

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

PROPUESTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE CONSUMO Y MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA COMUNIDAD DE NITILUISA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

FLORES JARAMILLO VIVIAN MARINA

vivianmfj@yahoo.com

GUILLÉN NASCA KATY EDITH

kaedgui_27@hotmail.es

DIRECTOR: Ing. Eduardo Vásquez, MSc.

eduardo.vasques@epn.edu.ec

CODIRECTOR: Ing. Fernando Custode, MSc.

fernando.custode@epn.edu.ec

Quito, enero 2021

DECLARACIÓN

Nosotros, Vivian Marina Flores Jaramillo y Katy Edith Guillén Nasca, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación-COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional. Entregaremos toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente".

Vivian Marina Flores Jaramillo

Katy Edith Guillén Nasca

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Vivian Marina Flores Jaramillo y Katy Edith Guillén Nasca, bajo nuestra supervisión.

Ing. Eduardo Vásquez, MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Fernando Custode, MSc.
CO DIRECTOR DE
PROYECTO

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios por ayudarme en el transcurso de mi vida, darme fuerzas para seguir y al caer y ponerme a prueba, ayudarme a aprender de mis equivocaciones. Sé que todo lo que yo encuentre en mi camino, va a ser, para mejorar como ser humano y crecer en todo sentido.

A mi familia, mis padres y hermanos quienes, con su amor incondicional, apoyo sincero, consejos y comprensión, me han acompañado y mostrado el camino a la superación.

A los ingenieros, por darnos tiempo, apoyo e impartirnos con sabiduría, no solo temas educativos, sino, de vida.

Vivian Flores

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mi familia, parte esencial de mi vida, a mi hijo José Fernando quien es mi motor y mi fortaleza en cada paso que doy, sin mi gordito no lo habría logrado.

A mi esposo Fernando quien con su amor, paciencia y sabiduría comparte junto a mí la dicha de ser padres.

A mis padres Ángel y Cecilia, parte fundamental en mi vida, sobre todo mi mami Cecy quien ha sido mi ejemplo como madre, mujer y ser humano.

A mi hermana Cris, mi consejera y amiga, quien en conjunto con mi sobrino Leito y mi cuñado Leo han estado junto a mí en todo momento.

A mi tía María, mi segunda madre, quien ha sido mi compañía y mi cómplice desde que era tan solo una niña.

Katy Edith

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme tener una familia maravillosa, que, me ha brindado su apoyo, amor y fortaleza durante toda mi vida, lo que ha provocado en mí, el deseo de superarme y ha contribuido a la consecución de esta meta.

A mí Tutor de Tesis el Ingeniero Eduardo Vásquez, quien, confió en nosotras para llevar a cabo este proyecto y que con sus conocimientos y paciencia nos guio a terminarlo.

Gracias a Katy mi amiga y compañera de tesis por su aporte, apoyo y esfuerzo para culminar este proyecto, que, aunque al principio parecía interminable supimos perseverar para sacarlo adelante.

¡A todos mi mayor reconocimiento y gratitud!

Vivian Flores

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro señor, por ser el guía de este gran camino que es la vida.

A toda mi familia, a quien con su amor y compañía están presentes en cada paso que doy.

A mi esposo Fer, por estar junto a mí en cada momento, por no dejarme desfallecer y apoyarme en cada decisión que he tomado.

A mis amigas, Adri, Ivo, Maritzita, Ibeth, Cris, por ser las mejores amigas que el fútbol me pudo dar, gracias por compartir junto a mí, experiencias inolvidables y por formar parte de mi vida.

A la ESFOT, por darme una nueva oportunidad de sobresalir y a los profesores que forman parte de la Escuela quienes nos impartieron sus conocimientos y nos brindaron su amistad durante la carrera, en especial al Profe Edu, quien con su paciencia y sabiduría ha sido nuestro guía en la realización de este proyecto y en nuestra vida estudiantil.

A Vivi por brindarme su amistad sincera y apoyo incondicional durante la realización de este proyecto y durante toda nuestra trayectoria estudiantil. ¡Vivi lo conseguimos!

Katy Edith

ÍNDICE

ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 JUSTIFICACIÓN	4
1.3 OBJETIVO GENERAL	5
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5 MARCO TEÓRICO.....	5
1.5.1. <i>Sistema de Abastecimiento</i>	5
1.5.2. <i>Sistemas de agua potable por gravedad</i>	5
1.5.3. <i>Componentes del Sistema de abastecimiento</i>	6
1.5.4. <i>Calidad del Agua</i>	23
1.5.5. <i>Muestreo y Análisis de laboratorio</i>	24
1.5.6. <i>Parámetros a analizar</i>	29
1.5.7. <i>Normativa Vigente de Agua para Consumo</i>	33
1.5.8. <i>Operación y Mantenimiento de sistemas de abastecimiento</i>	34
1.5.9. <i>Manual de mantenimiento</i>	35
2. METODOLOGÍA	36
2.1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA COMUNIDAD NITILUISA	36
2.1.1. <i>Ubicación</i>	36
2.1.2. <i>Climatología</i>	37
2.1.3. <i>Hidrografía</i>	37
2.1.4. <i>Población</i>	37
2.1.5. <i>Actividades Económicas</i>	37
2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CONSUMO DE LA COMUNIDAD DE NITILUISA	38
2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	41

2.3.1.	<i>Fuente de Abastecimiento de agua cruda:</i>	41
2.3.2.	<i>Captación</i>	41
2.3.3.	<i>Línea de Conducción</i>	42
2.3.4.	<i>Tratamiento de Potabilización de la Comunidad</i>	44
2.3.5.	<i>Tanques de Almacenamiento y Distribución</i>	52
2.3.6.	<i>Red de Distribución de la Comunidad Nitiluisa</i>	54
2.4.	PLAN DE MUESTREO, ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE AGUA DE CONSUMO	54
2.4.1.	<i>Plan de muestreo</i>	54
2.4.2.	<i>Análisis de parámetros</i>	62
2.5.	PROPUESTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE CONSUMO DE LA COMUNIDAD	64
2.6.	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	65
2.7.	ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.....	65
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
3.1.	EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE PARÁMETROS ANALIZADOS	67
3.2.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON RESPECTO A LA NORMATIVA VIGENTE	79
3.3.	PROPUESTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE CONSUMO DE LA COMUNIDAD	84
3.4.	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA COMUNIDAD DE NITILUISA.....	84
3.5.	PRESENTACIÓN DE DOCUMENTACIÓN A LA COMUNIDAD	84
3.6.	RESUMEN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	85
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
4.1.	CONCLUSIONES.....	90
4.2.	RECOMENDACIONES	91
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
	ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la captación.....	8
Figura 2. Válvula de compuerta	10
Figura 3. Válvula de globo.....	10
Figura 4. Aireador de bandejas	12
Figura 5. Hipoclorador en línea	16
Figura 6. Hipoclorador hidráulico por Venturi	17
Figura 7. Hipoclorador en línea	18
Figura 8. Partes externas de un tanque de almacenamiento.....	19
Figura 9. Partes Internas de un tanque de almacenamiento	20
Figura 10. Descripción de la caja de válvulas	21
Figura 11. Ubicación geográfica de la Comunidad Nitiluisa.....	36
Figura 12. Componentes del Sistema de Abastecimiento de la Comunidad Nitiluisa	40
Figura 13. Obra de captación de la Comunidad Nitiluisa	42
Figura 14. Línea de conducción de la Comunidad Nitiluisa	44
Figura 15. Partes principales del clorador Pulsar 1	46
Figura 16. Equipo Pulsar 1 Barrio Nitiluisa Centro	47
Figura 17. Filtro multimedia.....	48
Figura 18. Partes de un filtro de carbón activado con válvula manual de tres posiciones filtrado, retrolavado y enjuague	49
Figura 19. Clorador Hayward CL200.....	50
Figura 20. Partes del Clorador Hayward CL200.....	51
Figura 21. Multiparámetro	57
Figura 22. Turbidímetro.....	58
Figura 23. Medición de parámetros in situ en la captación	59

Figura 24. Etiquetado de envases.....	59
Figura 25. Factor de corrección de saturación de oxígeno (Programa GLOBE, 2005)	63
Figura 26. Propuesta de sistema de tratamiento para la Comunidad	65
Figura 27. Resultados alcalinidad	69
Figura 28. Resultados conductividad	70
Figura 29. Resultados Sólidos Totales Disueltos	71
Figura 30. Comparativa de conductividad y STD	71
Figura 31. Resultados turbidez	72
Figura 32. Resultados Oxígeno Disuelto (mg/L).....	75
Figura 33. Resultados Oxígeno Disuelto (%)	75
Figura 34. Resultados pH	76
Figura 35. Resultados temperatura	77
Figura 36. Relación entre pH y temperatura.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo	56
Tabla 2. Parámetros analizados	56
Tabla 3. Preservación para muestras de análisis in situ y laboratorio	60
Tabla 4. Métodos utilizados para la medición de los diferentes parámetros	61
Tabla 5. Solubilidad del oxígeno en agua (Programa GLOBE, 2005)	62
Tabla 6. Factor de corrección y Solubilidad en los diferentes puntos de muestreo.	64
Tabla 7. Resultados Obtenidos por punto de muestreo	67
Tabla 8. Comparación de Resultados Obtenidos por punto de muestreo con INEN 1108:2011	80
Tabla 9. Comparación de Resultados Obtenidos por punto de muestreo con la Tabla 1 del AM 097/A	82
Tabla 10. Resumen de Actividades de Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento...86	
Tabla 11. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos a analizar. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 12. Métodos de ensayo a utilizar para medir los diferentes parámetros..... ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 13. Parámetro, tipo de envase, cantidad, preservación y tiempo de conservación de la muestra. ¡Error! Marcador no definido.	

RESUMEN

El presente trabajo describe el funcionamiento, operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua de consumo de la Comunidad Nitiluisa ubicada en la parroquia Calpi, provincia de Chimborazo, aproximadamente a 18 km de la ciudad de Riobamba, proyecto que nace de la necesidad de contar con un documento técnico para apoyar todas las actividades del sistema de abastecimiento, ya que, estas se realizan de manera empírica o simplemente no se las realiza.

El proyecto inició con una visita de campo a la comunidad donde se verificaron: el funcionamiento, componentes del sistema y su estado actual, seguido de un muestreo del agua en la captación, tanques de distribución y almacenamiento y un grifo de agua de una casa del barrio Nitiluisa Centro. Del sistema de abastecimiento se pudo recolectar información cualitativa que nos permitió desarrollar el manual de operación y mantenimiento y del muestreo del agua se obtuvo información cuantitativa de los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que nos permitió diseñar la propuesta de tratamiento para el agua de consumo, siendo esta un aireador de bandejas y un hipoclorador por goteo de carga constante. Tratamiento que se ajusta tanto al requerimiento de potabilizar el agua como a las circunstancias económicas de la comunidad.

Tanto el manual de operación y mantenimiento como la propuesta de tratamiento del agua son soluciones que ayudarán a la Comunidad a mejorar la calidad y cantidad de agua que llega a sus hogares mediante un manejo adecuado de sus componentes.

ABSTRACT

This present work describes the activities for the functioning, operation and maintenance of the drinking water supply system of the Nitiluisa community located in the Calpi canton, Chimborazo province, approximately 18 km from the city of Riobamba, a project born out of necessity of having a technical document to support all the activities of the supply system, since these are carried out empirically or they are simply not carried out.

The project began with a field visit to the community where the operation, components of the system and its current state were verified, followed by a sampling of the drinking water in the catchment, distribution, storage tanks and a water tap in a house from the Nitiluisa Centro neighborhood. Qualitative information could be collected from the supply system that allowed us to develop the operation and maintenance manual, and quantitative information of the physical, chemical and microbiological parameters analyzed were obtained that allowed us to design the treatment proposal for drinking water, being this a tray aerator and a drip and constant load hypochlorinator. Treatment that adjusts to the requirement of making the water drinkable and to the economic circumstances of the community.

Both the Operation and Maintenance Manual and the water treatment proposal are solutions that will help the community to improve the quality and quantity of water that reaches their homes through proper management of its components.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El agua es fundamental para el progreso del ser humano, por lo tanto, esta debe contar con la calidad adecuada y su correcta distribución. El artículo 12 de la Constitución de la República del Ecuador en el Capítulo Segundo, en la Sección Primera Agua y Alimentación dice “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”. (Asamblea Constituyente, 2008)

Hace 15 años se suministró agua bruta a la Comunidad Nitiluisa de la Parroquia Calpi, provincia de Chimborazo, Comunidad conformada por tres barrios (Corona, Nitiluisa Centro y Rumipamba), el caudal concesionado por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) es de 3.6 l/s, pero al tanque de distribución llega 1.53 l/s es decir que solo cumple con el 50% del caudal necesario para el periodo de diseño de la conducción actual según un representante del Centro de Desarrollo Difusión e Investigación Social (CEDIS), comprobándose que existe un alto porcentaje de pérdidas a lo largo del sistema de conducción. Las tuberías, tanque rompe presión y accesorios se encuentran en mal estado, provocando pérdidas de agua; por lo tanto, las actividades económicas y domésticas de la población en las que interviene el consumo de agua, no se ejecutan con normalidad.

La Escuela Politécnica Nacional mediante el proyecto de vinculación: “Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua”, junto con la presencia de estudiantes, profesores, dirigentes de los barrios pertenecientes a la Comunidad Nitiluisa y representantes del CEDIS, determinaron mediante una visita de campo y un posterior informe, que: la calidad del agua en sus análisis físicos, microbiológicos y químicos mostraba valores bajos de pH y oxígeno disuelto, en ninguno de los tanques de almacenamiento existen procesos de potabilización funcionando, a pesar de que fueron implementados. Debido a la pobre calidad del agua, los pobladores no la consumen con total tranquilidad y el desarrollo económico del lugar ha ido decreciendo; se ha intentado implementar criaderos de truchas cerca de la fuente de captación, pero las mismas murieron al poco tiempo.

Todos estos problemas encontrados en el sistema de abastecimiento se deben a que la Comunidad no realiza un control adecuado del mismo, esto debido a la carencia de un

manual de operación y mantenimiento y de las directrices necesarias para el apropiado funcionamiento del sistema.

Una correcta operación y mantenimiento, junto a la implementación de un proceso adecuado de tratamiento del agua cruda en el sistema de abastecimiento, puede garantizar un servicio de calidad. Sin embargo, defectos sin corregir a lo largo del sistema pueden repercutir en que llegue agua de escasa calidad a la población. (Avina-Care, 2012)

1.2 Justificación

El presente proyecto es una herramienta que brindará información sobre los elementos, funcionamiento, operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento. Ayudará a la Comunidad Nitiluisa a mejorar las condiciones operativas y de mantenimiento de este, ya que, al aportar conocimiento sobre el sistema cada uno de los miembros de la Comunidad será capaz de: vigilar el correcto funcionamiento y de realizar tareas de operación y de mantenimiento, con la premisa de obtener mejor calidad y cantidad de agua, y así, garantizar la vida útil de los elementos que lo conforman, todo esto aportará al desarrollo de la Comunidad. Una participación activa de la Comunidad garantizará el empoderamiento y sostenibilidad del sistema de abastecimiento, ya que, en muchas ocasiones esta responsabilidad recae en un solo miembro de la Comunidad haciendo que su funcionamiento, quede expuesto a paras por falta de este miembro.

Por otro lado, este proyecto podrá ser un referente para tomar decisiones a lo largo del tiempo y así mejorar aspectos del sistema que impiden la distribución del agua con la calidad y cantidad suficiente.

Además, como parte del presente proyecto, se presentará un manual de operación, mantenimiento y una propuesta de tratamiento del agua de consumo, ya que, en la actualidad cuentan con un tratamiento que no está acorde a la calidad del recurso; este sistema podrá ser utilizado en cada uno de los barrios y su diseño se basará en la interpretación de los análisis físicos, químicos y microbiológicos actuales del líquido vital y será un sistema de fácil operación, mantenimiento para la Comunidad, además, económico.

1.3 Objetivo General

Proponer un tratamiento para el agua de consumo y elaborar el manual de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de la Comunidad Nitiluisa, provincia de Chimborazo.

1.4 Objetivos específicos

- Analizar la calidad del agua en los diferentes puntos de abastecimiento, redes de distribución y tanques de almacenamiento.
- Proponer un sistema de tratamiento para el agua de consumo de la Comunidad de Nitiluisa
- Identificar y evaluar las condiciones de los componentes del sistema de abastecimiento de agua de consumo de la Comunidad Nitiluisa.
- Elaborar el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento de agua de consumo de la Comunidad Nitiluisa.

1.5 Marco Teórico

1.5.1. Sistema de Abastecimiento

El sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de estructuras y equipos empleados para proveer de agua a un poblado de manera continua, con la cantidad, calidad y la presión, suficiente para asegurar una distribución apropiada a la Comunidad a abastecer (Avina-Care, 2012).

1.5.2. Sistemas de agua potable por gravedad

Generalmente, este sistema se encuentra en regiones altas (sierra), donde, la fuente de abastecimiento está situada arriba de la población y se aprovecha esta diferencia de altura para transportar el agua por gravedad desde la fuente hasta las viviendas en zonas bajas (Avina-Care, 2012).

1.5.3. Componentes del Sistema de abastecimiento

Usualmente un sistema de abastecimiento está constituido por los siguientes componentes:

1. Fuente
2. Captación
3. Línea de Conducción
4. Tratamiento de Agua
5. Tanque de almacenamiento
6. Red de distribución

1.5.3.1. Fuente de Abastecimiento

Es el suministro de agua empleada en un sistema de abastecimiento (Avina-Care, 2012; Aguero, 1997).

Agua Subterránea

Es agua que brotan del suelo. Su calidad es mejor que las fuentes superficiales, debido, a que se va filtrando por diversas capas de tierra, así se hace más pura y libre de sedimentos y microorganismos.

Se capta el agua subterránea por medio de: manantiales, galerías filtrantes y pozos que pueden ser excavados o tubulares (Avina-Care, 2012; Aguero, 1997).

1.5.3.2. Captación

Son las estructuras u obras utilizadas para “captar” el agua. (Avina-Care, 2012).

Existen diferentes tipos de captación dependiendo de su fuente. Particularmente en este manual se va a ser referencia a la captación de manantiales y específicamente a los manantiales de fondo, ya que, es la fuente utilizada por la comunidad en estudio.

Manantiales

Se define a los manantiales como: lugares en la superficie terrestre, por donde sale agua de forma natural y esta proviene de un acuífero.

El agua de precipitaciones se infiltra en el suelo en capas de grava, ripio, arena o grietas en las rocas y en su camino esta puede encontrar una capa con material que tenga menor permeabilidad, generando que el agua quede atrapada en dicho sitio y forme un acuífero. El agua contenida en el acuífero sale por presión o por la fuerza de la gravedad a la superficie (García, Bilbao, & Zamora, 2011).

Manantial de Fondo

El recurso hídrico sale de forma vertical, en partes bajas o en el fondo de los valles. Es agua que proviene de un acuífero confinado (agua saturada entre dos capas no permeables), que brota a la superficie debido a la presión generada en este.

La obra de captación puede ser una estructura que no tenga fondo y que encierre el punto donde el agua sale (Aguero, 1997). Posee de dos partes (ver figura 1):

1. Cámara húmeda. Almacena el agua y regula el caudal requerido, está dotada de: una canastilla de salida y tuberías para la limpieza y desalojo de exceso de agua. El cono de rebose impide que el recurso hídrico alcance la tapa de la cámara, este no puede estar a una altura mayor que los conductos de entrada a la cámara húmeda. La canastilla de salida impide que cuerpos extraños y la basura consigan entrar a la línea de transporta el agua (Aguero, 1997).
La tubería que se utiliza para la limpieza o para la salida del agua (limpia o desagüe) elimina el agua utilizada durante la desinfección y la limpieza de la captación (Diaconía, 2016).
Si hay manantiales cercanos, para la recolección del agua se deberá construir algunas estructuras de captación de las que se deriven tuberías para recolectar el agua en una cámara de recolección o húmeda y esta se conectará a la línea de conducción (Aguero, 1997).
2. Cámara seca. Protege las llaves de salida y desagüe y se encuentra adyacente a la cámara húmeda (Aguero, 1997).

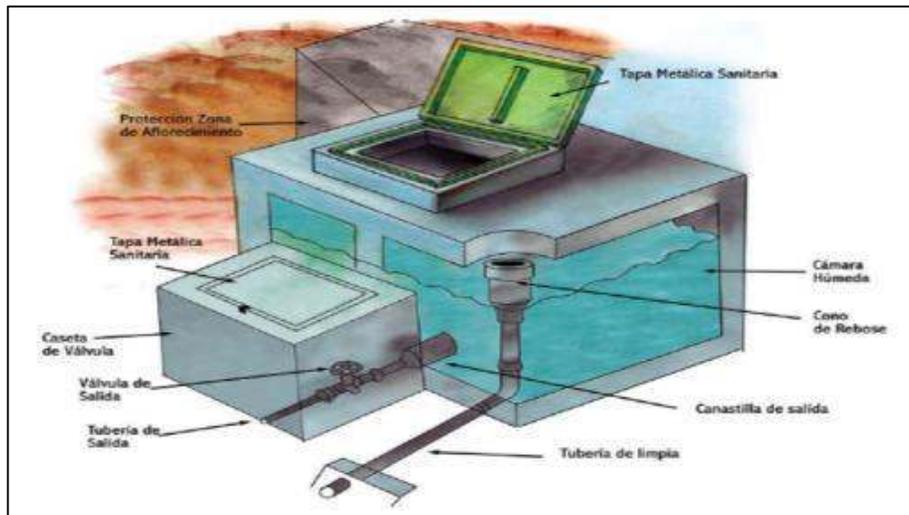


Figura 1. Partes de la captación

Fuente: (Diaconía, 2016)

1.5.3.3. Línea de Conducción

La línea de conducción corresponde tubería que lleva el líquido vital desde la obra de captación hasta el tanque de distribución y almacenamiento (Aguero, 1997).

El transporte del agua por medio de la línea de conducción, se efectúa de dos maneras:

Cuando la obra de captación se localiza en un punto del terreno más arriba del tanque de almacenamiento y distribución, el transporte del recurso hídrico por medio de la línea de conducción será por gravedad, y esta puede trabajar sin presión por medio de canales o a presión por medio de tuberías. La tubería a presión es la manera más común de conducir el agua en obras de suministro de agua potable.

Y cuando la captación está localizada a menor altura que el tanque de almacenamiento, la conducción será por bombeo (Rodríguez, 2001).

Clasificación de las líneas de conducción

Se puede clasificar las líneas de conducción de la siguiente forma:

1. Por gravedad
2. Por Bombeo

3. O una combinación de las anteriores, una línea de conducción mixta (Rodríguez, 2001).

Componentes de la línea de conducción

- **Tuberías**

Al seleccionar una tubería se tiene que elegir aquella que resista la mayor presión que se genere al cerrar la llave de control de la misma. Generalmente, en proyectos de abastecimiento en zonas no urbanas, se emplean tuberías de cloruro de polivinilo (PVC). La tubería de PVC posee buenas cualidades de trabajo con referencia a tuberías de materiales distintos, por ejemplo: tiene poco peso, es económico, flexible, durable y su transportación e instalación es fácil; estas tuberías se pueden encontrar en el mercado con diámetros comerciales menores de 2 pulgadas. Si se requiere tuberías que soporten presiones mayores se recomienda utilizar tubería de hierro galvanizado (Aguero, 1997, pág. 55).

