteneciente al barrio Florida.



**Figura 82.** Muestra de agua potable que se torna de color rosado después de la medición de cloro residual libre con el equipo fotómetro por el método colorimétrico perteneciente al barrio Cebadapata.



**Figura 83.** Muestra de agua potable que se torna de color rosado muy bajo después de la medición de cloro residual libre con el equipo fotómetro perteneciente al barrio Mollepampa.



**Figura 84.** Muestra de agua potable que se torna de color rosado muy bajo después de la medición de cloro residual libre con el equipo fotómetro perteneciente al barrio Ccescehuaycco.



**Figura 85.** Vista de historia clínica de los niños menores de 5 años con casos de enfermedades diarreicas agudas.