- **Válvulas de control**

Son utilizadas para dividir tramos de tuberías en caso de que se requiera reparar fugas o daños en la tubería. Se tienen que instalar al inicio y final de la línea de conducción (Avina-Care, 2012) y a lo largo de la tubería, según el diseñador lo disponga (EPMAPS, 2008). Hay diferentes clases de válvulas como:

- **Válvulas de compuerta**

Las válvulas de compuerta pueden tener uno o dos discos o compuertas de bronce que se deslizan transversalmente para regular el paso del agua dentro de una carcasa de hierro fundido. El armazón cuenta con guías internas de asiento con diámetros iguales al de la tubería y estos al cerrar completamente la válvula encajan con los discos. La apertura y cierre de los discos o compuertas se da mediante el giro de un vástago de tornillo y una tuerca. Son válvulas que sirven para regular el caudal según se requiera y evitan el golpe de ariete por su cierre y apertura lenta, su construcción es sencilla (Avina-Care, 2012).



Figura 2. *Válvula de compuerta*

Fuente: (Valsum, 2017).

- **Válvulas de globo**

Esta válvula está formada por un disco que cuando baja al girar la manija, cierra el flujo del agua. Utilizada generalmente en tuberías con diámetros menores a 4 pulgadas. Cuando el empaque se desgaste se presentan fugas en la manija (Avina-Care, 2012).



Figura 3. *Válvula de globo*

Fuente: (Valsum, 2017).

- **Cámara rompe presiones**

Se instalan en lugares con mucha pendiente más de 50 m de desnivel (Torres, 2006), es una estructura de hormigón armado en forma de cámara o tanque, usada para disminuir la presión del agua y así evitar daños en la tubería y sus estructuras. De manera general está compuesta por una tubería de acceso en la parte superior con una válvula de compuerta, en la parte inferior una tubería para la salida con canastilla, conducto de ventilación y cubierta o tapa de control (Avina-Care, 2012).

La cámara rompe presión permiten utilizar tuberías de menor diámetro y esto ayuda a reducir los costos para la población en la adquisición y compra de tuberías y equipos para el suministro de agua potable (Aguero, 1997).

- **Válvula de aire**

Bolsas de aire se reúnen en los puntos de mayor elevación por donde pasa la tubería impidiendo el flujo normal del agua y reduciendo su velocidad. Para prevenir estos efectos se instalan válvulas de aire que pueden ser automáticas o manuales (Avina-Care, 2012; Aguero, 1997)

Este dispositivo funciona expulsando el aire, por medio, de unas cámaras metálicas acopladas a la red de conducción. Al llenarse la cámara, el aire sale por un orificio sellado por una esfera metálica o flotador que cae expulsando el aire (Avina-Care, 2012).

- **Válvulas de purga**

El agua puede contener tierra, arena y en ocasiones piedras, todo este material se deposita en los puntos topográficos más bajos por donde pasa la línea de conducción, sedimentándose y tapando el tubo, siendo necesario instalar válvulas de purga.

Este tipo de válvulas se sitúan lateralmente en las tuberías ubicadas en zonas topográficas bajas y al abrirlas permiten que los sólidos sedimentados sean expulsados de las tuberías (Avina-Care, 2012; Aguero, 1997).

1.5.3.4. Tratamiento de Agua.

Se refiere a todos los procesos a los cuales se somete el líquido vital para mejorar sus características físicas, químicas y microbiológicas y esta pueda ser aprovechada por la población, de acuerdo con los límites aceptables determinados por las normas, que, en el caso de Ecuador son: “Norma INEN 1108, Requisitos que debe cumplir el agua para consumo humano” y el “TULSMA, Texto Unificado de la Legislación Secundaria de Ministerio del Ambiente”, que serán detalladas más adelante (Avina-Care, 2012).

Por lo general, la combinación adecuada de los procesos de potabilización dependen de las propiedades de la fuente de agua, como de su uso final, pero como, el objeto de este estudio es el agua de manantial y debido a que la calidad de esta es buena, se sugiere implementar, un aireador debido al bajo nivel de oxígeno disuelto de las fuentes de agua subterráneas y un sistema de desinfección, debido a la obligatoriedad de realizar la desinfección del agua sin importar su tratamiento previo y su calidad según la norma de la

EPMAAPS “Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q” (EPMAPS, 2008).

Aireación

- Procedimiento para que el agua entre en contacto con el aire para cambiar la concentración de sustancias volátiles que esta puede contener (Romero, 1999).

Con el objetivo de:

- Inyectar oxígeno y aumentar el oxígeno disuelto.
- Ayudar a la oxidación del hierro y manganeso.
- Remoción de gases tales como: cloro, amoníaco y metano.
- Reducir la concentración de dióxido de carbono y ácido sulfhídrico
- Remoción de sustancias volátiles orgánicas productoras de sabor y olor (Romero, 1999).

Aireadores de Bandejas.

Erigidos por una serie de bandejas para acrecentar al máximo la extensión de contacto entre el aire y el agua. Equipadas con orificios, fondos perforados, sobre las cuales se raciona el agua y cede por caída libre. Si se requiere se emplea medio de contacto como, por ejemplo: grueso de coque, piedra, ladrillo triturado o cerámica para mejorar la eficiencia de remoción de gases y adjudicación de agua (Romero, 1999).

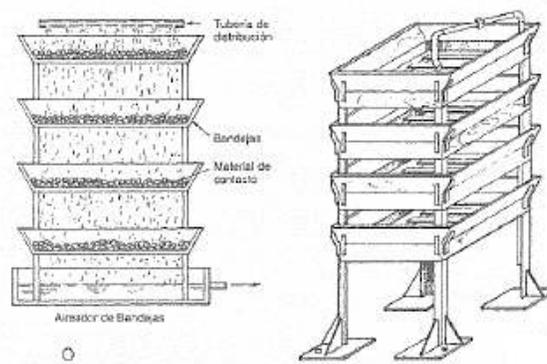


Figura 4. Aireador de bandejas

Fuente: (Romero, 1999)

Desinfección

Desinfectar el agua es eliminar microorganismos o patógenos que son la fuente de muchas enfermedades (Arboleda, 2000).

Es la última etapa para potabilizar el agua, paso indispensable para prevenir riesgos en la salud, no debe confundirse como un proceso más, sino, como una fase vital del tratamiento (Álvarez, 2009).

Factores que influyen en la desinfección

- Microorganismos que se encuentran en el agua
- Desinfectante utilizado.
- Relación concentración-tiempo.
- Temperatura.
- Características fisicoquímicas del agua (Álvarez, 2009; Arboleda, 2000).

Microorganismos presentes en el agua. La destrucción de los microorganismos obedece a la forma en la que estos resisten la acción germicida del desinfectante y por la reacción química con la estructura interna del microorganismo (Álvarez, 2009).

Desinfectante utilizado. Cada desinfectante tiene un mecanismo de acción con diferente efectividad, la concentración del desinfectante ayuda a determinar el tiempo de contacto necesario para cumplir con la desinfección eficiente (Álvarez, 2009).

Relación concentración-tiempo

Menor tiempo de contacto para una eficiencia del 100% de desinfección, requerirá una alta concentración del desinfectante dosificado y mayor tiempo para obtener la misma eficiencia con una concentración débil. El poder bactericida y su eficiencia depende del desinfectante, de su concentración y del tiempo de contacto (Arboleda, 2000).

Temperatura

Las bacterias pueden vivir, generalmente, en un rango de temperatura de entre 5°C y 80°C. Ya que la temperatura ayuda a las sustancias a reaccionar más rápido, de igual manera, la desinfección es influenciada por la temperatura, es decir, que mientras el agua esté más

caliente, más eficiente y acelerada será la desinfección, pero la eficiencia de los desinfectantes gaseosos se reduce al disminuir la solubilidad de los gases, cuando, la temperatura aumenta (Arboleda, 2000).

Características Físico-químicas del Agua

- **Partículas en suspensión**

Pueden esconder a los microorganismos entre sus partículas y afectar la desinfección.

- **Materia orgánica**

Forman productos derivados perjudiciales para la salud, cuando, reaccionan con la materia orgánica, además, producen olores y sabores desagradables en el agua (Álvarez, 2009).

- **Potencial hidrógeno – pH**

Los microorganismos viven a un pH definido, entornos demasiado ácidos o básicos son letales para estos, el pH ideal está en torno a 7. Por ejemplo, las bacterias *E coli* a pH = 12 y la Salmonella a pH = 11, viven menos de 8 horas. Los virus viven pocas horas, cuando, el pH es menor a 4 y mayor a 10. Además, todos los desinfectantes tienen una máxima efectividad en la eliminación de patógenos con un rango de pH en el agua diferente, propio de cada uno (Arboleda, 2000)

Métodos de Desinfección

- **Cloración**

Es el método de eliminación de microorganismos más utilizado en los suministros de agua en el ámbito rural. Su función principal es eliminar las bacterias por la actividad germicida de estos componentes. Además, produce otros beneficios, como, la oxidación de: hierro, manganeso, sulfuros de hidrógeno y de algunos compuestos orgánicos que generan olores y sabores (Álvarez, 2009).

Ventajas

Fácil dosificación y costo conveniente.

Tiene propiedades residuales.

Tiene alta capacidad oxidante que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica

Tiene potencia germicida de espectro amplio

Desventajas

Es muy corrosivo.

Puede originar sabor desagradable en el agua, inclusive en concentraciones que no suponen peligro para el consumidor.

Para evitar riesgos en la salud del operario se debe tener en cuenta las normas de manejo y almacenamiento del cloro.

El cloro pesa más que el aire, dos veces y media más, tomando en cuenta la presión y temperatura en condiciones normales. Es un gas de color verde (Vargas & Barrenechea, 2004).

- **Compuestos Clorados**

Derivados del cloro:

- ✓ El Gas cloro (Cl_2): se encuentra en estado líquido y embotellado
- ✓ Hipoclorito de sodio (NaClO): se encuentra en forma líquida y con un porcentaje de cloro activo de 10% a 15%.
- ✓ Hipoclorito de calcio [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$]: se encuentra en forma granular, polvo o pastillas y con un porcentaje de cloro activo de 60 %a 70%.
- ✓ Dióxido de cloro (ClO_2) se produce en la misma planta de tratamiento por ser un gas inestable.
- ✓ Cloramina (NH_2Cl), se forma por la adición de cloro y amonio al agua a tratar (Vargas & Barrenechea, 2004).

Los agregados de cloro más utilizados son el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio por su eficacia bactericida, al mismo tiempo, su manejo es mucho más fácil comparado con el manejo de cloro gaseoso (Vargas & Barrenechea, 2004).

- **Hipoclorador**

Es un dosificador de una solución de concentración conocida de hipoclorito de calcio o de sodio al sistema de agua. Solución que se regula para inyectar la dosis requerida al sistema.

En el caso de poblaciones rurales son equipos adecuados debido a su bajo costo, mantenimiento y simplicidad de funcionamiento (OPS/OMS, 2014).

- **Hipoclorador en Línea**

Es un equipo automático de desinfección para clorar el agua para consumo humano; suministra cloro de manera que su concentración sea la óptima de acuerdo a las normas del país (OPS/OMS, 2014), en la “Norma INEN 1108:2011, Agua Potable. Requisitos”, establece que uno de los parámetros que debe cumplir el agua potable para consumo humano es que el Cloro libre residual debe estar en un rango de entre 0.3 a 1.5 mg/L luego de un periodo ínfimo de contacto de 30 minutos (INEN, 2011).

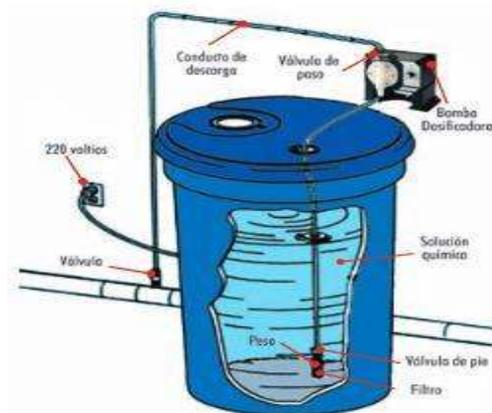


Figura 5. Hipoclorador en línea

Fuente: (OPS/OMS, 2014)

La bomba succiona el cloro del tanque de solución química y lo suministra por medio de la válvula de paso a la línea de conducción. La dosis de cloro se regula con el potenciómetro de la bomba dosificadora. Necesita de una fuente de 220v para su funcionamiento.

- **Hipoclorador hidráulico por Venturi**

Es un equipo que dosifica cloro por succión, a través de un dispositivo Venturi; el agua cuando pasa por el Venturi crea un vacío que aspira la solución de hipoclorito y la libera en el flujo principal de agua o en el flujo de derivación. Este dispositivo no necesita una fuente de energía propia, pero si de una presión suficiente para producir un flujo adecuado de agua por el Venturi. En algunos casos, si no hay presión suficiente, se requiere un equipos de bombeo para elevar el agua por el dispositivo Venturi (OPS/OMS, 2014).



Figura 6. Hipoclorador hidráulico por Venturi

Fuente: (OPS/OMS, 2014)

- **Hipoclorador por goteo y de carga constante**

Es un equipo sencillo utilizado en sistemas de agua por gravedad, utiliza mayormente hipoclorito de calcio, desinfectante que se puede encontrar en el mercado en distintas presentaciones como: polvo, pastillas o granular, bajo el nombre de hipoclorito de calcio (HTH) (OPS/OMS, 2014; Lozano, Mazarrasa, & Sanx).

Este hipoclorador tienen dos modelos:

El primero con dos recipientes, un recipiente colocado arriba del segundo recipiente para la mezcla clorada de volumen mayor y un segundo recipiente para dosificar la mezcla clorada, en el que se encuentra un flotador que mantiene la carga constante.

El segundo modelo con un solo recipiente, que sirve para la preparación de la solución madre y para dosificarla por medio de un tubo flotante con orificios (OPS/OMS, 2014).

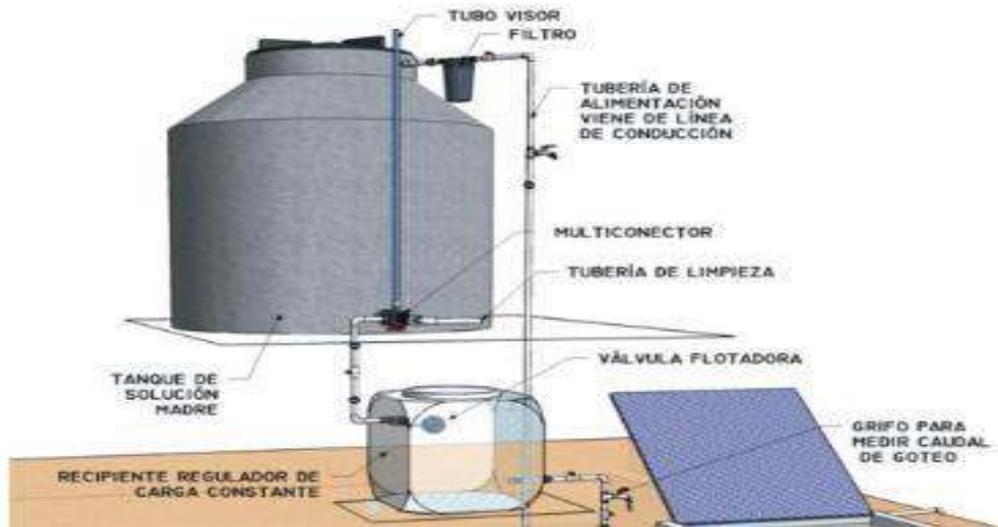


Figura 7. Hipoclorador en línea

Fuente: (OPS/OMS, 2014).

1.5.3.5. Tanque de Almacenamiento

Es un equipo usado para receptor agua, puede ser una estructura de forma cuadrada, rectangular o redonda y de materiales tales como: hormigón, ferrocemento, acero vitrificado o de plástico de alta resistencia.

Las funciones de los tanques de almacenamiento o distribución son:

Asegurar la dotación suficiente de agua en las horas que se consume más el líquido por parte de la población

Durante la noche y cuando haya menos gasto del líquido, acopia el agua.

Ayuda a compensar variaciones de consumo en el día y cuando la línea de conducción se encuentra en mantenimiento, almacena el agua para evitar su desabastecimiento.

Por tanto, su tamaño obedece al número de personas de la Comunidad (Avina-Care, 2012).

Tipos de Tanques de Almacenamiento

De acuerdo con la ubicación del tanque en relación al terreno pueden ser: superficiales o apoyados, enterrados, semienterrados y elevados.

El tanque de almacenamiento debe garantizar presiones mínimas en las viviendas ubicadas en los puntos más altos y presiones máximas en las viviendas localizadas en los puntos más bajos, por esto, su posición con respecto a la población tiene que asegurar la presión de la red y estar lo más cerca y a un nivel topográfico más alto que el centro de la Comunidad.

Generalmente, en los sistemas de dotación de agua para zonas rurales, es habitual y económico construir un reservorio cuadrado y superficial (Aguero, 1997).

Componentes de un Tanque de Almacenamiento

Está compuesto de dos estructuras: la primera, el tanque de almacenamiento del agua; y la segunda, la caseta de válvulas donde están las válvulas de control de entrada, salida del agua, de limpia y rebose. En las figuras se detallan las partes externas e internas de un tanque de almacenamiento, así como, su posición dentro del tanque (Diaconía, 2016).

- **Partes Externas**

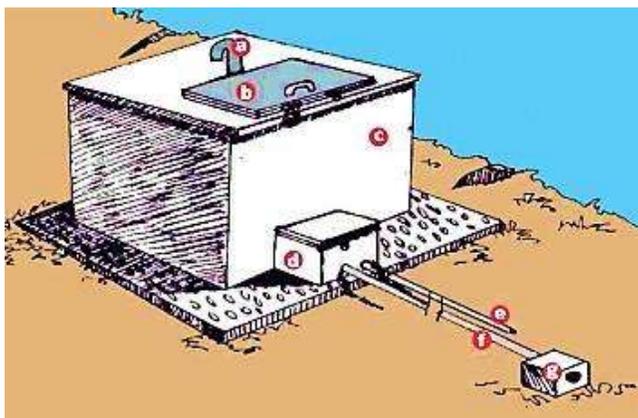


Figura 8. Partes externas de un tanque de almacenamiento

Fuente: (Diaconía, 2016).

- a) **Tubería de ventilación:** Permite el ingreso del aire y cuenta con una malla que impide la entrada de animales y suciedad al tanque de almacenamiento.
- b) **Tapa sanitaria.** Puede ser de concreto o metálica, permite entrara al tanque para hacer tareas de limpieza, desinfección y cloración, además, impide la contaminación exterior.
- c) **Tanque de almacenamiento.** Es una estructura de concreto para acopiar y clorar el agua. Puede ser de forma circular o cuadrada.
- d) **Caseta o cámara de válvulas.** Es una caseta de concreto con tapa para proteger las llaves de control del tanque.
- e) **Tubería de salida.** Tubería de PVC por donde sale el agua a la red de distribución.
- f) **Tubería de rebose y limpia.** Tubería que elimina el excedente de agua y se utiliza para el mantenimiento del reservorio.
- g) **Dado de protección:** Es un dado de concreto localizado en el extremo de la tubería de rebose y limpia, sirve para impedir la entrada de animales pequeños (Diaconía, 2016).

Además, está formada por la:

Tubería de entrada. Tiene una válvula de control, para suspender o permitir el paso del agua al tanque, según se demande.

Cerco perimétrico. Para proteger al tanque, limitando el acceso a terceras personas

Escalera de acceso. Facilita la entrada al tanque ofreciendo seguridad al operador, y **Dosificador de Cloro o hipoclorador** para tratar el agua y volverla adecuada para el consumo humano (Manual de Operación y Mantenimiento de Reservorios; Avina-Care, 2012).

- **Partes Internas**

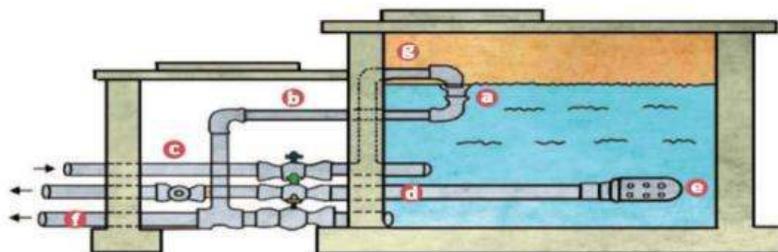


Figura 9. Partes Internas de un tanque de almacenamiento

Fuente: (Diaconía, 2016).

- a) **Cono de Rebose:** Saca el agua que exceda la altura del tanque.
 - b) **Tubo de Rebose:** Transporta el agua al tubo de desagüe.
 - c) **Tubo de ingreso:** Admite el paso del líquido desde la obra de captación al tanque.
 - d) **Tubo de salida:** Deja salir el agua a la red de distribución.
 - e) **Canastilla.** Deja que el agua salga de la cámara de recolección, impidiendo la entrada de cuerpos extraños.
 - f) **Tubo de limpia o desagüe:** Elimina el líquido después de realizar la limpieza y desinfección del tanque.
 - g) **Control Estático:** Deriva el agua proveniente de la captación al tubo de rebose, cuando el tanque está lleno y así evitar el desperdicio de agua clorada (Diaconía, 2016).
- **Caja de Válvulas**

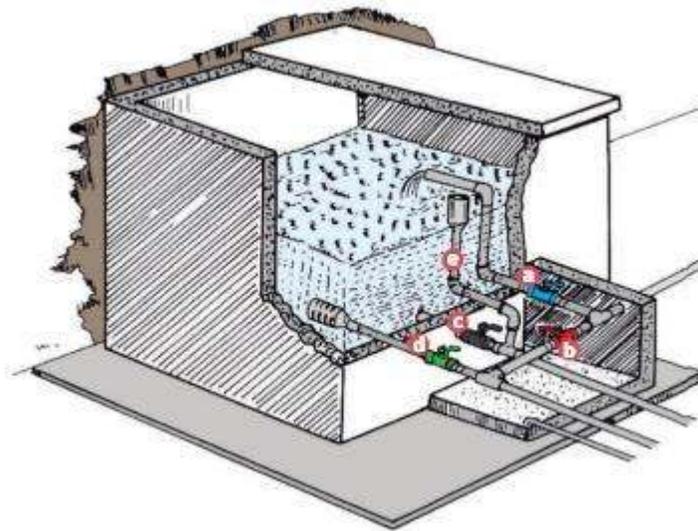


Figura 10. Descripción de la caja de válvulas

Fuente: (Diaconía, 2016).

- a) **Válvula de Entrada:** Controla la cantidad de agua que debe de ingresar al reservorio (llave azul).
- b) **Válvula de paso (By Pass):** Envía el agua a la red de distribución cuando se hace mantenimiento en el tanque (llave roja).
- c) **Válvula de limpieza:** Deja que el agua salga del tanque para limpiarlo (llave negra).
- d) **Válvula de salida:** Lleva el agua desde el tanque hacia la red de distribución (llave verde).

- e) **Válvula de Rebose:** Permite la salida del agua cuando sobrepasa la altura de almacenamiento determinado (Diaconía, 2016).

1.5.3.6. Red de Distribución

Sistema de tuberías con diámetros de diferente tamaño, válvulas y accesorios, cuyo, inicio está en la tubería de salida del agua del tanque de almacenamiento y llega hasta las tomas domiciliarias (Aguero, 1997).

Los materiales usados en las tuberías de distribución son:

- ✓ Acero con revestimiento anticorrosivo interno y externo
- ✓ Acero con revestimiento interior y exterior
- ✓ Hierro dúctil
- ✓ Polivinilo de cloruro PVC
- ✓ Polietileno de alta densidad PEAD
- ✓ Poliéster reforzado con fibra de vidrio GRP, la selección del material de la tubería depende de la presión máxima con la que trabajará el sistema (EPMAPS, 2008).

Sistema de Circuito Abierto

Usada en poblados pequeños, conocida como: **Espina de pescado o Ramificada.** Consiste en un conducto principal colocado en la calle principal del que parten tuberías con menor diámetro formando pequeñas mallas. El inconveniente de este tipo de sistema, se debe, a la formación de zonas en las tuberías de derivación, donde, se estanca el agua, generando, un líquido de mal sabor y olor, para esto, se debe colocar válvulas de purga para limpiar las tuberías en esos puntos (Aguero, 1997).

Componentes Principales de la Red de Distribución

- **Válvulas compuerta**

Permiten el paso, regulación del caudal de agua, sectorización del agua para operaciones de mantenimiento y reparación.

Las válvulas de compuerta se colocan en:

- ✓ Cuando la red más importante se interseque (cada 800 m. de longitud).
- ✓ Derivaciones principales de la tubería.
- ✓ Lugares bajos por donde pasa la red, para purga o desagüe (García E. , 2009).

- **Válvulas de aire**

Colocan en los puntos de mayor altitud de la red para expulsar el aire retenido.

- **Cámaras rompe presión (CRP)**

Regula la presión del agua cuando haya un desnivel mayor de 50m entre el reservorio y la red. La CRP tipo 6 no posee válvula de boya y la CRP tipo 7 si posee válvula boya.

Los elementos de la cámara rompe presión son:

- Válvula de compuerta para el paso del líquido.
- Tubo de salida con canastilla.
- Tubo de aireación.
- Tapa de protección (García E. , 2009).

Conexiones domiciliarias

Es el conjunto de conexiones a las viviendas y empieza en la red de distribución, está compuesta por los elementos a continuación descritos.

- Una abrazadera o T para conectar a la tubería.
- Tubería de media pulgada.
- Válvula de control o paso
- Medidor (sin obligatoriedad).
- Accesorios.
- Estructura de protección de los elementos (García E. , 2009).

1.5.4. Calidad del Agua

La naturaleza del agua bruta debe ser monitoreada a través de análisis físicos, químicos y microbiológicos y caracterizada completamente, tomando en cuenta, los parámetros de

interés en época seca y lluviosa, con el fin de brindar al diseñador la información necesaria para el tipo de tratamiento que se requiere de acuerdo a la calidad de la fuente, bajo el cumplimiento de las normas ecuatorianas (EPMAPS, 2008).

1.5.5. Muestreo y Análisis de laboratorio

Muestreo

La finalidad del muestreo de agua es identificar y analizar diferentes características que posee la misma, este consiste en la toma de una cantidad representativa de agua, con la cual se podrá determinar parámetros físicos, químicos y biológicos, dependiendo de estos se establecerá criterios y técnicas para proceder con la toma de muestras.

Una muestra se considera aceptable cuando cumple con ciertas condiciones tales como:

- ✓ Ser representativa del sistema evaluado acorde con el objetivo del muestreo.
- ✓ Poseer un volumen suficiente para permitir su análisis de acuerdo con cada método analítico empleado en el laboratorio.
- ✓ Tener el volumen necesario tal que facilite su transporte hasta el laboratorio.
- ✓ Su preservación y su manipulación deben asegurar el mantenimiento de las características originales de la muestra que serán analizadas en el laboratorio.
- ✓ Debe estar correctamente identificada (fecha, hora, ubicación, condiciones ambientales, preservación) (Lozano-Rivas, 2013).

• Tipos de muestras

Es recomendable diferenciar las muestras según los análisis químicos, microbiológicos y biológicos que se vayan a realizar, ya que existen diferentes procedimientos y equipos para la recolección y manejo de las muestras, es por tanto que las técnicas de muestreo cambian según las circunstancias.

Es importante distinguir el muestreo para agua corriente y muestreo para agua estancada. El muestreo en serie es adecuado para aguas estancadas mientras que el muestreo puntual y el muestreo compuesto es adecuado para aguas estancadas y corrientes.

- ✓ Muestra puntual o instantánea. Es una muestra individual que se toma de manera aleatoria y que es representativa de un instante definido, es decir se toma en un punto a una determinada profundidad y un tiempo definido (Lozano-Rivas, 2013).
- ✓ Muestra compuesta. Es la agrupación de varias muestras puntuales comunes de una fuente, recolectadas por periodos determinados a intervalos programados, estas deben poseer volúmenes similares o ser proporcional al caudal mientras se realice el muestreo (Lozano-Rivas, 2013).
- ✓ Muestra integrada. Es la unión de varias muestras puntuales tomadas simultáneamente de distintos puntos, o que se encuentran lo más cerca posible (Lozano-Rivas, 2013).

- **Sitio y forma de muestreo**

Dependiendo del sitio y tipo de fuente que se vaya a muestrear las operaciones de muestreo varían. Cualquiera que sea la situación se debe dejar un pequeño lugar de aire el cual posibilita la homogenización de la muestra para su siguiente estudio en el laboratorio. El envase debe ser manipulado por su base (Lozano-Rivas, 2013).

- ✓ Muestreo en grifos. En general esta toma de muestras comprende análisis microbiológicos, por lo tanto, se debe conservar la esterilidad de la muestra de agua.
- ✓ Muestreo en pozos y depósitos. Se utiliza una bomba de captación. También se puede utilizar un toma-muestras de inmersión, el cual permite la entrada de la muestra a una profundidad específica. Este toma-muestras debe estar esterilizado.
- ✓ Muestreo en ríos y quebradas. Se debe considerar un lugar de fácil acceso el cual permita realizar las labores con total seguridad. Las muestras pueden ser tomadas desde la orilla, dentro del cuerpo de agua (por vadeo), desde un bote, desde un puente o desde una tarabita.
 - El frasco debe ser sumergido de forma horizontal, con la boca dirigida al flujo, de las características de la fuente y del objetivo de muestreo dependerá la profundidad de toma de muestra.
- ✓ Muestreo en lagos. Se toma en cuenta las mismas condiciones que en el muestreo de ríos. Para profundidades deseadas, se emplea un toma-muestras (Lozano-Rivas, 2013).

- **Número de muestras**

Este estará sujeto a los objetivos del muestreo, de la versatilidad de la muestra en el tiempo y de la disposición de recursos, entre otros aspectos. Si se requiere poseer una mayor información del sistema se requiere mayor número de muestras, es decir que aumenta el costo y es este el que tiene mayor peso en la toma de decisiones (Lozano-Rivas, 2013).

Parámetros de campo

Existen parámetros que se debe medir en campo (*in situ*), ya que la muestra cambia con el tiempo y con su preservación y puede emitir datos erróneos. Entre los parámetros tomados *in situ* se tiene:

- pH (potencial de hidrógeno)
- Temperatura
- Sólidos Disueltos Totales
- Oxígeno Disuelto
- Caudal
- Color
- Turbiedad
- Conductividad
- Cloro libre residual (Lozano-Rivas, 2013).

Identificación de la muestra

Cada recipiente o envase que se va a usar debe estar etiquetado con la siguiente información:

- Sitio de toma de muestra (dirección y/o coordenadas)
- Fecha
- Hora
- Tipo de muestra
- Responsable
- Institución
- Preservación
- Condiciones atmosféricas

- Observaciones (Lozano-Rivas, 2013).

Preservación de la muestra

El objetivo de preservar correctamente la muestra es retardar o a su vez que no exista ningún cambio químico o biológico que ocurre después de ser extraída de su fuente. A medida que el tiempo entre la toma de muestra y el estudio de parámetros dichos sea menor dichos serán más precisos. Entre los métodos de preservación están: registro de pH, refrigeración, aditamento de reactivos y otros que se ocupan de: aplazar la acción biológica, postergar la hidrólisis de las composiciones químicas, disminuir la volatilidad de los constituyentes y minimizar los efectos de impregnación (Barreto Sáenz, 2009).

Almacenamiento, transporte y entrega

Durante el almacenamiento de las muestras se revisa que los envases se encuentren bien sellados para evitar derrames. La entrega al laboratorio en donde se van a realizar los análisis debe ser lo más pronto posible, como máximo las 24 horas consiguientes al muestreo. Las muestras deben estar correctamente identificadas para poder ser entregadas al laboratorio y no difiera con los requisitos que contempla el mismo para recepción de muestras (Barreto Sáenz, 2009).

En el laboratorio verifican si el tipo de envase, el volumen de la muestra, los procedimientos de preservación, el tiempo requerido de conservación y el transporte de la muestra son los adecuados para mantener a la muestra en condiciones adecuadas para su análisis. La cadena de custodia debe ser llenada por el responsable del muestreo (Barreto Sáenz, 2009).

Análisis de laboratorio

Existen parámetros que son analizados en el laboratorio tales como:

- ✓ Alcalinidad total
- ✓ Aceites y grasas
- ✓ Cloro residual
- ✓ Coliformes fecales
- ✓ Coliformes totales

- ✓ Color aparente
- ✓ Color real
- ✓ Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅
- ✓ Demanda química de oxígeno DQO
- ✓ Fluoruros
- ✓ Hierro total
- ✓ Manganeso
- ✓ Nitratos (NO₃)

Para el análisis de los parámetros se realizan diferentes métodos de ensayo tales como:

- ✓ Sonda multiparamétrica U-50 HORIBA: El verificador de calidad del agua multiparamétrico de la serie U-50 consta de múltiples sensores que permite determinar y señalar el resultado del monitoreo simultáneo de hasta 11 parámetros (potencial de hidrógeno, pH/mv (potencial redox), oxígeno disuelto, conductividad, TDS, temperatura, turbidez, profundidad del agua, entre otros) con una unidad (HORIBA, s.f.).

El diseño robusto y potente, considerando un monitoreo de campo fácil de usar en el sitio, como ríos, agua subterránea, agua de drenaje, etc., reúne la característica de función y rendimiento, lo que hace que la operación sea simple para todos (HORIBA, s.f.).

Se ha logrado una mejor estabilidad del sensor de oxígeno disuelto con un nuevo diseño de 3 electrodos para una respuesta rápida y un sensor polarográfico para facilitar el mantenimiento (HORIBA, s.f.).

- ✓ Turbidímetro HACH: el Turbidímetro funciona a partir de un señalador óptico, con la fuente de luz a 90° o 360°, la concentración está en función de la luz reflejada por las moléculas suspendidas en el detector, cumpliendo con la normativa EPA o ISO (Hach Company, s.f.).

Este instrumento mide la turbidez en un rango entre 0,01 y 1000 NTU, opera bajo el principio nefelométrico de medición de turbidez (Hach Company, s.f.).

- ✓ Espectrofotometría: con este método se realiza la medición de: color aparente, color real, DQO, hierro total, manganeso, nitratos, flúor soluble.

La espectrofotometría es uno de los procedimientos más usados para el análisis de la concentración de un compuesto en solución (Díaz , y otros).

Se fundamenta en que las moléculas se impregnan de las radiaciones electromagnéticas y al mismo tiempo la cantidad de luz impregnada está en función

de la conducta lineal de la concentración. Para esta técnica se utiliza un espectrofotómetro, en el cual se selecciona la longitud de onda de la luz que atraviesa por una solución y se determina la proporción de luz absorbida por la misma (Díaz , y otros).

- ✓ Gravimetría: con este método se realiza la medición de: aceites y grasas.

En este método las grasas y los aceites presentes en las muestras de agua son extraídos por contacto íntimo con el solvente (n-hexano) y su análisis se realiza gravimétricamente a través de recuperación del solvente en un equipo de destilación (Bojaca Barrero, 2007).

- ✓ NMP (Número más probable): con este método se realiza la medición de coliformes fecales y totales.

Esta técnica tiene como objetivo adquirir inóculos de por lo menos una célula que muestre desarrollo en el medio de cultivo por medio de diluciones continuas de la muestra, exhibiendo en prueba presuntiva una fermentación de la lactosa y en prueba confirmativa, fermentación de lactosa y producción de gas (Salas Sosa, 2004).

El número de tubos positivos y negativos da una estimación de la densidad de bacterias adquiridas mediante la aplicación de cálculos de probabilidad (Salas Sosa, 2004).

- ✓ Volumetría: con este método se realiza la medición de: alcalinidad total y Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

El análisis volumétrico es un procedimiento fundamentado en la dosis de reactivo indispensable para reaccionar con el analito. Por tanto, al determinar de manera precisa la dosis de reactivo, de concentración conocida, indispensable para reaccionar con el analito, se puede valorar su concentración en la muestra (Campillo Seva, 2011).

1.5.6. Parámetros a analizar

El olfato y la observación son la manera intuitiva de identificar la calidad de un cuerpo de agua. Es decir, se basan en un patrón preestablecido (río cristalino), que se cree es de buena calidad al observarlo. Los indicadores físicos, químicos y biológicos que caracterizan el agua pueden determinar la calidad de la misma. Mediante el sentido de la vista se puede establecer de manera cualitativa parámetros físicos, no así químicos o biológicos. Para los

últimos se realizan una gama de ensayos y pruebas de laboratorio con los que se define de forma cuantitativa y normalizada la naturaleza del agua (Campos Gómez, 2000).

1.5.6.1. Parámetros físicos

Estos parámetros son los que avalan a los sentidos del tacto, olor y sabor. Los más frecuentes son: conductividad, sólidos suspendidos, turbiedad, color, olor, sabor y temperatura (Campos Gómez, 2000).

- **Conductividad.** Es la facultad que tiene una solución acuosa de canalizar la corriente eléctrica a 25°C. Este parámetro está asociado al contenido de sales disueltas en el agua, y es dependiente de la permanencia de iones y de su concentración total, movilidad, valencia y temperatura. Este parámetro es relevante para determinar los iones que se están impregnando en el suelo (Saborio, 2005).
- **Sólidos suspendidos.** Son las partículas orgánicas e inorgánicas que están presentes en el agua, estas partículas pueden ocasionar diferentes problemas tales como:
 - Son molestos visualmente;
 - Suministran extensiones de impregnación para agentes químicos y biológicos;
 - Son capaces de disolverse resultando en agentes secundarios nocivos;
 - Los componentes que son activos biológicamente pueden ser tóxicos o causar enfermedades (Campos Gómez, 2000).
- **Turbiedad.** Este parámetro muestra la proporción de luz que es absorbida o reflejada por la materia suspendida en el agua, esta característica no dimensiona directamente la cifra de sólidos suspendidos, ya que este parámetro es función de las características y de la estructura que posee el material suspendido, el resultado de que el agua este turbia es que obstaculiza el paso de la luz, por lo tanto interfiere en el proceso de fotosíntesis (Campos Gómez, 2000).
- **Color.** El agua natural no posee color, pero la presencia de sólidos suspendidos y disueltos en la misma determinan su color. Color aparente es dado por los sólidos suspendidos, mientras que el color verdadero se da por los sólidos disueltos (Campos Gómez, 2000).

- **Sabor y olor.** Son características que se relacionan entre sí, tienen como origen los minerales, metales, sales del suelo, resultados de reacciones biológicas, y aguas residuales domésticas o industriales (Campos Gómez, 2000).
- **Temperatura.** Este parámetro es de vital repercusión, tanto para el progreso de la actividad acuática como en las reacciones químicas y velocidades de reacción. Este es un indicador esencial de la calidad del agua, ya que a temperaturas altas puede surgir un indeseado crecimiento de hongos y plantas acuáticas y a temperaturas muy bajas puede causar la muerte de algunos seres vivos (GESTA AGUA, 2006).

1.5.6.2. Parámetros químicos

Estos parámetros están enlazados con la disposición que posee el agua para disolver materia, por tanto, son difíciles de definir cómo los parámetros físicos. Para el análisis de estas características, es necesario que un laboratorio ejecute pruebas determinadas. Los parámetros químicos más importantes son: pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos, alcalinidad, dureza, metales, sustancias orgánicas y nutrientes (Campos Gómez, 2000).

- **Potencial de hidrógeno o pH.** Este parámetro determina si una sustancia es básica, ácida o neutra midiendo la cantidad de iones hidrogeno presentes. La escala de pH va desde 0 hasta llegar al 14, en donde, el 7 significa que la sustancia posee pH neutro, un pH menor de 7 señala una sustancia ácida y por el contrario un pH mayor de 7 señala una sustancia básica. El pH en aguas superficiales está en un intervalo de 6 a 8,5 (GESTA AGUA, 2006).
- **Oxígeno disuelto OD.** Es la dosis de oxígeno que está diluido en el agua. Este parámetro es un potencial indicador de contaminación en el agua y está enlazado con la disposición que posee el agua para que exista vida. Un nivel alto de OD es un indicador de buena calidad, aunque puede ser que exista eutrofización por lo tanto la alta presencia de algas puede generar niveles de OD sobre los valores de saturación. El nivel de OD bajo da señales de que la vida en el cuerpo de agua no exista (Saborio, 2005).
- **Sólidos disueltos.** El agua después de ser filtrada aún posee materia, a esta se le denomina sólidos disueltos. Los efectos más notorios que tienen los sólidos disueltos es que al ser combinados con otros elementos ya sea de forma directa o indirecta pueden desarrollar propiedades cancerígenas o tóxicas (Campos Gómez, 2000).

- **Alcalinidad.** Es la habilidad que posee el agua para neutralizar los ácidos. Las características más notorias de la alcalinidad en el agua son el sabor amargo y las reacciones con algunos cationes del agua, este último puede producir obstáculos en la tubería o accesorios que forman parte del sistema de abastecimiento (Campos Gómez, 2000).
- **Metales.** Estos elementos pueden ser tóxicos o no tóxicos. Los elementos dañinos más notables son el plomo, mercurio, cadmio, arsénico y zinc, estos generan problemas en la salud humana incluso en pequeñas porciones. Los no tóxicos son el sodio, hierro, manganeso, pero si se encuentran en cantidades excesivas pueden convertirse en tóxicos (Campos Gómez, 2000).
- **Elementos orgánicos.** Se clasifica según su degradación, en biodegradables y no biodegradables.

La materia biodegradable es utilizada como alimento por los microorganismos en un determinado tiempo. La degradación del material orgánico la producen los microorganismos mediante procesos bioquímicos de oxidación o reducción (Campos Gómez, 2000). Si no existe presencia de oxígeno, estos procesos no pueden llevarse a cabo, es por ello que surgen los parámetros DBO y DQO:

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), este determina la cantidad de oxígeno que requiere la materia orgánica para ser degradada. Entre algunas sustancias no biodegradables se tiene, los ácidos tánico y línico, la celulosa, el benceno y los polisacáridos (Campos Gómez, 2000).

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), figura la dosis de oxígeno necesaria para oxidar químicamente el carbono orgánico a dióxido de carbono (Campos Gómez, 2000).

- **Nutrientes.** Los más relevantes son el nitrógeno y el fósforo.
 Nitritos y nitratos: se puede decir que existen dos tipos de contaminación por estos elementos que son puntal y dispersa, en la primera se vincula con fuentes de origen industrial, animal o urbano, mientras que la segunda está vinculada principalmente a las actividades agrícolas (Bolaño Alfaro, Cordero Castro, & Segura Araya, 2017)
 Fosfatos: estos están presentes en fertilizantes y detergentes, suelen dirigirse al recurso hídrico con el escurrimiento agrícola, desechos industriales y descargas de aguas servidas. Estos estimulan el crecimiento de las algas al igual que los nitratos. Cuando existe concentraciones de fosfatos altas generalmente existe también concentraciones altas de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) ya que se

reproducen los microorganismos que se alimentan de los desechos orgánicos de las plantas llegando así a niveles bajos de oxígeno disuelto (Saborio, 2005).

1.5.6.3. Parámetros biológicos

Todos los seres con vida que se encuentran en el agua son, potenciales indicadores de calidad de la misma, ya sea que figuren o no en el agua. Existen índices biológicos que cuantifican la cantidad presente de ciertas especies a partir de las cuales se evalúa la calidad del cuerpo de agua. A estos índices se los califica como indicadores patógenos. Los patógenos son microorganismos provocan infecciones o transmiten enfermedades. Los patógenos en su mayoría provienen de la contaminación fecal. Es de donde surgen los indicadores del grupo de los coliformes fecales, en especial el *Escherichia coli* (Campos Gómez, 2000).

- **Coliformes fecales.** Son una agrupación de bacterias que habitualmente se encuentran en las heces de origen animal, también se hallan en aguas residuales, en suelos y aguas que se han expuesto a contaminación reciente, proveniente de los seres humanos, operaciones agrícolas o de animales y aves salvajes (GESTA AGUA, 2006). La presencia de coliformes puede ser un indicador de que existe contaminación por aguas servidas u otro tipo de residuo en descomposición. Usualmente se puede encontrar esta bacterias en el manto superficial del agua o en los sedimento del fondo (Saborio, 2005).

1.5.7. Normativa Vigente de Agua para Consumo

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)

El Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente es un instrumento legal que reúne todas las leyes relacionadas a la protección de los recursos naturales del Estado Ecuatoriano.

El “Acuerdo Ministerial N.- 97/A”, expide en el 2015 el “Anexo 1 del Libro VI Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente referente a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua”. Esta Norma tiene como objetivo la prevención y control de la contaminación ambiental en lo referente al recurso agua y su objetivo principal es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los

usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Esta Normativa establece los “Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico en su Tabla 1” (Ministerio del Ambiente, 2015).

Norma Técnica INEN 1108:2011

La “Norma Técnica INEN 1108:2011” es aplicable a los sistemas de abastecimiento tanto públicos como privados, a través de redes de distribución y tanqueros, esta norma dispone las condiciones que debe cumplir el agua potable para considerarse de consumo humano (INEN, 2011).

1.5.8. Operación y Mantenimiento de sistemas de abastecimiento

La operación y el mantenimiento son actividades esenciales para el funcionamiento y durabilidad de los sistemas de agua, además, una oportuna planificación y ejecución garantizan un servicio de calidad, por el contrario, deficiencias en el sistema podría ocasionar que la Comunidad este expuesta a agua de mala calidad (Avina-Care, 2012).

¿Qué es Operar un Sistema de Abastecimiento?

Operar un sistema de abastecimiento de agua es desarrollar las actividades necesarias para asegurar que el sistema se desempeñe adecuadamente en beneficio de las Comunidades usuarias, con una provisión permanente de agua a la Comunidad, en cantidad y calidad adecuadas (Avina-Care, 2012).

¿Qué es mantener un sistema de abastecimiento?

El mantenimiento de un sistema de abastecimiento son las actividades a realizarse en las instalaciones y equipos con el objetivo de prevenir o reparar daños que interfieran o perjudiquen el buen funcionamiento del sistema (AGUATUYA, 2012).

Existen dos tipos de mantenimiento que se debe efectuar en todo el sistema:

Mantenimiento preventivo

Son las actividades que deben llevarse a cabo antes que se ocasione daños en las instalaciones o equipos del sistema, con el objetivo de evitarlos o disminuir sus efectos. Este tipo de mantenimiento minimiza costos, evita inconvenientes con la Comunidad y aumenta la eficiencia del suministro de agua (AGUATUYA, 2012).

Mantenimiento correctivo

Es la reconstrucción, arreglo o cambio de las instalaciones o equipos que sufrieron algún daño por accidentes o deterioro por uso. El mantenimiento correctivo no se puede programar (AGUATUYA, 2012).

Operador

Debe realizar las acciones necesarias de operación y mantenimiento y si es necesario solicitar materiales, equipos y el apoyo de la Comunidad para cumplir satisfactoriamente con su labor. Es la persona encargada de mantener los equipos, estructuras, instalaciones y el sistema de abastecimiento en general en condiciones que garanticen la calidad del líquido vital, también debe presentar un informe en el que conste las actividades que ha realizado mensualmente (AGUATUYA, 2012).

1.5.9. Manual de mantenimiento

Es un documento que posee instrucciones, recomendaciones y procedimientos de cómo realizar la vigilancia ya sea preventiva o correctiva en las instalaciones y equipos del sistema de abastecimiento. Este manual debe facilitar el manejo del sistema y debe capacitar al operador para que pueda usarlo (AGUATUYA, 2012).

2.1.2. Climatología

Debido a la contaminación industrial en las diferentes Comunidades de la parroquia Calpi, la deforestación y a la actividad volcánica del volcán Tungurahua, el clima es variable, fluctúa entre 5 y 13°C. Las precipitaciones en el callejón interandino fluctúa entre los 3.9 y 129.8 mm (Secretaría Técnica de Planificación Ecuador, 2015).

2.1.3. Hidrografía

La totalidad del territorio de la parroquia Calpi se encuentra en la cuenca del Río Pastaza que en general presenta un relieve homogéneo. Las fuentes de abastecimiento de agua en la zona de referencia son abundantes y están en la subcuenca del Río Chambo que drena a los ríos Cutuchi y Ambato, toda la parte alta de la demarcación hidrográfica del Pastaza, delimitación creada en 2010 por la SENAGUA. La subcuenca del río Chambo se divide en 5 microcuencas. Cada microcuenca dispone de características hidrometeorológicas particulares. Las más importantes vertientes utilizadas en el riego y para el consumo humano se generan en las faldas del Volcán Chimborazo (Secretaría Técnica de Planificación Ecuador, 2015).

2.1.4. Población

El número de habitantes estimados de la Comunidad Nitiluisa es de 1200 con un número de 290 familias (Secretaría Técnica de Planificación Ecuador, 2015).

2.1.5. Actividades Económicas

La agricultura y la producción pecuaria son sus más importantes actividades económicas. Se cultivan productos como: papas, maíz, quinua, brócoli, pasto y hortalizas, con un 33% de la producción empleada para autoconsumo, 58% comercializada en la capital de la provincia Riobamba y un 4% es asignado para producción de semillas. La Comunidad tiene una gran producción pecuaria, la misma que, es destinada para la venta de leche cruda y producción artesanal de quesos con un total de 400 litros/día (Secretaría Técnica de Planificación Ecuador, 2015).

2.2. Descripción General del Sistema de Abastecimiento de Agua de Consumo de la Comunidad de Nitiluisa

Mediante la visita de campo realizada a la comunidad se observaron los componentes que integran el suministro de agua de consumo y su funcionamiento de manera general. Debido a la situación actual del Ecuador y del mundo, a causa de la pandemia, no se pudieron realizar más visitas de campo, por lo que, su estado actual fue consultado del informe del Proyecto 2: “Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua, realizado por la Escuela Politécnica Nacional el año 2019.

El agua que se distribuye en la Comunidad nace de una fuente subterránea (vertiente Sombrero Pailacocha) y es captada por medio de una infraestructura de captación de tipo manantial de fondo, luego, es conducida por la línea de conducción principal hasta el tanque de distribución y almacenamiento principal. Desde el tanque de almacenamiento y distribución principal el agua es llevada hacia los tanques de distribución y almacenamiento de cada barrio (Corona Real, Nitiluisa Centro y Luisa Rumipamba) por medio de tres líneas de conducción secundarias. Además, de la vertiente Sombrero Pailacocha cada barrio obtiene agua de otras fuentes para poder abastecer de agua a sus pobladores.

Para tratar el agua, dos barrios cuentan con un sistema de tratamiento, pero en la actualidad no están en funcionamiento. Los sistemas se encuentran en un cuarto de máquinas sobre los tanques de distribución y almacenamiento con la finalidad de potabilizar el agua antes de que llegue a la población. Así, Nitiluisa Centro tiene un clorador de pastillas marca Pulsar1 que utiliza hipoclorito de calcio al 70% y Luisa Rumipamba dispone de un conjunto de equipos para tratar el agua, compuesto por dos filtros: uno multimedia (arena, grava y antracita) y otro de carbón activado y un clorador marca Hayward CL200 que utiliza pastillas de tricloro de disolución lenta.

Finalmente, después de los tanques de distribución y almacenamiento de cada uno de los barrios el agua es conducida por la red de distribución de cada barrio hacia los hogares.

La Comunidad Nitiluisa cuenta con un sistema de abastecimiento compuesto por:

1. Fuente principal: vertiente Sombrero Pailacocha

2. Captación tipo manantial de fondo
3. Línea de conducción principal y tres líneas secundarias
4. Tanques de Almacenamiento uno principal y tres secundarios pertenecientes a cada barrio
5. Tratamiento de agua en los barrios Nitiluisa Centro y Luisa Rumipamba
6. Red de distribución, se muestra un esquema completo del sistema a continuación:

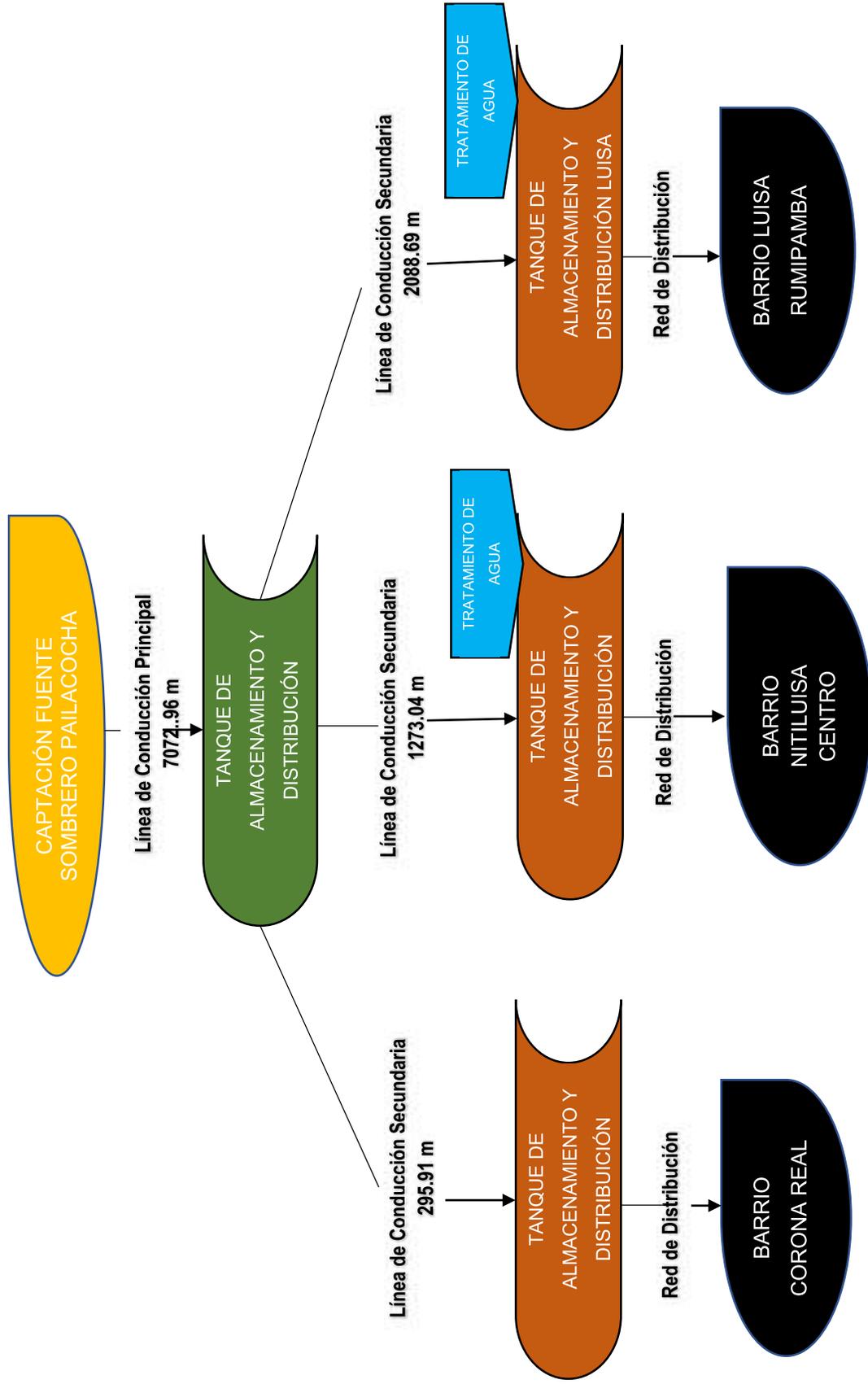


Figura 12. Componentes del Sistema de Abastecimiento de la Comunidad Nitiluisa

2.3. Componentes del Sistema de Abastecimiento

2.3.1. Fuente de Abastecimiento de agua cruda:

La fuente principal que abastece a la Comunidad Nitiluisa proviene de agua subterránea de la vertiente Sombrero Pailacocha, pero, también recibe agua cruda de otras vertientes como la Guaranda Huaico, Sigsí Pugro y Pucatuñi, todas las vertientes mencionadas nacen en la falda del volcán Chimborazo y son alimentadas por sus glaciares (Secretaría Técnica de Planificación Ecuador, 2015).

Los barrios Corona Real y Nitiluisa Centro reciben el agua cruda de las vertientes Sombrero Pailacocha y Guaranda Huaico y el barrio Luisa Rumipamba de las vertientes Sombrero Pailacocha, Sigsí Pugro y Pucatuñi (Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2), 2019).

El agua de vertiente o manantial tiene una excelente calidad, por eso, es agua que es deseada para ser aprovechada para consumo humano (García J. , 2011).

2.3.2. Captación

Construida de forma rectangular y de hormigón, la obra de captación es de manantial de fondo, que como ya se mencionó en la sección anterior, en este tipo de manantial el agua aflora de manera ascendente hacia la superficie. Consta de dos cámaras: la primera es la cámara húmeda en donde se almacena el agua, con dimensiones de 1.28m ancho, 1.45m largo y 0.95 m de alto y, la segunda es la cámara seca que protege las llaves de control de salida y desagüe con dimensiones 0.82 de largo, 0.60 de ancho y de altura de 0.67m. Las dos cámaras están protegidas con tapas de hormigón.

Toda el área de captación se encuentra cercada para no permitir el paso de personas y animales ajenas a su operación y mantenimiento (Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2), 2019).

2.3.2.1. Componentes de la captación

Caja de captación o cámara húmeda

- Tubería de captación de agua cruda de 3 pulgadas con rejilla.
- Tubería de salida con rejilla hacia la caja de válvulas
- Dos tuberías de desagüe de 4 pulgadas.

Caja de válvulas o cámara seca

- Válvulas de control (válvula de compuerta) para la regulación o cierre del sistema.
- Tubo de ventilación con rejilla
- Tubería de salida de 2”.
- Tapas de las cajas de: captación y de la caja de válvulas, las dos son de hormigón.
- Tubo de desagüe.
- Cerco perimétrico.



Figura 13. Obra de captación de la Comunidad Nitiluisa

2.3.3. Línea de Conducción

Una vez que el agua ha sido recogida y acumulada por la cámara húmeda de la captación principal, es transportada por gravedad hacia el tanque de almacenamiento y distribución principal, que alimenta de agua cruda a los tres barrios Corona Real, Nitiluisa Centro y Luisa Rumipamba, a través, de la línea de conducción principal. Desde allí, el agua es

conducida a los tanques de almacenamiento y distribución de los barrios por medio de tuberías secundarias. Todas las líneas que conducen agua desde la obra de captación hasta los tanques de almacenamiento se llaman línea de conducción (Aguero, 1997). En el caso de la Comunidad Nitiluisa está formada por una línea principal y tres líneas secundarias que vamos a detallar a continuación (Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2), 2019).

Línea Principal

Inicia en la captación de agua cruda, fuente principal Sombrero Pailacocha hasta el tanque de almacenamiento y distribución principal y comprende dos tramos.

El primer tramo de línea principal: Tiene una longitud aproximada de 6481.57 metros y va desde la captación del manantial de fondo hasta el tanque rompe presión.

En este tramo la línea bordea un terreno elevado de montaña y se encuentra enterrada a poca profundidad, a máximo 10 cm de la superficie, en algunos tramos se puede ver la tubería sin protección y es propensa a deslizarse en tramos de pendiente pronunciada. Junto a la tubería se encuentra un canal de riego de hormigón con presencia de contaminación biológica, también, hay un paso elevado por el que la tubería pasa sobre este canal. La tubería en este primer tramo tiene un diámetro de 3 pulgadas y es predominantemente de PVC y en algunos tramos de acero. Cuenta con 20 válvulas de aire de las cuales 19 se encuentran dañadas y una válvula de purga. Todas las válvulas presentan pérdida de caudal y por la válvula de purga se fuga 0.24 l/s de agua.

El segundo tramo: Comprende una longitud aproximada de 591.39 metros y ocupa el tramo de la línea de conducción, desde el tanque rompe presión hasta el tanque de almacenamiento y distribución principal.

La tubería se encuentra sobre terrenos mayormente planos y está enterrada a mayor profundidad que en el primer tramo, existe un paso elevado de acero cuya longitud aproximada es de 6 metros y cruza una quebrada con una profundidad aproximada de 40 metros. El diámetro de la tubería en este tramo se reduce a 2 pulgadas. En este tramo la conducción no tiene válvula de aire y la válvula de purga se encuentra dañada (Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2), 2019).

Líneas Secundaria

Desde el tanque de almacenamiento y distribución principal se derivan tres líneas de conducción, una que va hacia el tanque de distribución del barrio Corona Real cuya longitud aproximada es de 295.91 metros.

Otra línea hasta el tanque de distribución del barrio Nitiluisa Centro con una longitud de 1273.04 metros aproximadamente y la última línea hasta el tanque de distribución del barrio Luisa Rumipamba de aproximadamente 2088.69 metros de longitud (Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2), 2019).

Se presenta un esquema general de las líneas de conducción principal y secundarias en la siguiente figura.

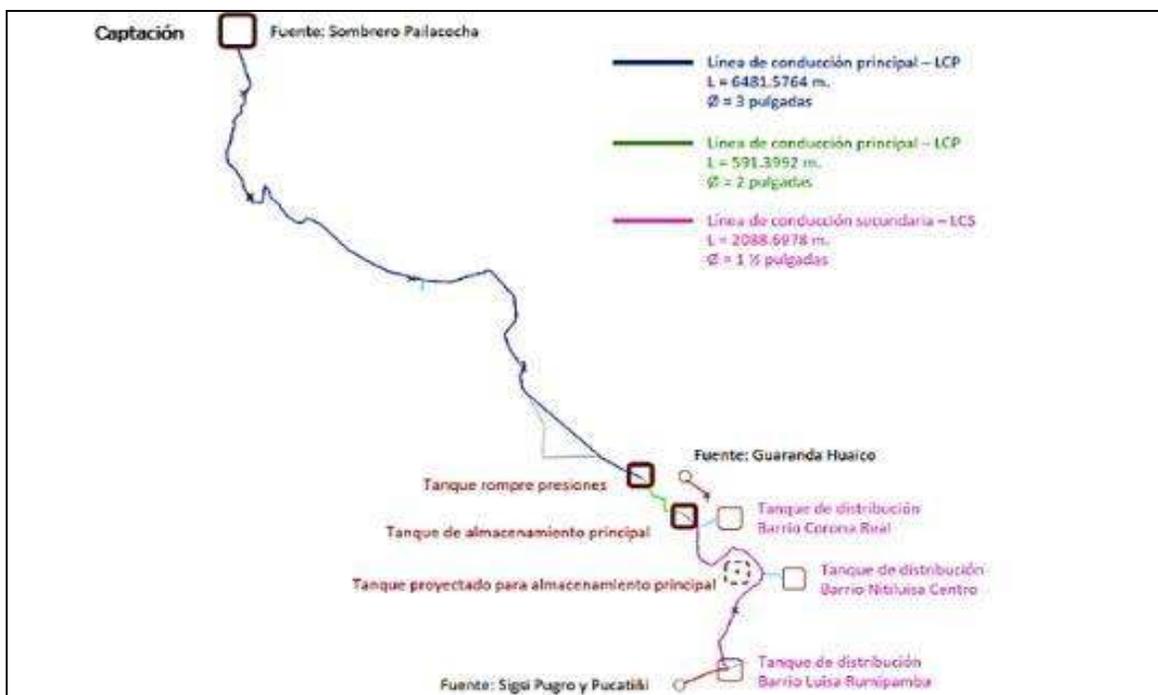


Figura 14. Línea de conducción de la Comunidad Nitiluisa

Fuente: (Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2), 2019).

2.3.4. Tratamiento de Potabilización de la Comunidad

El agua cruda llega de las líneas de conducción secundarias para ser potabilizada en cada uno de los barrios. El tratamiento se realiza por medio de sistemas que son operados por

la propia Comunidad, aunque, no todos los barrios cuentan con un sistema para volver potable al agua. La tecnología utilizada es de fácil operación, pero, no tiene buen mantenimiento.

Tratamiento de Potabilización del Barrio Corona Real

El barrio Corona Real no cuenta con ningún sistema de tratamiento, el agua sin tratar llega al tanque de distribución del barrio procedente de las dos vertientes Sombrero Pailacocha y Guaranda Huaico y luego es distribuida a la Comunidad.

Tratamiento de Potabilización del Barrio Nitiluisa Centro

El barrio cuenta con una caseta de cloración encima del tanque de almacenamiento y distribución, donde, se encuentra instalado un clorador de pastillas o llamado también hipoclorador para tratar el agua, pero, en la actualidad no se encuentra funcionando, se coloca directamente una pastilla de hipoclorito de calcio en el tanque de distribución cada tres días.

El clorador utiliza tabletas de hipoclorito de calcio con un porcentaje de cloro activo de 70%, las que se pueden obtener de distribuidores fácilmente. El sistema utilizado es el Sistema Pulsar1 de cloración, diseñado para suministrar cloro a piscinas y spas, pero también, es utilizado comúnmente para la desinfección del agua en pequeñas poblaciones, por ese motivo ha ganado espacio en la desinfección de suministros de agua en poblados rurales.

Este tipo de equipo tiene ventajas, debido, a que su operación es fácil, al igual que su mantenimiento, es económico y duradero. Además, las tabletas de hipoclorito de calcio son más seguras para almacenar y manipular que el hipoclorito de sodio y el cloro gaseoso (OPS-COSUDE, 2007).

El Sistema Pulsar1 de cloración tiene las siguientes partes:



Figura 15. Partes principales del clorador Pulsar 1

Fuente: (Arch Chemicals).

Requerimientos Operacionales

Rango de presión de entrada	2-20 PSI
Ideal	12 PSI
Temperatura de funcionamiento	40-130°F
Vacío de salida	3-29" Hg

Características Operacionales

Flujo de entrada	0.2-1.05 gpm
Flujo de salida	1.1 gpm

Dimensiones

Tubería	½" O.D polietileno
Dimensión del clorador	A 13" x P 15"
Altura del clorador	31"
Peso del clorador lleno	42 lb
Peso del clorador vacío	17 lb
Capacidad de la tolva	28 lb de Pulsar Briquetas (cloro seco al 68%)

Rango de Alimentación

0.5-28 lb de cloro aprovechable por día.

Funcionamiento del clorador Pulsar 1

El agua ingresa al equipo a través de la válvula de cierre de emergencia por medio de una manguera de polietileno instalada en el conducto de entrada de agua sin tratar (línea de conducción secundaria) al tanque de distribución, luego, pasa a la base de la copa de

disolución donde se divide para alimentar a las boquillas que generan chorros para que estas penetren en la tolva de pastillas y producir la solución clorada.

Las boquillas disuelven gradualmente con un caudal determinado las tabletas llamadas briquetas (cloro disponible al 68%) o pastillas de hipoclorito de calcio. Este sistema entrega la dosificación fijada de cloro para desinfectar el agua (OPS-COSUDE, 2007).

La solución clorada es dirigida por la válvula de descarga hacia el tanque de distribución (Arch Chemicals) y las tabletas son cambiadas según se diluyen (OPS-COSUDE, 2007).

En la figura se puede observar el equipo Pulsar1 utilizado en el barrio Nitiluisa Centro y las pastillas de cloro utilizadas en el equipo.



Figura 16. Equipo Pulsar 1 Barrio Nitiluisa Centro

Tratamiento de Potabilización del Barrio Luisa Rumipamba

El barrio tiene una planta de tratamiento construida sobre el tanque de distribución que no está en funcionamiento. El sistema cuenta con dos filtros, uno de carbón activado y un filtro multimedia, los dos son tanques rápidos de presión, además, el sistema tiene un clorador.

Componentes del Sistema de tratamiento del Barrio Luisa Rumipamba

- **Filtro Multimedia o de lecho profundo con válvula manual**

El Filtro multimedia (ver imagen), está compuesto por un medio filtrante de arena, grava y antracita de diferente tamaño. Este tipo de filtro es generalmente utilizado para el pretratamiento del agua, está diseñado para retener material suspendido en el agua, a

través, de diversos estratos de lechos filtrantes dispuestos de manera que el tamaño de grano sea de grande a pequeño. Dicho patrón ayuda a que los sólidos de mayor tamaño sean retenidos en los primeros estratos y los de menor tamaño en los estratos bajos, maximizando así, la facultad de retener sedimentos con un tamaño que puede ser de más del rango 10-15 micrones (Merinsa, s.f.).

Se pueden emplear filtros multimedia cuando se tenga que eliminar: sólidos en suspensión, hierro, manganeso, detergentes, materia orgánica, colorantes de síntesis solubles, disolventes clorados, fenoles, derivados hidroxilados, derivados clorados o nitrados, sabores y olores (EITGroup, s.f.)

Cuando hay caída de presión a través de la cámara, el caudal se reduce, el flujo se invierte y se realiza el retrolavado, a través de la válvula manual y su frecuencia está sujeta a el grado de contaminación del agua. Se produce una eliminación de los sólidos atrapados en cada una de las capas del medio filtrante y son arrastrados al drenaje. Dicha operación suele durar de 10 a 15 minutos (Grupo Evans S.A., 2014).



Figura 17. Filtro multimedia

Fuente: (Grupo Evans S.A., 2014)

- **Filtro de Carbón Activado con Multiválvulas Manual**

El filtro de carbón activado es utilizado para una segunda etapa de filtración en el sistema de tratamiento del barrio Luisa Rumipamba (ver imagen). Este tipo de filtro rápido es útil para la remoción de metales pesados como plomo, cadmio o mercurio en pequeñas

cantidades y microorganismos, retira cloro y materia orgánica que dan olor, color y sabor al agua por medio de adsorción (retención en la superficie).

Cuando el filtro se ensucia tras varios días o semanas de tratamiento (de una a dos semanas), se debe realizar un retrolavado para limpiar el medio filtrante de cualquier compuesto que se haya quedado y así poder continuar con el filtrado. Se debe sustituir el carbón activado cuando este haya agotado su capacidad de absorción. El periodo de cambio del carbón activado tendrá relación directa con las características del agua a tratar, esto puede variar entre varios meses o años (IMA Water Technology, s.f.).

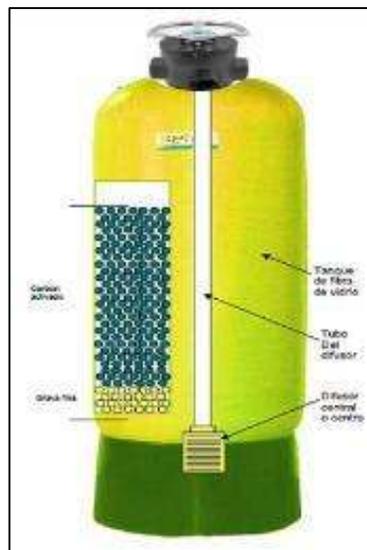


Figura 18. Partes de un filtro de carbón activado con válvula manual de tres posiciones filtrado, retrolavado y enjuague

Fuente: (Industrias Mass s.a de c.v, 2009).

- **Clorador Hayward CL200**

En la figura 19 se muestra el clorador Hayward utilizado como parte del sistema de tratamiento del barrio.



Figura 19. Clorador Hayward CL200

Características Técnicas del Clorador

Modelo: CL200

Material: Polietileno

Tamaño de Tubería: 1.5"

Capacidad: 9 libras o 20 pastillas de tricloro de disolución lenta

Altura: 40 cm

Ancho: 18.5 cm

Largo: 20 cm

Peso del Equipo: 4.5 libras

Funcionamiento Clorador Hayward CL200

Se colocan las pastillas de tricloro de disolución lenta en el cuerpo del dosificador de cloro, mediante la válvula de control de flujo regulamos el caudal de agua que queremos que ingrese en el dosificador para así obtener la medida necesaria de cloro para el tratamiento. Por efecto Venturi el agua entra al cuerpo del dosificador por la parte superior, a causa del estrechamiento que se origina en la tubería principal y traspasa las pastillas, disolviéndolas lentamente. Cuando el agua clorada alcanza un nivel determinado, vuelve al conducto principal y sale al tanque de almacenamiento y distribución (Lozano David). El equipo de cloración está diseñado para ser instalado de forma que vaya en secuencia con el sistema, es decir, instalado en la línea principal de agua (Hayward Pool Products, 2011).

Partes del Clorador

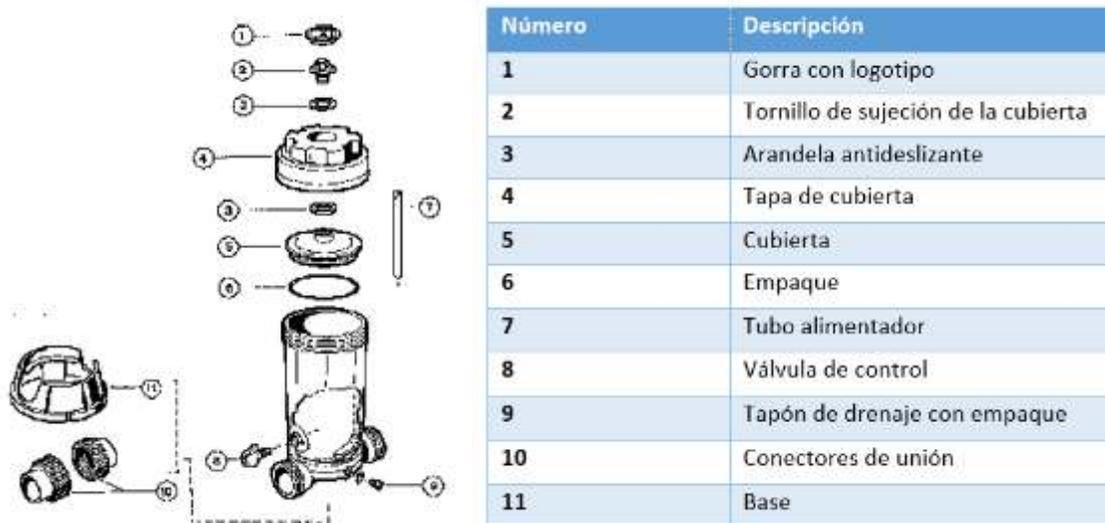


Figura 20. Partes del Clorador Hayward CL200

Fuente: (Hayward Pool Products, 2011).

- **Funcionamiento del Sistema de Tratamiento Barrio Luisa Rumipamba**

El agua ingresa de la línea de conducción al sistema, elevada por una bomba de agua (el sistema actual no cuenta con una bomba por eso no se encuentra funcionando), que se encarga de impulsar y subir la presión del líquido, para que pueda atravesar por los diversos medios de filtración que siguen en el tratamiento. Los filtros utilizados son los rápidos a presión de fibra de vidrio. El primer filtro que atraviesa es el multimedia, en este el agua fluye de manera descendente por el medio filtrante de arena, grava y antracita en donde se remueve materia inorgánica como hierro, manganeso, sólidos en suspensión, sabores y olores desagradables. Luego, el agua es impulsada hacia el filtro de carbón activado donde se adsorbe materia orgánica causante de color, olor, sabor y agentes patógenos que no pudieron ser eliminados por el filtro multimedia. Finalmente, el agua es llevada hasta el clorador donde se eliminan los microorganismos patógenos presentes en esta que hayan sobrevivido de los procesos de filtrado.

El sistema de tratamiento tiene un manómetro para controlar la presión con la que trabaja el sistema. Las unidades de filtración se pueden autolimpiarse con retrolavado, lo que significa que se puede invertir el flujo de agua para lavar los filtros al saturarse de suciedad, ya que, hay pérdida de carga y de presión en el sistema.

2.3.5. Tanques de Almacenamiento y Distribución

La Comunidad Nitiluisa cuenta con cuatro tanques de almacenamiento y distribución, los que se denominan:

1. Tanque de almacenamiento y distribución principal
2. Tanque de almacenamiento y distribución Corona Real
3. Tanque de almacenamiento y distribución Nitiluisa Centro
4. Tanque de almacenamiento y distribución Luisa Rumipamba

Tanque de almacenamiento y distribución principal

Es una construcción simple de hormigón, tiene forma rectangular de 1.28 m de ancho por 0.97 m largo y profundidad de 0.84 m, capta un caudal de 1.53 l/s del esperado de 3.6 l/s, debido a, las pérdidas de agua en las válvulas de la línea de conducción. Las tuberías y válvulas que la componen son las siguientes:

Tubería de entrada de la línea de conducción principal de 2 pulgadas de diámetro.

Tres tuberías de salida a las líneas de conducción secundarias de cada barrio (Luisa Rumipamba, Corona Real y Nitiluisa Centro) de 1.5 pulgadas de diámetro cada una.

Tres válvulas de paso para cada barrio.

Tubo de rebose, limpia y desagüe de 1 pulgada de diámetro con malla metálica.

Tapa sanitaria de hormigón y una escalera (Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2), 2019).

Tanque distribución del Barrio Corona Real

El tanque tiene forma circular de concreto de 5.14 m de diámetro por 4.09 m de alto, tapa de metal y tubo de ventilación con malla. Está compuesto por una cámara de válvulas de entrada de forma rectangular y de hormigón y una cámara rectangular de hormigón con vertedero triangular de 90° en la salida conectada a la línea de aducción, cada una con tapa metálica.

Este tanque recibe el agua de dos fuentes: Sombrero Pailacocha y la vertiente Guaranda Huaico y el caudal que llega al tanque de distribución es de 0.68 l/s.

Cuenta con dos tuberías de entrada de 1½ pulgadas de diámetro que reciben el agua cruda de las dos fuentes, cada una con válvulas de exclusiva para regulación o cierre del caudal, una tubería de salida hacía la red de distribución. En este tanque de distribución se pudo apreciar contaminación por la presencia de animales, falta de limpieza de este y escaleras de acceso al tanque oxidadas, lo que, infiere en la calidad del agua (Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2), 2019).

Tanque distribución del Barrio Nitiluisa Centro

El caudal que se recibe en este tanque proviene de dos fuentes: Sombrero Pailacocha y Guaranda Huaico con un total de agua cruda de 0.46 l/s. El tanque tiene forma cuadrada con dimensiones de 4.26 m por 4.26 m y de alto 2.40 m, el material de construcción es de hormigón.

Tiene dos tuberías de entrada de 1½" de diámetro que reciben el agua cruda procedente de las fuentes mencionadas, una tubería de salida hacía la red de distribución de 2" y cada una de las tuberías tienen válvulas de control para regular o cerrar el paso de agua al barrio, además, de las diferentes tuberías para desagüe, limpia con sus diferentes válvulas de control.

Los operadores del sistema de abastecimiento no realizan mantenimiento del tanque, este se encontraba sucio y con presencia de insectos muertos y la escalera oxidada (Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2), 2019).

Tanque de distribución y almacenamiento del Barrio Luisa Rumipamba

Este tanque de distribución y almacenamiento recibe el agua cruda de tres vertientes: fuente principal Sombrero Pailacocha, Sigsí Pugro y Pucatuñi con una caudal total de 0.32 l/s.

El tanque tiene forma rectangular con dimensiones: profundidad 2.36 m, ancho 4.65 m y largo 3.75 m; material de hormigón y en su parte interior cuenta con tres válvulas de entrada para cada fuente de agua de 2", una tubería de salida de 2" hacía la red de distribución,

tubo de ventilación, tubería de limpieza y desagüe, escaleras tipo marinero para la inspección, tapa metálica para evitar contaminación, caseta de tratamiento de agua y cerramiento de malla que protege a la obra.

Al igual que los dos tanques anteriores, este tanque, presenta falta de mantenimiento en su estructura y escalera oxidada (Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2), 2019).

2.3.6. Red de Distribución de la Comunidad Nitiluisa

Debido a la conformación de las diferentes viviendas distribuidas de manera dispersa, la red de distribución corresponde a una red ramificada. Este tipo de red consiste en una tubería medular colocada en la calle principal, cuyo diámetro va decreciendo cada vez que se extiende y alimenta tuberías laterales que salen de esta, cuenta con válvulas de control, purga y aire. En las viviendas de la Comunidad no se cuentan con medidores independientes.

2.4. Plan de Muestreo, Análisis de Parámetros de Agua de Consumo

2.4.1. Plan de muestreo

Uno de los objetivos de este trabajo fue la realización del muestreo en 6 diferentes puntos del Sistema que abastece a los barrios: Nitiluisa Centro, Luisa Rumipamba y Corona Real, ubicados en la provincia de Chimborazo, con el fin de registrar y analizar los resultados los cuales permitirán conocer el estado de la calidad de agua que se raciona a la Comunidad.

Los análisis fueron realizados *in situ* y en el CICAM

2.4.1.1. Provisiones para el muestreo de agua

- Marcador de tinta permanente
- Sonda multiparamétrica
- Turbidímetro HACH
- Jarra aforada
- Cuerda
- Balde

- Envases de plástico de 4 L previamente esterilizados
- Botellas de vidrio ámbar de 1 L (en el interior ya se encontraba el preservante)
- Papel toalla
- Piseta con agua destilada
- Mandiles
- Guantes de nitrilo
- Botas de caucho
- Coolers o hieleras
- Ice packs
- Libreta de anotaciones

2.4.1.2. Puntos de muestreo

Punto 1. “Tanque de Captación”

Construido de forma rectangular y de hormigón, la obra de captación es de manantial de fondo concentrado, que como ya se mencionó en el capítulo anterior, en este tipo de manantial el agua aflora de manera ascendente hacia la superficie.

Punto 2 “Tanque de reserva y distribución Nítiluisa Centro”

El tanque tiene forma cuadrada con dimensiones de 4.26m por 4.26m y de alto 2.40m, el material de construcción es hormigón y el volumen de almacenamiento del tanque es: 28.3 m³.

Punto 3 “Tanque de reserva y distribución Luisa Rumipamba”

El tanque tiene forma rectangular con dimensiones 4.65m por 3.75m y de alto 2.36m, el material de construcción es hormigón y el volumen de almacenamiento del tanque es: 33.6 m³.

Punto 4 “Tanque de reserva y distribución Corona Real”

El tanque tiene forma circular de concreto de 5.14m de diámetro por 4.09m de alto, tapa de metal y tubo de ventilación con malla y el volumen de almacenamiento del tanque es: 58.3 m³.

Punto 5 “Tanque de reparto”

Es una construcción simple de hormigón, tiene forma rectangular de 1.28m de ancho por 0.97m largo y profundidad de 0.84m y el volumen de almacenamiento del tanque es: 0.83 m³.

Punto 6 “Grifo Nitiluisa Centro”

Ya establecidos los puntos en donde se realizó el muestreo, se identificó los puntos GPS descritos en la siguiente tabla:

Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo

UBICACIÓN GPS PUNTOS DE MUESTREO				
PUNTO	COORDENADAS		ALTITUD m.s.n.m.	CUADRANTE
	Este	Norte		
Tanque de Captación	744342.7	9828348.7	3574	17M
Tanque de reserva y distribución Nitiluisa Centro	748819.7	9823680.6	3243	17M
Tanque de reserva y distribución Rumipamba	748374.8	9822895.7	3274	17M
Tanque de reserva y distribución Corona Real	748272	9824200.1	3297	17M
Tanque de reparto	748040.3	9824224	3389	17M
Grifo Nitiluisa Centro	748964.6	9823531.3	3211	17M

2.4.1.3. Parámetros analizados

Los siguientes parámetros fueron analizados en todos los puntos de muestreo.

Tabla 2. Parámetros analizados

Parámetros físicos	Parámetros químicos	Parámetros microbiológicos
pH	Alcalinidad	Coliformes fecales
Turbiedad	Flúor soluble	Coliformes totales
Color aparente	Nitratos	-
Color real	DBO ₅	-
Sólidos totales disueltos	DQO	-

Conductividad	Aceites y grasas	
Oxígeno disuelto	Hierro	
Temperatura	Manganeso	

2.4.1.4. Medición de parámetros *in situ*

La delimitación de los parámetros *in situ* se cumplió mediante una sonda multiparamétrica, este equipo pertenece a la Escuela de Formación de Tecnólogos, el equipo fue calibrado al sitio de muestreo, en este equipo se midieron los siguientes parámetros: pH (pH), conductividad (mS/cm), temperatura (°C), OD (mg/L), sólidos totales disueltos (g/L), salinidad (ppt).



Figura 21. Multiparámetro

Para el análisis de los parámetros antes mencionados se procedió a enjuagar con agua destilada la Sonda multiparamétrica para que los sensores y electrodos estén completamente limpios, a continuación, se recolecto en un balde lleno de agua previamente homogenizado y se introdujo el instrumento. Se esperó hasta que los valores se estabilizaran y se registraron las medidas proporcionadas por el equipo.

En la medición de turbiedad (NTU) se utilizó el Turbidímetro HACH, para lo cual se procedió primero a verificar que las celdas se encontraran limpias, consiguiente se enceró el Turbidímetro con una celda llena de agua destilada, posteriormente se colocó la celda homogenizada con la muestra, por último, el equipo reflejo los resultados de la medición y se procedió a registrar los mismos.



Figura 22. Turbidímetro

2.4.1.5. Toma de muestras, preservación.

A continuación del análisis de parámetros *in situ*, se condujo a la toma de muestras, para lo cual se utilizó los siguientes instrumentos:

- Marcador de tinta permanente
- Jarra aforada
- Cuerda
- Balde
- Envases de plástico de 4 L previamente esterilizados
- Botellas de vidrio ámbar de 1 L (en el interior ya se encontraba el preservante)
- Papel toalla
- Piseta con agua destilada
- Mandiles
- Guantes de nitrilo
- Botas de caucho
- Coolers o hieleras
- Ice packs
- Libreta de anotaciones

Para los fines del proyecto, las muestras que fueron recolectadas fueron muestras simples, ya que los lugares en los cuales se realizó el muestreo son puntuales.

Se debe considerar ciertas recomendaciones para el momento de la toma de muestras tales como:

- Utilizar mandil y guantes de nitrilo.
- Los envases deben ser adecuados al tipo de análisis que se va a realizar en el laboratorio.
- Lo envases deben estar previamente esterilizados.
- Rotular los envases con la siguiente descripción: punto de muestreo, fecha y hora de recolección de la muestra, preservante utilizado (si es el caso).



Figura 23. Medición de parámetros in situ en la captación

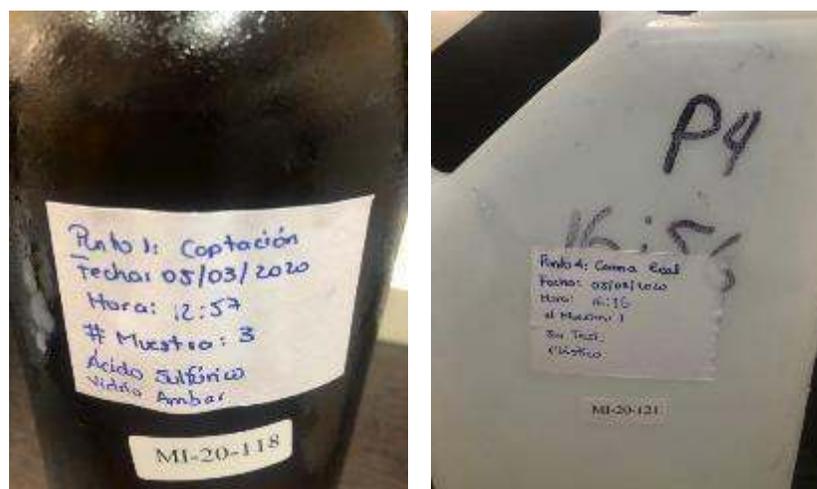


Figura 24. Etiquetado de envases

Siguiendo las recomendaciones antes mencionadas se condujo a la toma de muestras, el desempeño de las actividades se describe a continuación:

Para el llenado de los envases para análisis físicos y químicos se procedió a homogenizar los mismos 3 veces con la muestra, la muestra de agua no tuvo contacto con ningún medio externo con el fin de precaver cualquier tipo de contaminación y el tiempo de contacto entre la muestra y la persona debe fue mínimo (INEN, 2013).

Con respecto al envase de vidrio ámbar a este no se le realizó la homogenización ya que este contenía el preservante previamente colocado por el laboratorista del CICAM, ya que en este laboratorio es donde se llevaron las muestras para su posterior análisis.

Según el punto de muestreo se tomaron diferentes consideraciones: para el tanque de captación y el tanque de reserva y distribución de Rumipamba se introdujo el balde con la cuerda hasta que el balde quedo totalmente cubierto, para los tanques de reserva y distribución Nitiluisa Centro y Corona Real se tomó la muestra a la salida de la tubería procedente del tanque de reparto con la jarra aforada, para el tanque de reparto se realizó la toma a la salida de la tubería procedente desde la captación. En la Comunidad de Nitiluisa Centro se realizó la toma de muestra en un grifo de una casa, para lo cual se dejó correr el agua entre 2 a 3 minutos y se procedió a recolectar la muestra.

Para este tipo de análisis se llenó los envases y se tapó de tal modo que no existió aire sobre la muestra, esto se realizó para limitar la interacción del oxígeno y el movimiento durante el transporte con el fin de que no exista modificación en la muestra de origen (INEN, 2013a).

A continuación, se explica cómo fue la conservación de las muestras según el parámetro a analizar:

Tabla 3. *Preservación para muestras de análisis in situ y laboratorio*

Parámetro	Tipo de envase	Cantidad mínima de muestra	Preservación/conservación	Tiempo de conservación
Aceites y grasas	Vidrio Ámbar	1 L	Acidificar con HCl o H ₂ SO ₄ hasta un pH<2 Refrigerar a 4°C	28 días
Alcalinidad (CaCO ₃)	Plástico o vidrio	200 mL	Refrigerar a <6°C. Preferencia análisis <i>in situ</i> .	24 horas / 14 días
Coliformes fecales y totales	Plástico estéril	125 mL	< 10°C, 1 mL Na ₂ S ₂ O ₃ 1%	24 horas
Color aparente	Plástico o vidrio	100 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas

Color real	Plástico o vidrio	500 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
Conductividad	Plástico o vidrio	500 mL	Temperatura menor a 6°C	28 días
DBO ₅	Plástico o vidrio	2 L	Refrigerar a 4°C	24 horas
DQO	Plástico o vidrio	10 mL	Refrigerar a 4°C, acidificar con H ₂ SO ₄ hasta un pH<2.	28 días
Flúor soluble	Plástico	100 mL	No requerido	28 días
Hierro total	Plástico o vidrio	1 L	Regular el pH<2 con ácido nítrico.	Almacenada hasta 6 meses.
Manganeso	Plástico o vidrio	1 L	Regular el pH<2 con ácido nítrico.	Almacenada hasta 6 meses.
Nitratos	Plástico o vidrio	100 mL	Refrigerar a <6°C.	48 horas
Oxígeno disuelto	Plástico	300 mL	Análisis <i>in situ</i>	Análisis <i>in situ</i>
pH	Plástico	50 mL	Análisis <i>in situ</i>	0,25 horas
Sólidos totales disueltos	Plástico o vidrio	500 mL	refrigeradas a 4° C ± 2° C	Analizar hasta 7 días.
Temperatura	Plástico o vidrio	-	No requerido	Análisis <i>in situ</i>
Turbidez	Plástico o vidrio	100 mL	Temperatura menor a 6°C, oscuridad hasta 24 horas	48 horas

Los parámetros y métodos que fueron utilizados en el laboratorio se describen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Métodos utilizados para la medición de los diferentes parámetros

Método	Parámetros
Espectrofotometría	Color aparente y real, DQO, hierro total, manganeso, nitratos, flúor soluble.
Gravimetría	Aceites y grasas.
Titulación	Alcalinidad
NMP (Número más probable)	Coliformes fecales y totales
Volumétrico Yodométrico	DBO ₅

2.4.1.6. Transporte

Se transportaron las muestras con precaución, procurando que no se derramen. Para esto se utilizaron los coolers. Las condiciones en las que se transportaron las muestras fueron: oscuridad y una temperatura entre 2 y 4 °C, para cumplir con esto se utilizó ice packs proporcionados por el laboratorio. No se utilizó hielo ya que existe la posibilidad que se

derrame el agua en la conservadora, y lleguen a infectarse las muestras o dañarse las etiquetas.

Las muestras se transportaron al laboratorio al día siguiente tomando en cuenta no sobrepasar las 24 horas.

2.4.2. Análisis de parámetros

Los análisis de los parámetros que no fueron medidos *in situ* se realizaron en el CICAM, ya que estos análisis son una parte del proyecto de vinculación “Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2)”

El porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto se realizó mediante el análisis de la temperatura del agua y la elevación en donde se encontraban cada punto de muestreo.

En la siguiente tabla se expresa la concentración de oxígeno disuelto para una temperatura dada, en forma de solubilidad; de tal manera que se establece la cantidad de oxígeno disuelto con respecto a la temperatura (°C) del agua en cada punto de muestreo.

Tabla 5. Solubilidad del oxígeno en agua (Programa GLOBE, 2005)

T (°C) muestra	Solubilidad (mg/L)	T (°C) muestra	Solubilidad (mg/L)
9	11,55	15	10,07
10	11,28	16	9,86
11	11,02	17	9,65
12	10,77	18	9,46
13	10,53	19	9,27
14	10,29	20	9,08

Con los datos obtenidos con el GPS en cada punto de muestreo se establecen las elevaciones de cada punto, las cuales se compararon con la siguiente figura, con el propósito de identificar el factor de corrección.

Presión (milibares)	elev (m)	Corrección valor (%)
841	1544	0,83
831	1643	0,82
821	1743	0,81
811	1843	0,80
800	1945	0,79
790	2047	0,78
780	2151	0,77
770	2256	0,76
760	2362	0,75
750	2469	0,74
740	2577	0,73
730	2687	0,72
719	2797	0,71
709	2909	0,70
699	3203	0,69
689	3137	0,68
679	3253	0,67
669	3371	0,66

Figura 25. Factor de corrección de saturación de oxígeno (Programa GLOBE, 2005)

Fuente: (Cortés Nodarse, 2015)

A continuación, se emplea la siguiente fórmula para el cálculo del % de saturación de oxígeno:

$$\%O_2 = \frac{O_2 \text{ observado}}{O_2 \text{ teórico}} \times 100$$

En donde la concentración teórica de oxígeno es igual a la solubilidad del oxígeno en agua (véase tabla 5) por el factor de corrección para altitud (véase figura 25) (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008).

En la siguiente tabla se muestra cuáles son los factores de corrección y la solubilidad del oxígeno en el agua para los diferentes puntos de muestreo según su altura en m.s.n.m y la temperatura de cada muestra de agua.

Tabla 6. Factor de corrección y Solubilidad en los diferentes puntos de muestreo.

Punto	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Altura (m.s.n.m.)	3574	3243	3274	3297	3396	3211
Factor de corrección	0,64	0,67	0,67	0,67	0,66	0,69
Temperatura (°C)	14,45	15,59	14,69	13,99	13,55	14,29
Solubilidad	10.29	9.86	10.07	10.29	10.29	10.29

2.4.2.1. Comparación de resultados con respecto a la norma vigente

Luego de que se analizaron los resultados obtenidos, se realizó la comparación con las normativas “INEN 1108:20011 Agua Potable. Requisitos”; y la reforma del TULSMA del “Acuerdo Ministerial N. 97/A, 2015 Tabla 1, Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico”.

2.5. Propuesta de Tratamiento del agua de consumo de la Comunidad

El agua de estudio es de fuente subterránea y no está expuesta a sustancias que pueda contaminarla, su calidad es buena, pero requiere de un tratamiento que pueda inyectar oxígeno debido al deficiente nivel de oxígeno que tiene la fuente. Por este motivo se propone un sistema de aireación por bandejas múltiples y para garantizar cloro residual que elimine microorganismos en las tuberías se propone un sistema de desinfección, un clorador por goteo de carga constante (hipoclorador), aunque, el agua no contenga coliformes fecales fuera de la norma es obligatorio contar con un sistema de desinfección sin importar la calidad del agua, ni su tratamiento previo, establecido en la norma de la EMAAPS (EPMAPS, 2008)

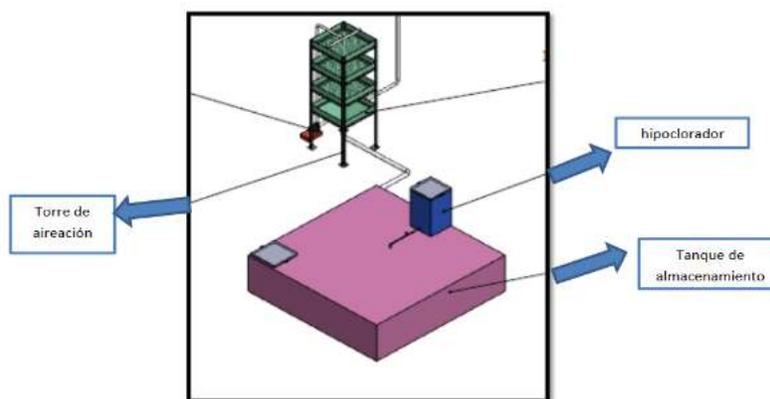


Figura 26. Propuesta de sistema de tratamiento para la Comunidad

2.6. Manual de Operación y Mantenimiento

El manual de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de la Comunidad Nitiluisa, es el resultado de la recolección de datos provenientes del sistema de abastecimientos tales como: recorridos, evaluación de parámetros de calidad de agua, muestreos y revisión de diferentes manuales pertenecientes tanto a entidades nacionales como internacionales.

En este manual se detalla cada uno de los trabajos de operación y mantenimiento adecuados para el sistema de abastecimiento, con los objetivos de: prevenir daños y deterioro en el sistema, garantizando así la conservación del mismo, la calidad de agua y el suministro de líquido vital a la Comunidad, cumpliendo con las Normativas vigentes para agua de consumo humano y requisitos para agua potable establecidas en el país, las cuales son: El “Acuerdo Ministerial N. 97/A” y la “Norma INEN 1108:2011” respectivamente.

2.7. Elaboración del manual de operación y mantenimiento del sistema.

En el Manual de Operación y Mantenimiento de la Comunidad Nitiluisa, se describe como está estructurado el sistema, su funcionamiento, directrices, sugerencias y procedimientos para que la Comunidad coordine los trabajos de responsabilidad de la operación y el mantenimiento del sistema. El propósito de este manual es que los responsables procedan de forma adecuada y segura en el empleo de los componentes del sistema, asegurar así,

que el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua sea apropiado y que se cumpla la vida útil de todas sus unidades y demás elementos que lo componen.

Las recomendaciones dadas por el presente manual deben ser secundadas de las directrices de los proveedores presentes en los manuales de los equipos y elementos del sistema.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación y comparación de parámetros analizados

En la Tabla 7 se presentan los resultados obtenidos de cada parámetro en cada uno de los seis puntos en los que se realizó el muestreo.

Tabla 7. Resultados Obtenidos por punto de muestreo

RESULTADOS OBTENIDOS							
Parámetro	UNIDAD	Punto N.1	Punto N.2	Punto N.3	Punto N.4	Punto N.5	Punto N.6
Aceites y grasas	mg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Alcalinidad CaCO ₃	mg/L	260,7	216,9	306,5	270,6	218,9	262,7
Coliformes Fecales	NMP/100mL	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
Coliformes Totales	NMP/100mL	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
Color aparente	u Pt-Co	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Color real	u Pt-Co	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Conductividad	uS/cm	621	600	592	612	607	526
DBO ₅	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2
DQO	mg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Flúor soluble	mg/L	---	---	---	---	---	---
Hierro total	mg/L	<0,10	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<0,10
Manganeso	mg/L	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Nitratos	mg/L	<3,3	<3,3	5,75	<3,3	<3,3	12,75
Oxígeno disuelto	mg/L - %	3,92 – 59,5	4,67 – 72,0	5,00 – 74,1	5,27 – 76,4	4,77 – 70,2	4,99 – 70,3
pH	pH	5,69	5,88	6,02	6,23	6,00	6,65

Sólidos totales disueltos	<i>mg/L</i>	397	384	379	392	388	337
Temperatura	°C	14,45	15,59	14,69	13,99	13,55	14,29
Turbidez	<i>NTU</i>	0,12	0,15	0,52	0,12	0,11	0,14

El agua para consumo humano no debe poseer organismos, sustancias químicas, minerales o impurezas que puedan derivar enfermedades a los miembros de la Comunidad, es por eso que se verifica que el agua cumpla con la normativa establecida en la “Norma INEN 1108:2011, Requisitos, agua potable”, y con el “TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional”, es decir que sea consumible.

Aceites y Grasas

En todos los puntos de muestreo el resultado de este parámetro fue de < 5 mg/L, en la “Norma INEN 1108:2011” no existen límites máximos permisibles para este parámetro así que se realiza la comparación con el “TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1”, en la cual se establece que el límite máximo permisible es de 0,3 mg/L.

El método que se utilizó para realizar los análisis fue de gravimetría y este método no permite detectar valores menores al resultado obtenido, la Normativa solicita para la medición de aceites y grasas utilizar el método de partición infrarrojo es por eso que el límite máximo permisible es de 0,3 mg/L.

Dados los resultados bajos de DQO se puede decir que la muestra no posee componentes orgánicos que hagan referencias a cadenas de ácidos grasos.

Alcalinidad

La dureza del agua es una buena aproximación de la alcalinidad, en la “Norma INEN 1108:2011” y en el “TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 1”, no se establecen valores de alcalinidad, pero sí de dureza expresado en mg/L CaCO₃, por tanto, se consideró el límite máximo permisible de dureza.

En la siguiente figura se evidencia los resultados obtenidos en el laboratorio (CICAM) comparados con la Normativa, en donde se refleja que en todos los puntos de muestreo los resultados de alcalinidad están dentro de la Norma.

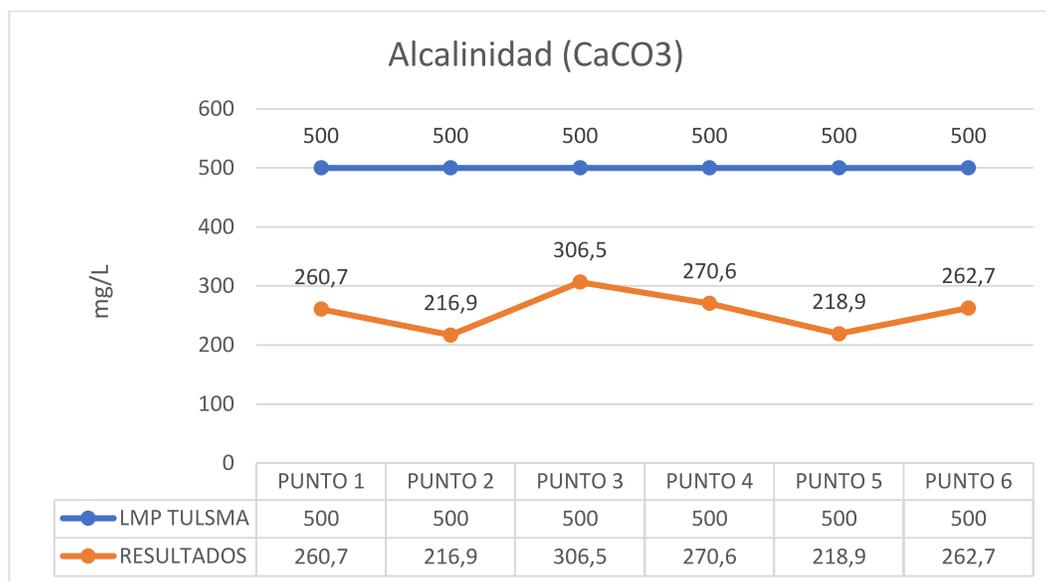


Figura 27. Resultados alcalinidad

Estos valores de alcalinidad son beneficios para la Comunidad ya que son evidencia de que no se presentan altas concentraciones de calcio y magnesio por lo tanto no existe evidencia de incrustaciones en las tuberías.

Color Real y Color Aparente

En todos los puntos de muestreo los resultados obtenidos por el laboratorio fueron menores a 5 *u Pt-Co* en ambos parámetros, la Norma INEN 1108:2011 establece como límite máximo permisible 15 *u Pt-Co*, y el “Acuerdo Ministerial N. 97/A, Tabla 1” establece como límite máximo permisible 100 *u Pt-Co*, por lo tanto, el resultado obtenido para color está dentro de la Normativa.

Estos valores reflejan la ausencia de materia orgánica natural, como pueden ser sustancias húmicas o ciertos metales como hierro, cobre o manganeso, que pueden estar disueltas o en suspensión.

Conductividad

Con respecto a este parámetro en el “Acuerdo Ministerial N. 97/A”, y en la “Norma INEN 1108:2011”, no existen límites máximos permisibles, por lo tanto, se ha tomado normativa internacional en este caso Normativa de Perú para agua potable, en la cual establece como límite máximo permisible para conductividad 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ministerio de Salud, 2010).

En la siguiente figura se muestra la comparación de los resultados obtenidos con la Normativa de Perú.

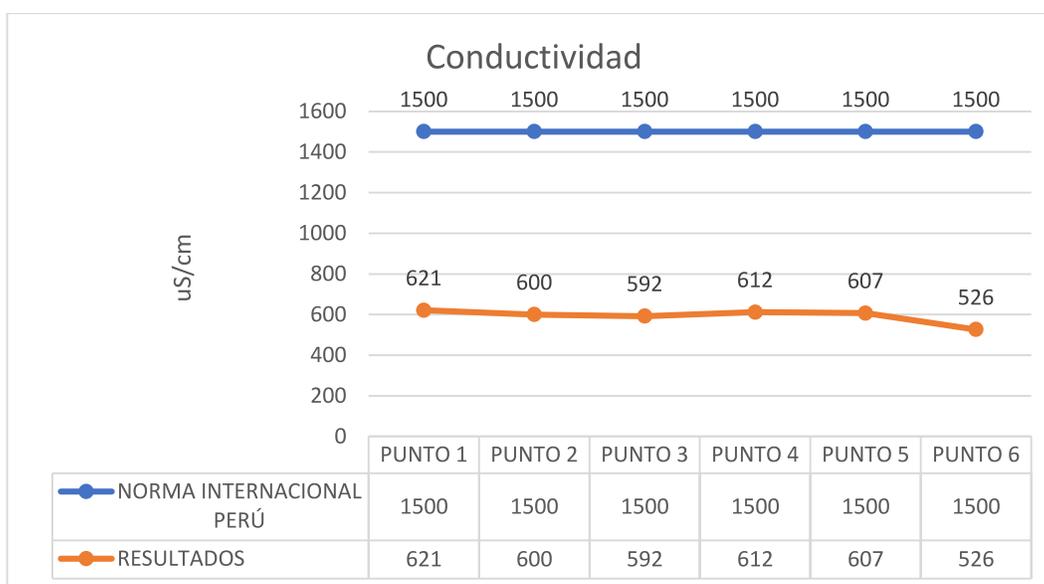


Figura 28. Resultados conductividad

En los resultados se puede apreciar que los valores se encuentran dentro del límite máximo permisible para agua de consumo humano según la Normativa Peruana.

Sólidos Totales Disueltos (STD)

En las Normativas actuales, los STD es uno de los parámetros que no se contempla, sin embargo, en la “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, LIBRO VI, ANEXO 1”, que fue actualizada en el “Acuerdo Ministerial N. 97/A”, se establece como límite máximo permisible 1000 mg/L, como se visualiza en la siguiente figura los valores de STD están dentro de la Norma.

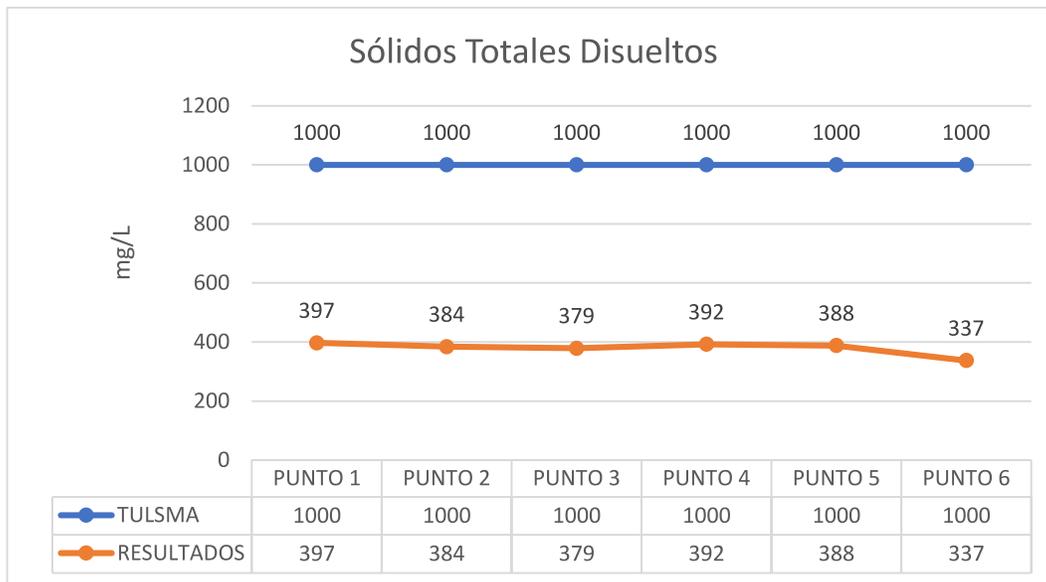


Figura 29. Resultados Sólidos Totales Disueltos

Conductividad y Sólidos Totales disueltos

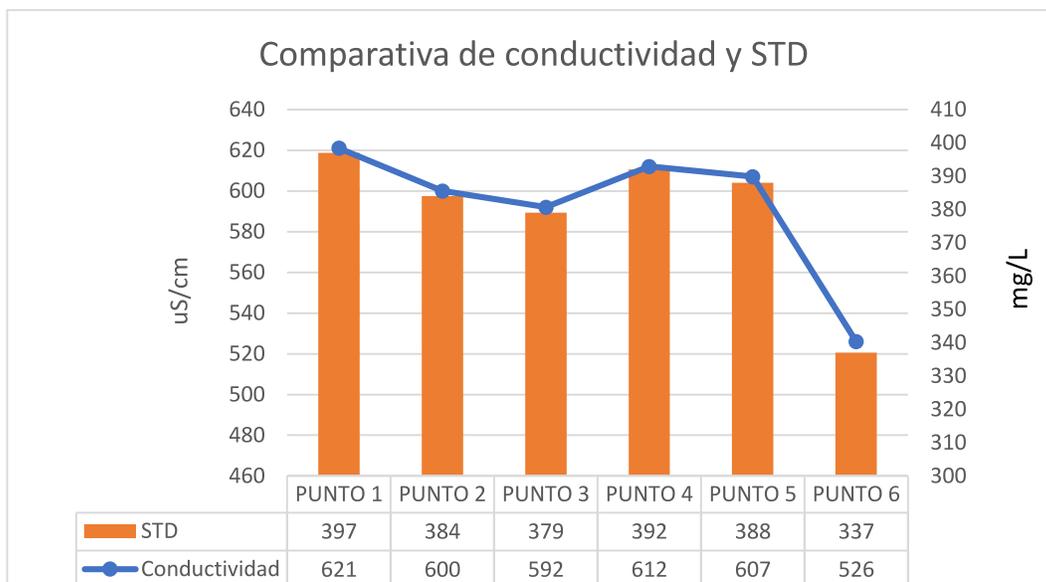


Figura 30. Comparativa de conductividad y STD

Como se puede observar en la figura 28 no existen grandes variaciones entre conductividad y STD, por lo tanto, se determina que la conductividad eléctrica es directamente proporcional a la proporción de STD presentes en el agua, por tanto, aumentar la conductividad eléctrica aumenta la cantidad de STD y al disminuir la CE disminuye de igual manera la cantidad de STD.

Turbidez

En el “Acuerdo Ministerial N. 97/A, Tabla 1”, establece el límite máximo permisible para turbiedad 100 NTU, en cambio en el “Norma INEN 1108:2011”, establece como límite máximo permisible para turbiedad 5 NTU, aunque las normas difieren, los resultados obtenidos *in situ*, cumplen con las mismas, a continuación, se presenta la figura con su respectiva comparación.

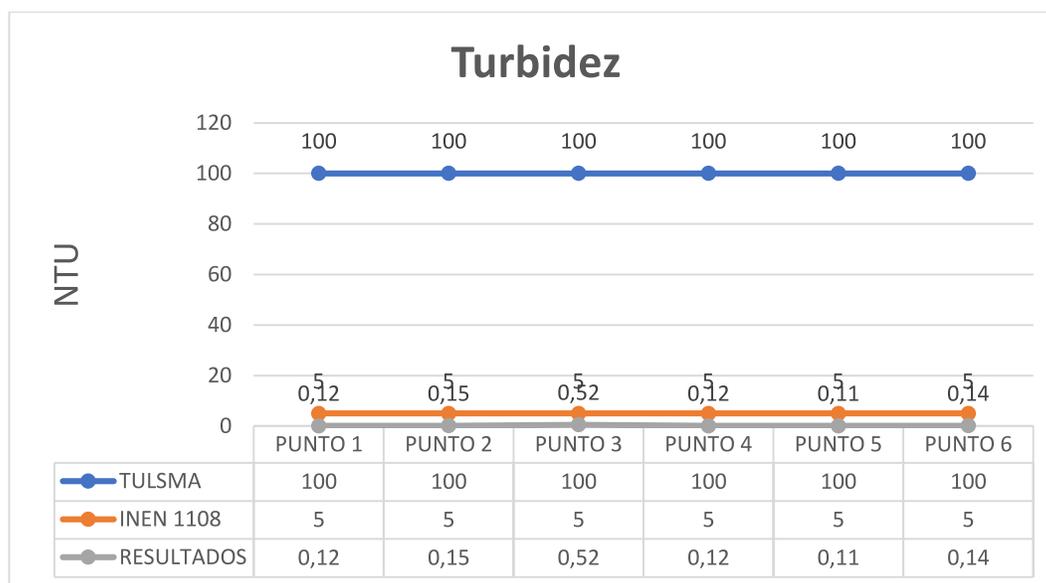


Figura 31. Resultados turbidez

La turbiedad es uno de los indicadores de mayor importancia en la calidad de agua de consumo. Ya que el agua turbia no solo posee una impresión negativa a la vista del consumidor, asimismo puede ser portador de contaminación microbiológica y favorecen la adhesión de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas (Baños, 2018).

Estos resultados indicarían que la calidad del agua no presenta variación alguna con respecto a los parámetros de sólidos totales disuelto y turbidez.

DBO₅ y DQO

Los valores reportados por el laboratorio (CICAM) con respecto a la DBO₅ son menores de 2 mg/L, por lo tanto, cumplen con el límite máximo permisible que es de 2 mg/L establecido en el “Acuerdo Ministerial N. 97/A, Tabla 1”, esto indica que no existe contaminación con materia biodegradable en ningún punto del sistema.

La relación **DBO₅/DQO** que debe existir en el agua para consumo humano es de 0.5 teóricamente, un cociente DBO/DQO inferior a 0,2 sugiere que existe un vertido de tipo inorgánico (probablemente, aguas residuales industriales), mientras que si es superior a 0,6 el vertido puede ser orgánico (probablemente, aguas residuales urbanas, restos de ganado o industria alimenticia), y este no es el caso ya que son aguas naturales provenientes de un manantial y llegan entubadas a los tanques de distribución sin que haya en el trayecto algún tipo de contaminación ya sea orgánica o inorgánica.

Por lo tanto, al recibir valores de **DQO** menores a 10 mg/L se puede concluir que serán al mismo tiempo menores que 4 mg/L ya que los valores de DBO₅ son menores de 2 mg/L y se cumpliría con los límites máximos permisibles que se establecen en el “Acuerdo Ministerial N. 97/A, Tabla 1”.

Flúor Soluble

En la “Norma INEN 1108:2011” y en el “Acuerdo Ministerial N. 97/A, Tabla 1”, el límite máximo permisible de fluoruros es de 1,5 mg/L, por lo tanto, al no reflejar ningún valor en los análisis de laboratorio se puede considerar que este parámetro se encuentra dentro de la Normativa.

El flúor posee tanto aspectos favorables como perjudiciales para la salud humana, la OMS recomienda que la cantidad de flúor presente en el agua potable sea de 1,5 mg/L. La OMS también señala que se debe considerar las condiciones climáticas, la ingesta de agua y la ingesta de flúor a través de otras fuentes para establecer normas en cada país con respecto al fluoruro (Organización Mundial de la Salud, 2002).

El flúor en cantidades altas puede resultar tóxico para el ser humano, pero en niveles bajos se considera “esencial”, considerando la resistencia a la caries dental es de importancia saber en qué cantidades debe ser consumido. Expertos de la OMS en una consulta indicaron que el suministro de dicho elemento a niños de 1 a 3 años de edad, si es posible, siempre y cuando se limite de 0,5, a 1,5 mg/día, precautelando que menos del 75% ingerido provenga a través de fluoruros solubles del agua de consumo. La OMS señala también que el consumo superior a 5 mg/día de fluoruro de todas las fuentes pueden conllevar a que los adultos sufran de fluorosis esquelética (Organización Mundial de la Salud, 2002).

Hierro Total y Manganeseo

Los valores de hierro total en cada uno de los puntos de muestreo son menores a 0,10 mg/L, en el “Acuerdo Ministerial N. 97/A, Tabla 1”, el límite máximo permisible para este parámetro es de 1,0 mg/L, por lo tanto, se cumple con la Normativa establecida.

Los valores de manganeseo obtenidos por el laboratorio son menores a 0,050 mg/L en los 6 puntos de muestreo, en la “Norma INEN 1108:2011” se establece como límite máximo permisible 0,4 mg/L en este parámetro, por lo tanto, se cumple con la Normativa establecida.

La presencia de hierro en el agua es más común que el manganeseo, pero frecuentemente suceden juntos. Aunque el hierro y el manganeseo en el abastecimiento del agua de consumo no son perjudiciales para la salud, pueden convertirse en un problema para la Comunidad ya que suelen dañar la ropa u otros artículos de uso cotidiano, presentando manchas rojizas- café en los mismos (Instituto de Recursos de Agua de Texas, 2018).

Nitratos

En la “Norma INEN 1108:2011” y en el “Acuerdo Ministerial N. 97/A, Tabla 1”, el límite máximo permisible para Nitratos es de 50 mg/L, en los puntos 1,2,4 y 5 de muestreo los valores son menores a 3,3 mg/L, por lo tanto, cumplen con la Normativa.

En el punto 3 el resultado es de 5,75 mg/L y en el punto 6 es de 12,75 mg/L, aunque en estos dos últimos puntos mencionados el valor difiere de los otros 4 puntos, no exceden los límites máximos permisibles establecidos en la Normativa.

Cuando los valores de nitratos son inferiores a 10 mg/L, la fuente principal de consumo de nitratos del ser humano son los vegetales, sin embargo, cuando los niveles de nitratos superan los 50 mg/L en agua, esta será la fuente principal del consumo total de nitratos, una exposición a los nitratos con niveles superiores a los límites máximos permisibles es un problema potencial para la salud especialmente para los lactantes (Lenntech, 2008).

Oxígeno Disuelto

En las Normativas actuales, el oxígeno disuelto es uno de los parámetros que no se contempla, sin embargo, en la “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE

EFLUENTES: RECURSO AGUA, LIBRO VI, ANEXO 1”, que fue actualizada en el “Acuerdo Ministerial N. 97/A”, se estableció como límites máximos permisibles para oxígeno disuelto los valores siguientes: no menor a 6 mg/L y no menor al 80% del oxígeno de saturación.

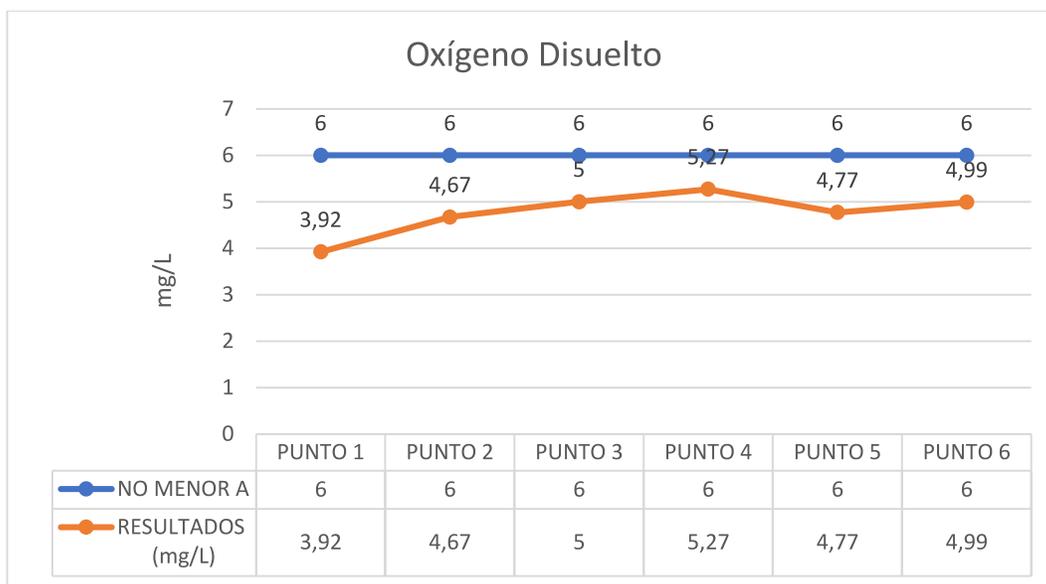


Figura 32. Resultados Oxígeno Disuelto (mg/L)

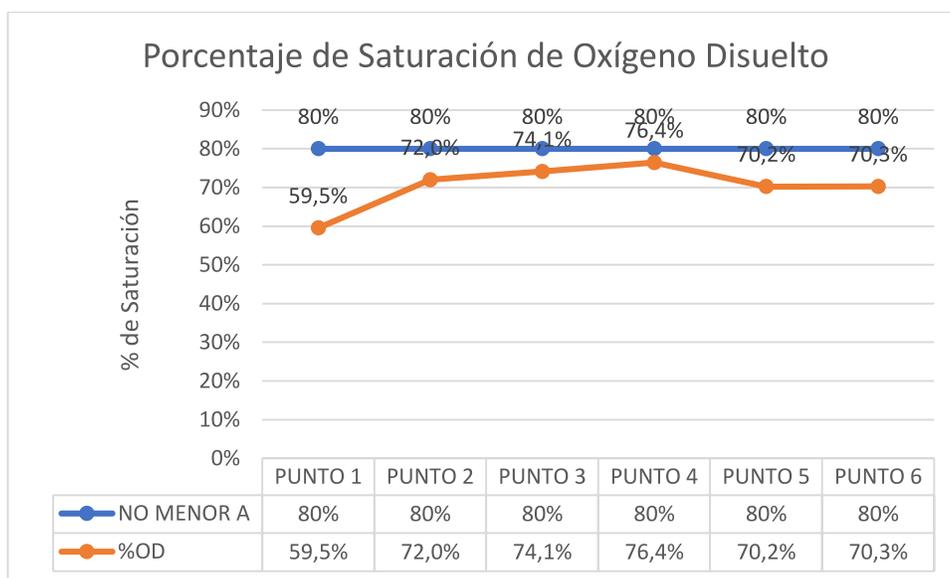


Figura 33. Resultados Oxígeno Disuelto (%)

Como se puede visualizar en la figura 31 los valores de OD no cumplen con la Normativa mencionada en el párrafo anterior, sin embargo, para que un ecosistema acuático se mantenga saludable este parámetro debe estar en un rango de 5 a 6 mg/L. Los niveles de

OD menores a 3mg/L deterioran a la mayor parte de los organismos presentes en el agua, y por debajo de 2 o 1 mg/L los peces fallecen (Peña Pulla, 2007).

Aunque el agua en todos los puntos de muestreo no cumple con los requerimientos que solicita la normativa anterior que es no menor al 80% Saturación de OD, el rango en el que se encuentran los resultados es el aceptable para fuentes de agua natural, ya que estos valores se sitúan en el rango de 60 a 79%.

Los factores que afectan directamente los niveles de oxígeno disuelto son: presión atmosférica y altura, ya que al estar a una mayor presión atmosférica el OD aumenta, y al estar a una mayor altura el OD disminuye, es quizá por lo que los niveles de OD son bajos.

pH

En el “Acuerdo Ministerial N. 97/A, Tabla 1”, se establecen valores de pH entre 6 y 9

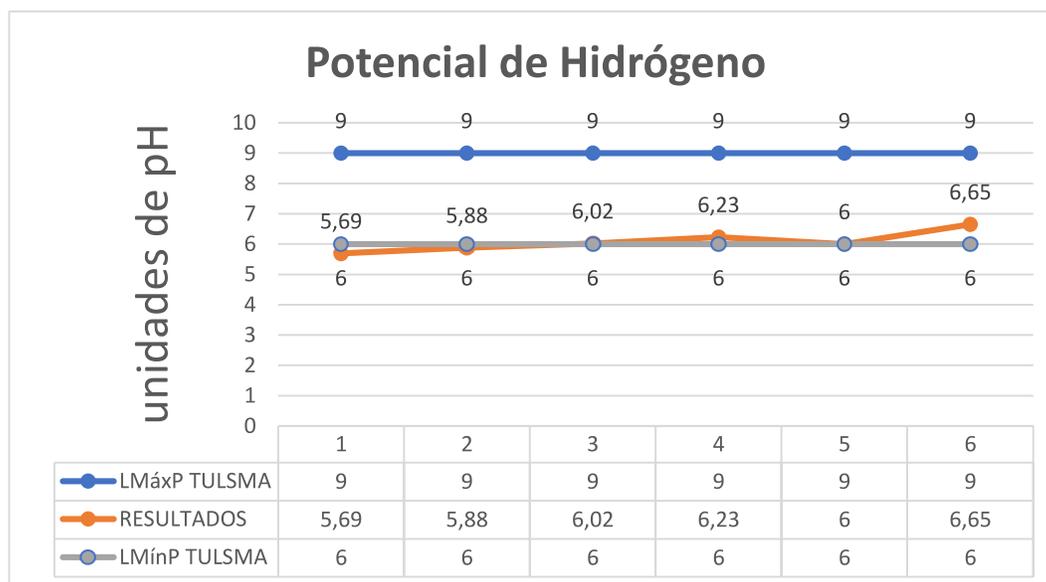


Figura 34. Resultados pH

Como se visualiza en la figura 33, los niveles de pH esta alrededor del límite inferior permisible en la Normativa, aunque en las “Directrices de la OMS para la calidad del agua potable, establecidas en Génova, 1993”, no dictamina una directriz exacta para valores de pH, el pH debe estar en un rango de 6 a 9 para que la calidad del agua no se vea alterada.

El agua con valores debajo de 6,0 se la considera acida o corrosiva, por el poder oxidante que posee ante los metales, mientras que valores sobre 8,5 el agua es considerada básica y puede provocar incrustaciones a la tubería.

Temperatura

La temperatura del agua tomada en los distintos puntos de muestreo va de 13,55°C a 15,59°C. La cual es normal para ecosistemas característicos de la región. Ya que el muestreo se realizó en el mismo día las mediciones de temperatura no tienen variación considerable. Estos valores indican que el agua es consumible, ya que, en el “TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1”, indica que este parámetro en condiciones naturales puede variar + o – 3 grados de las mismas.

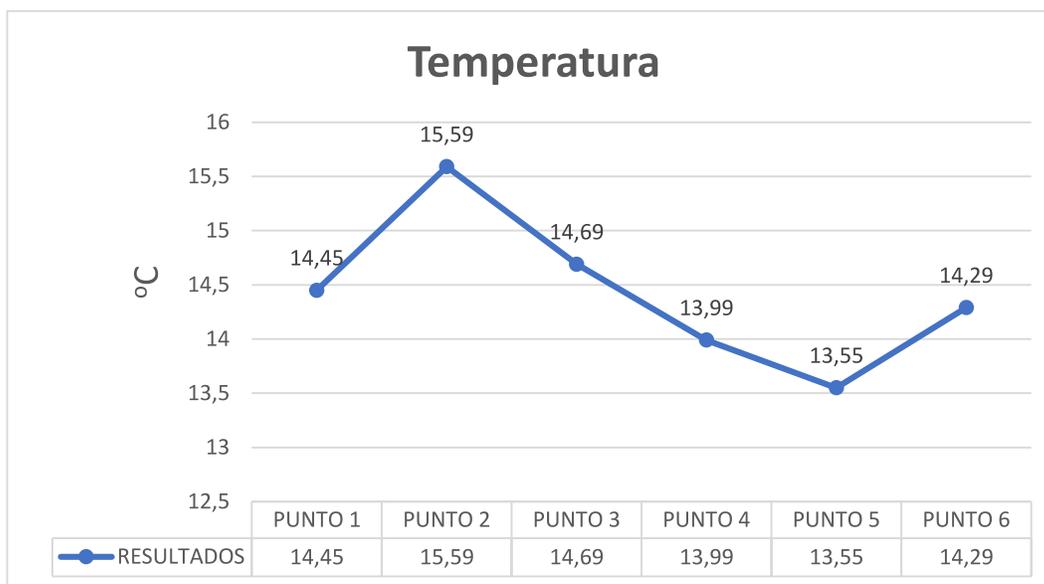


Figura 35. Resultados temperatura

Relación pH y temperatura

A continuación, en la figura 36 se muestra la relación que existe entre la temperatura y el pH en cada punto de muestreo.

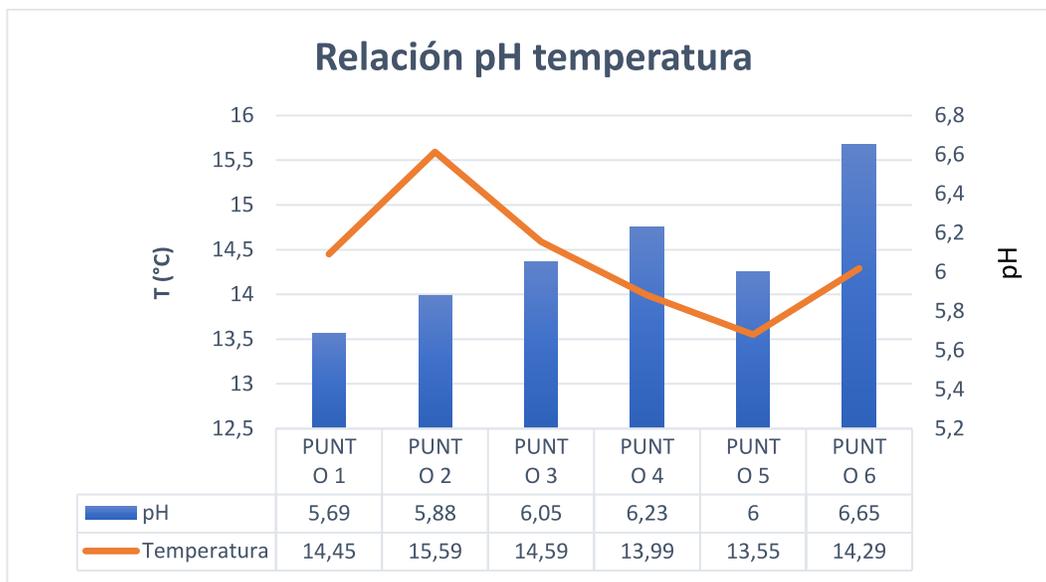


Figura 36. Relación entre pH y temperatura

La temperatura tiene un peso directo en el pH, ya que cuando existe una elevación en la temperatura, el pH tiende a disminuir, de igual manera cuando disminuye la temperatura el pH aumenta, este comportamiento es el resultado de que cuando la temperatura del agua aumenta, las moléculas de la misma proceden a dividirse en sus elementos: hidrógeno y oxígeno, por lo tanto, al elevarse la concentración de moléculas descompuestas se obtiene más hidrogeno, elevando el pH del agua. La temperatura no afecta directamente al pH, sin embargo, no considerarla podría llevar a mediciones poco concisas (HANNA Instruments, 2017).

Coliformes totales y fecales

Se realizó el análisis para determinar la existencia de coliformes totales y fecales en el sistema de abastecimiento dando como resultado < 1,1 NMP/100mL en todos los puntos de muestreo, significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ o 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo (INEN, 2011).

Los resultados conseguidos en estos análisis indican que no hay presencias de microorganismos del grupo coliforme desde la captación hasta la distribución, es decir que, aun sin poseer un sistema de potabilización adecuado el agua es de buena calidad y es apta para el consumo humano.

Cloro libre residual

Las mediciones con respecto a este parámetro no se realizaron, ya que, se programó una visita más a la Comunidad, pero no se concretó por cuestión de la Emergencia Sanitaria a causa de la pandemia ocasionada por el virus COVID-19.

3.2. Comparación de resultados con respecto a la normativa vigente

En las siguientes tablas se presentan las comparaciones de los resultados obtenidos en cada punto de muestreo de los diferentes parámetros medidos y analizados tanto con la “Norma INEN 1108:2011”, así como también con el “Acuerdo Ministerial 97/A, 2015”.

Tabla 8. Comparación de Resultados Obtenidos por punto de muestreo con INEN 1108:2011

RESULTADOS OBTENIDOS									
Parámetro	UNIDAD	Límite Máximo permisible INEN 1108	Punto N.1	Punto N.2	Punto N.3	Punto N.4	Punto N.5	Punto N.6	
Aceites y grasas	mg/L	-	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Alcalinidad CaCO ₃	mg/L	-	260,7	216,9	306,5	270,6	218,9	262,7	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	< 1,1 NMP/100mL	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
Coliformes Totales	NMP/100mL	-	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
Color aparente	u Pt-Co	15	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Color real	u Pt-Co	15	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conductividad	uS/cm	-	621	600	592	612	607	526	
DBO ₅	mg/L	-	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
DQO	mg/L	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Flúor soluble	mg/L	1,5	---	---	---	---	---	---	---
Hierro total	mg/L	-	< 0,10	< 0,10	< 10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Manganeso	mg/L	0,4	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Nitratos	mg/L	50	< 3,3	< 3,3	5,75	< 3,3	< 3,3	< 3,3	12,75

Oxígeno disuelto	mg/L - %	-	3,92 – 59,5	4,67 – 72,0	5,00 – 74,1	5,27 – 76,4	4,77 – 70,2	4,99 – 70,3
pH	pH	-	5,69	5,88	6,02	6,23	6,00	6,65
Sólidos totales disueltos	mg/L	-	397	384	379	392	388	337
Temperatura	°C	-	14,45	15,59	14,69	13,99	13,55	14,29
Turbidez	NTU	5	0,12	0,15	0,52	0,12	0,11	0,14

NOTA: los cuadros que se encuentran pintados indican que los valores superan el límite máximo permisible establecidos en la “Norma INEN 1108:2011” .

“(< 1,1) significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ o 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo” (INEN, 2011)

(-) significa que no existen datos de los límites máximos permisibles para estos parámetros en la Norma.

Tabla 9. Comparación de Resultados Obtenidos por punto de muestreo con la Tabla 1 del AM 097/A

RESULTADOS OBTENIDOS									
Parámetro	UNIDAD	AM 097/A Tabla 1	Punto N.1	Punto N.2	Punto N.3	Punto N.4	Punto N.5	Punto N.6	
Aceites y grasas	mg/L	0,3	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Alcalinidad CaCO ₃	mg/L	-	260,7	216,9	306,5	270,6	218,9	262,7	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	-	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	
Coliformes Totales	NMP/100mL	1000	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	
Color aparente	u Pt-Co	-	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Color real	u Pt-Co	75	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Conductividad	uS/cm	-	621	600	592	612	607	526	
DBO ₅	mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
DQO	mg/L	< 4	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	
Flúor soluble	mg/L	1,5	---	---	---	---	---	---	
Hierro total	mg/L	1,0	< 0,10	< 0,10	< 10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	
Manganeso	mg/L	0,4	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	
Nitratos	mg/L	50	< 3,3	< 3,3	5,75	< 3,3	< 3,3	12,75	
Oxígeno disuelto	mg/L - %	-	3,92 – 59,5	4,67 – 72,0	5,00 – 74,1	5,27 – 76,4	4,77 – 70,2	4,99 – 70,3	

pH	pH	6,0 – 9,0	5,69	5,88	6,02	6,23	6,00	6,65
Sólidos totales disueltos	mg/L	-	397	384	379	392	388	337
Temperatura	°C	-	14,45	15,59	14,69	13,99	13,55	14,29
Turbidez	NTU	100	0,12	0,15	0,52	0,12	0,11	0,14

NOTA: los cuadros que se encuentran pintados indican que los valores sobrepasan el límite máximo permisible exigido por el “Acuerdo Ministerial N.- 97/A”.

(-) significa que no existen datos de los límites máximos permisibles para estos parámetros en la Norma.

Los resultados que presentan los estudios realizados en los 6 puntos de muestreo en comparación con los límites máximos permisibles (LMP) dados en la normativa ecuatoriana “Acuerdo Ministerial N.- 97/A”, expedido en el 2015, como en la “Norma INEN 1108:2011”, indica que todos los parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles a excepción del pH en los puntos 1 y 2, al ser el potencial de hidrogeno un indicador importante para la determinación de la calidad de agua, la OMS en las directrices para calidad de agua potable no establece límites para este parámetro, pero hay que tomar en cuenta que niveles bajos de pH, puede ocasionar corrosión en la tubería y accesorios, por lo tanto el recurso hídrico puede verse afectado en su aspecto y sabor.

Aunque los niveles y el porcentaje de OD está por debajo de lo recomendado en la Normativa anterior, estas características están en el rango aceptable para agua de consumo.

Una vez realizado el análisis de los resultados y la equiparación con la normativa vigente se establece que el agua de consumo distribuida a la Comunidad de Nitiuisa cuenta con la calidad adecuada para que sea consumida, no obstante, se sugiere implementar un sistema de tratamiento basado en la desinfección, también se presenta un manual de operación y mantenimiento que ayude a la Comunidad a desarrollar acciones preventivas y correctivas en el sistema de abastecimiento las cuales garantizan la calidad del agua de consumo a la Comunidad.

3.3. Propuesta de Tratamiento del agua de consumo de la Comunidad

Con el objetivo de brindar un sistema de tratamiento que esté acorde a las necesidades de la Comunidad se estableció un sistema que conste de aireación y desinfección basado en la cloración, esta propuesta se presenta en el Anexo 7, en la que se establecen: criterios de selección, factores que incurren en la eficiencia de la cloración, criterios de diseño, calibración del dosificador para cloro residual, aspectos constructivos, operación y mantenimiento del sistema, ventajas y desventajas. De igual manera se establece la cantidad de cloro que se debe suministrar al tanque de desinfección.

3.4. Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento de la Comunidad de Nitiluisa

El manual de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de la Comunidad Nitiluisa que se presenta en el Anexo 8, es el resultado de la recolección de datos provenientes del sistema de abastecimientos tales como: recorridos, análisis de parámetros de calidad de agua, muestreos y revisión de diferentes manuales pertenecientes tanto a entidades nacionales como internacionales.

En este manual se detalla cada una de las actividades de operación y mantenimiento que deben ser adecuados para el sistema de abastecimiento, con los objetivos de: prevenir daños y deterioro en el sistema, y así, garantizar la conservación del mismo, garantizar la calidad de agua y el suministro de la misma a la Comunidad, cumpliendo con la Normativa vigente para agua de consumo humano y requisitos para agua potable establecida en el país, las cuales son: El “Acuerdo Ministerial N. 97/A” y la “Norma INEN 1108:2011” respectivamente.

3.5. Presentación de documentación a la Comunidad

Se realizó una reunión el día 29 de septiembre del 2020 a las 13:00 horas mediante la plataforma zoom, en la cual se socializaron los resultados obtenidos en los análisis realizados *in situ* y en el laboratorio, en donde se detallaron los parámetros que fueron medidos y los sitios de muestreo, también se dio a conocer la propuesta de tratamiento para el sistema de abastecimiento en la cual existen un proceso de aireación y un proceso de desinfección, con el objetivo de proporcionar el oxígeno necesario al recurso hídrico

para que la Comunidad pueda implementar actividades económicas tales como criaderos de peces y se recomienda desinfectar el agua independientemente de la calidad que posea la misma para que sea apta para el consumo humano, esta propuesta esta detallada en el Anexo 7, y se realizó un resumen de actividades de mantenimiento ya que por el tiempo no se pudo socializar el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema completo que se detalla en el Anexo 8.

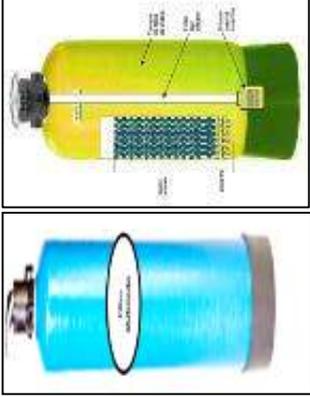
La información detallada en el párrafo anterior no fue directamente entregada a la Comunidad, se entregó a un representante de CEDIS (Centro de Desarrollo Difusión e Investigación Social).

3.6. Resumen de actividades de Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento

De acuerdo a las observaciones realizadas en el sistema de abastecimiento, se describe un resumen de actividades y la periodicidad de mantenimiento para cada una de las estructuras en la siguiente tabla.

Tabla 10. Resumen de Actividades de Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento

Componentes del Sistema de Abastecimiento de la Comunidad	Actividad		Observaciones
	Usualmente	Periódicamente	
Captación 	<p>Limpieza de rejillas Dar pocas vueltas a las llaves de control para que no se atasquen (Avina-Care, 2012). Inspeccionar las estructuras que componen la obra de captación por posibles daños.</p>	<p>Medir el flujo del agua. Medir la turbiedad del agua. Limpiar y desinfectar las instalaciones.</p>	<p>Requiere mantenimiento preventivo</p>
Líneas de Conducción 	<p>Abrir y cerrar las válvulas con unas pocas vueltas para evitar que se atasquen. Verificar el funcionamiento de las válvulas para su oportuno cambio. Limpieza de los alrededores del área de la tubería. Drenar y limpiar las cajas que guardan las válvulas para evitar su deterioro.</p>	<p>Vaciar las tuberías para remover sedimentos que se produjeron Reparar la colocación de los puntos de referencia del trazado de la tubería, este procedimiento es importante para conocer por dónde pasa la tubería enterrada (Avina-Care, 2012).</p>	<p>Requiere mantenimiento correctivo</p>

Tratamiento de Agua				
Clorador Pulsar1 SF-3W		Control y registro de cloro residual para determinar el funcionamiento del clorador	Limpieza de tolva y rejillas del clorador	Se encuentra fuera de operación
Filtro Multimedia y Filtro de Carbón activado con válvula manual		Funcionamiento correcto de los filtros. Funcionamiento correcto de las válvulas manuales. Inspección de tuberías y accesorios por: Corrosiones, orificios, sujeciones con pernos y soldaduras.	Retrolavado Carga de minerales	Se encuentran fuera de operación

<p>Clorador Hayward CL200</p> 	<p>Control y registro de cloro residual para determinar el funcionamiento del clorador</p>	<p>Rellenado del clorador Cambio de empaque Limpieza tubo dosificador Limpieza de la perilla de la válvula de control Lubricación de juntas y empaques.</p>	<p>Se encuentra fuera de operación</p>
<p>Tanques de Almacenamiento y Distribución</p> 	<p>Revisión de las tapas de las cajas que contienen las válvulas para asegurarse que se encuentren bien tapadas y cerradas. Observar si los tanques tienen fisuras, fugas u orificios en su estructura para repararlas. Revisar los tanques de almacenamiento para verificar si hay acumulación de sedimentos. Chequear todas las llaves de control (Avina-Care, 2012)</p>	<p>Limpiar y desinfectar los tanques de almacenamiento y distribución</p>	<p>Requieren mantenimiento correctivo y preventivo</p>

<p>Red de Distribución</p>	<p>Comprobar si existen instalaciones clandestinas. Revisar y reparar escapes de agua en toda la red de distribución e impedir desperdicio del líquido vital. Abrir y cerrar las válvulas con unas pocas vueltas para evitar que se atasquen. Retirar los cuerpos desconocidos y la basura que este en el interior de la cámara de válvulas (Avina-Care, 2012)</p>	<p>Lavar las tuberías con el fin de suprimir los sedimentos que se hayan formado o acumulado. Drenar y limpiar las cajas que guardan las válvulas para evitar su deterioro (Avina-Care, 2012).</p>	<p>Requiere mantenimiento preventivo</p>
-----------------------------------	---	---	--

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

El sistema de abastecimiento se encuentra construido de acuerdo con la topografía del lugar, pero no respetando las condiciones técnicas como profundidades de las tuberías y, además, los componentes del sistema tienen daños que afectan la calidad, cantidad del agua que llega a los tres barrios.

De acuerdo con los resultados obtenidos por la medición de parámetros *in situ*, se determina que en la mayoría de sus valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en las normativas ambientales vigentes comparadas “Acuerdo Ministerial 097- A e INEN 1108:2011”.

Con respecto a los valores de pH se determina que en los puntos 1 y 2 se encuentran por debajo de los límites mínimos permisibles, aunque es un parámetro importante para determinar la calidad del agua, la OMS en las Directrices para calidad de agua potable no establece límites para esta, pero hay que tomar en cuenta que valores bajos de pH, puede ocasionar corrosión en la tubería y accesorios, por lo tanto, el recurso hídrico puede verse afectado en su aspecto y en su sabor.

Con el sensor multi-paramétrico se realizaron las mediciones como se estableció en el plan de muestreo, teniendo valores de temperatura bajos que son acordes a la región y al clima característicos de la misma, los valores de oxígeno disuelto son correspondientes a las temperaturas de cada punto, y estos son característicos de aguas que no poseen fauna marina.

Según los resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos del agua cruda realizados se pudo determinar las necesidades de tratamiento del sistema. Se propone un sistema que consta de un aireador y un hipoclorador por goteo, este sistema, además de, ayudar al agua a cumplir con los requisitos de calidad de la “Norma INEN 1108”, es un sistema fácil de operación y mantenimiento, y es económico en relación con otros sistemas que requieren de grandes costos y una operación y mantenimiento técnicos.

Al realizar la visita de campo se evidenció la falta de mantenimiento a todos los componentes del sistema es el caso de las escaleras de los tanques en donde existe corrosión y en el interior de los tanques se pudo evidenciar la falta de limpieza y cuidado, aunque los miembros del barrio Nitiluisa Centro indicaron que se realiza la limpieza mensualmente en el tanque de reserva y almacenamiento Nitiluisa Centro, eso no se reflejó en la observación.

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento, por ende, la calidad, cantidad y presión de agua a la Comunidad se debe realizar cambios en los accesorios como válvulas de purga y aire, así como, reparar escaleras, enterrar tuberías expuestas para evitar roturas y posible contaminación, dar mantenimiento a las estructuras (captación, tanques de almacenamiento, casetas de tratamiento de agua, tuberías.

La operación del sistema de abastecimiento debe estar a cargo de una persona que conozca todas las partes de este y su funcionamiento e involucrar a la población en tareas de mantenimiento y vigilancia del sistema., para lo cual se desarrolló un Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento de la Comunidad.

En el sistema de desinfección del Barrio Nitiluisa Centro no cuenta con el mantenimiento y la operación necesarios, ya que los pobladores indicaron que introducen directamente una pastilla de hipoclorito de calcio en el tanque de distribución y el hipoclorador que existe no se utiliza para realizar el proceso de desinfección.

En el Barrio Luisa Rumipamba existe un sistema de desinfección que no cuenta con mantenimiento ni operación ya que solo se encuentra instalado en la caseta de desinfección sobre el tanque de distribución y no está funcionando.

4.2. Recomendaciones

Aunque los valores de pH exceden de la norma, no es un valor considerable por lo tanto se podrían usar sales de carácter alcalino para mejorar el pH ácido del agua, esto se lo podría hacer en los tanques de reserva y distribución ya que estos suministran el agua a la Comunidad.

Se debe implementar el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento con el fin de garantizar la durabilidad de este y que la Comunidad se

involucre con el funcionamiento, así también se mejoraría la calidad del agua que se suministra a los diferentes barrios.

Instruir a un grupo de personas de cada barrio para desarrollar las actividades de: mantenimiento y operación del sistema de abastecimiento de agua cruda siguiendo las indicaciones que se presentan en el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema.

Realizar una minga con la población para dar mantenimiento al sistema de abastecimiento de los tres barrios.

Realizar cambios de todos los componentes y accesorios que no funcionan como: válvulas, escaleras y tuberías.

No se puede implementar un sistema de tratamiento sin que haya análisis de la calidad del agua, como, en el caso particular de la Comunidad Luisa Rumipamba cuenta con un sistema que no satisface la necesidad de potabilización del agua y en el momento se encuentra en desuso.

Mientras se estudia la posibilidad de implementar un nuevo sistema de desinfección o de tratamiento al sistema de abastecimiento, se recomienda a los barrios que sí poseen un sistema de desinfección utilizar los mismos siguiendo un manual de operación y mantenimiento para que de alguna manera se garantice la calidad del agua que llega a los pobladores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Secretaría Técnica de Planificación Ecuador. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia de Santiago de Calpi*. Quito.
- Agencia Suiza para el desarrollo y la Cooperación CONSUDE. (2018). *Hipoclorador de carga constante de doble recipiente*. Lima: Biblioteca Nacional de Perú.
- AGUATUYA. (2012). *Operación y Mantenimiento de Sistemas de Distribución de Agua*. Cochabamba, Bolivia: Fundación AGUATUYA.
- Aguero, R. (1997). *Sistemas de Abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Lima: Asociación Servicios Educativos Rurales (SER).
- Álvarez, F. (2009). *Manual de tratamientos del agua de consumo humano*. Junta de Castilla y León.
- Análisis, evaluación y mejoramiento de sistemas de agua (Proyecto 2). (09 de 2019). *Informe de levantamiento de información del sistema de agua de consumo y la línea de conducción de la Comunidad de Nitiluisa de la Parroquia Calpi en la Provincia de Chimborazo*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua Tomo II*. McGraw Hill.
- Arch Chemicals. (s.f.). *Manual de Instalación del Clorador Pulsar1*.
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi, Ecuador.
- Avina-Care. (2012). *Módulo 5. Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable*.
- Baños, A. (24 de 12 de 2018). La importancia de la turbidez en la técnica instrumental. *¿Que nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable?* Obtenido de <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>

- Barreto Sáenz, P. (2009). *PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL.pdf*. Universidad Nacional "Santiago Antunez de Mayolo". Obtenido de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/PROCEDIMIENTO_DE_MUESTREO_DE_AGUA_SUPERFICIAL.pdf
- Bojaca Barrero, R. D. (2007). *GRASAS Y ACEITES EN AGUA EXTRACCIÓN LIQUIDOLÍQUIDO Y GRAVIMETRÍA.pdf*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Grasas+y+Aceites+en+agua+por+extracci%C3%B3n+L+-+L+y+gravimetr%C3%ADa..pdf/aad8c4e0-3e09-4ad5-a5a2-22966c6ddad9>
- Bolaño Alfaro, J. D., Cordero Castro, G., & Segura Araya, G. (12 de 2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación. Costa Rica. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Campillo Seva, N. (12 de 2011). *Universidad de Murcia*. Obtenido de <https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-4.pdf/0ef11661-8d05-43e3-8edb-10b8bc21351b>
- Campos Gómez, I. (2000). *Saneamiento Ambiental*. (EUNED, Ed.) Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=lsgrGBGIGeMC&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Canepa, L. (2004). Procesos Unitarios y Plantas de Tratamiento. En A. B. Lidia Canepa, *Tratamiento de agua para consumo humano- Plantas de filtración rápida* (pág. 596). Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- Cortés Nodarse, I. (2015). Contaminación de aguas. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/5184583/>
- Diaconía. (2016). *Administración, Operación y Mantenimiento del Sistema de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales*. Lima.

Díaz , N. A., Bárcena Ruiz, J. A., Fernández Reyes, E., Galván Cejudo, A., Jorrín Novo, J., Peinado Peinado, J., . . . Túnez Fiñaña, I. (s.f.). *Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. Campus Universitario de Rabanales, Bioquímica y Biología Molecular. Obtenido de https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf

Dimac. (2017). *Válvula de mariposa TIPO LUG en GGG.40*. Galicia.

EITGroup Ingeniería y Construcciones. (s.f.). eitgroup.com.ar/. Obtenido de <https://eitgroup.com.ar/>

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS. (2002). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua-Manual de capacitación para operadores*. Lima: El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS.

Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable. (2008). *Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable para EPMAAP-Q*. Quito: V&M Gráficas.

EPMAPS. (2008). Parámetros y criterios a ser observados en el diseño de cada proceso de tratamiento-Desinfección. En E. P. Saneamiento, *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE PARA LA EMAAP-Q* (pág. 176). Quito: V&M Gráficas.

Fondo Perú- Alemania. (2006). *Operación y Mantenimiento de sistemas de agua y saneamiento en zonas rurales*. Lima: Stampa Gráfica S.A.C.

García, E. (2009). *Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales*. Lima: Fondo Perú-Alemania.

García, J. (2011). *Sistema de captaciones de agua en manantiales y pequeñas quebradas para la Región Andina*. Buenos Aires: Inta.

García, J., Bilbao, L., & Zamora, J. (2011). *Sistema de captaciones de agua en manantiales y pequeñas quebradas para la Región Andina*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

GESTA AGUA. (2006). *Parámetros Organolépticos*. Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. Perú: DIGESA.

Grupo Evans S.A. (2014). *Manual del Propietario-Filtros de Media*. El Salto.

Hach Company. (s.f.). *HACH*. Obtenido de <https://latam.hach.com/turbidimetros>

HANNA Instruments. (2017). Conductividad y sólidos disueltos. Obtenido de <https://www.hannainst.es/blog/79/conductividad-y-solidos-disueltos>

HANNA Instruments. (2017). La temperatura afecta el pH del Agua. Obtenido de <https://www.hannacolombia.com/blog/post/39/la-temperatura-afecta-el-ph-del-agua#:~:text=Cuando%20hay%20un%20incremento%20en,sus%20elementos%3A%20hidr%C3%B3geno%20y%20ox%C3%ADgeno.>

Hayward Pool Products. (2011). *Manual de Usuario del Clorador Hayward*. New York.

HORIBA. (s.f.). www.horiba.com. Obtenido de https://www.horiba.com/en_en/products/detail/action/show/Product/u-50-434/

IMA Water Techology. (s.f.). *Filtros carbon activado para agua*. Obtenido de Plantas de osmosis: <https://www.plantasdeosmosis.com/56/la-empresa.html>

Industrias Mass s.a de c.v. (2009). *Instructivo de Instalación, Operación y Mantenimiento de los filtros de Carbón Activado y Multimedia*. México.

INEN. (2011). *Norma INEN 1108: 2011 Agua Potable. Requisitos*. Ecuador. Obtenido de <https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH01a4.dir/doc.pdf>

INEN. (2013). NTE INEN 226:2013. *AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO*. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>

Instituto de Recursos de Agua de Texas. (06 de 08 de 2018). Problemas del agua potable : El hierro y el manganeso. Obtenido de <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5451sironandman.pdf>

Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias. (1992). *Norma CO 10.07 - 601 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ELIMINACION DE AGUAS-RESIDUALES EN EL AREA URBANA.*

Internacional-Avina, C. (2012). *Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.*

Lenntech. (2008). Nitratos. Obtenido de <https://www.lenntech.es/nitritos.htm>

Lozano David, M. R. (s.f.). *Manual de Cloración para proyectos de Cooperación.* Alcalá: Universidad de Alcalá.

Lozano-Rivas, W. A. (2013). *Calidad fisicoquímica del agua.: Métodos simplificados para su muestreo y análisis.* (U. P. Colombia, Ed.) Colombia. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=-Ok0DwAAQBAJ&dq=LOZANO+RIVAS+2013&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Manual de Operación y Mantenimiento de Reservorios. (s.f.). En *MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RURAL DE LAS LOCALIDADES DE SAN JUAN DE LA LIANGA, CHORURO, CARUARUNDO Y SECTOR CONGA BLANCA, DISTRITO DE HUAMBOS - PROVINCIA DE CHOTA – DEPARTAMENTO CAJAMARCA.* Cajamarca.

Merinsa. (s.f.). *Tecnología en Aguas y procesos.* Obtenido de <http://www.merinsa.com/productos/es/59-filtro>

Merinsac. (s.f.). *Tecnología en Aguas y procesos.* Lima.

Milán, B. (2015). *EL AGUA POTABLE Y SU INCIDENCIA EN LA CONDICIÓN SANITARIA DE.* Ambato.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (s.f.). *Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.*

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (s.f.). *Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.* Bolivia.

- Ministerio de Salud. (2010). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.pdf. (D. G. Ambiental, Ed.) Lima, Perú. Obtenido de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1590.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial N.- 097-A. *REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI*. Ecuador. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- OPS/OMS. (2014). *DESINFECCIÓN DEL AGUAPARA CONSUMO HUMANO: Método de Cloración*. La Paz.
- OPS-COSUDE. (2007). *Guía para la selección de sistema de desinfección*. Lima.
- Orellana, J. (2005). *Tratamiento de las Aguas*. Rosario, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional de Rosario.
- Orellana, M. (2015). *DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE BELLAVISTA CANTÓN COLTA* ". Riobamba.
- Organización Mundial de la Salud. (2002). Criterios de Salud Ambiental. *Flúor en el agua de consumo*. Ginebra.
- Osés, A. O. (2013). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con proceso de lodos activados -tomo I*. Jalisco: Comisión Estatal del agua Jalisco.
- Peña Pulla, E. (2007). *Calidad de Agua Oxígeno Disuelto (OD)*. Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Pérez, F. (2011). *Filtración-Abastecimiento de agua*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Programa GLOBE. (2005). Protocolo de Oxígeno Disuelto. Argentina. Obtenido de http://www.globeargentina.org/guia_del_maestro_web/hidrologia/protoxigenodisuelto.pdf

Rodriguez, P. (2001). *Abastecimiento de Agua*. Oaxaca: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA-DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA.

Roldán Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=FA5Jr7pXF1UC&dq=factor+de+correccion+de+oxigeno+disuelto&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Romero, J. (1999). *Potabilización de Agua*. Alfaomega .

Saborio, M. (2005). *Manual de evaluación de impacto ambiental de actividades rurales*. Montevideo: IICA. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=InnqaK9UCZAC&pg=PA37&lpg=PA37&dq=manual+de+evaluacion+%E2%80%A2+Conductividad.+Es+la+capacidad+que+posee+una+soluci%C3%B3n+acuosa+de+conducir+la+corriente+el%C3%A9ctrica+a+25oC.+Este+par%C3%A1metro+est%C3%A1+asociado+a>

Salas Sosa, S. (2004). *DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES POR LA TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP).pdf*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloIII/3Practicadeanalisisdelaboratoriomicrobiologicos2.pdf>

Valsum. (2017). *Cátalogo de Válvulas y suministros*. Vigo.

Vargas, A. B. (2004). Cap. 10. Desinfección. En L. V. Ada Barrenechea, *Tratamiento de agua para consumo humano-Plantas de filtración rápida-tomo I* (pág. 597). Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS).

Vargas, L., & Barrenechea, A. (2004). Cap. 10. Desinfección. En L. V. Ada Barrenechea, *Tratamiento de agua para consumo humano-Plantas de filtración rápida-tomo I* (pág. 597). Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS).

Vidal-Abarca Gutiérrez, M. R. (1994). *Ecología de aguas continentales: prácticas de limnología, Volumen 1* (Vol. 1). EDITUM. Obtenido de

https://books.google.com.ec/books?id=f6GpL0FiS0AC&dq=determinacion+de+la+saturacion+de+oxigeno+en+el+agua&hl=es&source=gbs_navlinks_s

ANEXOS