

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMUNA “MOLINO ALTO” UBICADO EN EL QUINCHE

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

Aguilar Real Ingrid Tatiana

ingrid.aguilar@epn.edu.ec

Torres Montenegro Alba Victoria

alba.torres@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. VÁSQUEZ FALCONES EDUARDO MAURICIO, MSC.

eduardo.vasquez@epn.edu.ec

CODIRECTOR: FIS. ING. FERNANDO EDMUNDO CUSTODE MEJÍA, MSC.

fernando.custode@epn.edu.ec

Quito, Octubre 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por las Srtas. Aguilar Real Ingrid Tatiana y Torres Montenegro Alba Victoria como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogas en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:

Ing. Vásquez Eduardo MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Fis.Ing. Fernando Custode MSc.
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotras Aguilar Real Ingrid Tatiana con CI: 1759026923 y Torres Montenegro Alba Victoria con CI: 1753618337 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado 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 144 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.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en 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.



Aguilar Real Ingrid Tatiana

TESISTA 1



Torres Montenegro Alba Victoria

TESISTA 2

DEDICATORIA

A mi madre quien es fuente de inspiración constante para no rendirme nunca con los propósitos que se ponen en frente para ser cumplidos con determinación.

Dedicado también a los habitantes de la comunidad Molino Alto, este trabajo fue hecho con la intención de mejorar la calidad de vida en sus hogares.

Aguilar Real Ingrid Tatiana

AGRADECIMIENTO

A mi compañera Alba Torres y tutor Eduardo Vásquez por todo el apoyo y paciencia que han tenido en el presente estudio ya que sin su tutela no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

A los docentes de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), por transmitirnos sus conocimientos para tener un criterio técnico que aún se encuentra en formación, pero con bases sólidas gracias a ustedes y cada profesional que me brindó su consejo cuando tuve dudas al realizar este trabajo.

Aguilar Real Ingrid Tatiana

DEDICATORIA

A mi padre y madre celestial, me inspiran cada día de mi vida.

A Berlín, mi pequeño gran valiente, mi amor para ti es infinito.

A Martha Montenegro y Álex López, los amo y admiro mucho.

A las personas que conforman la comuna “Molino Alto”, anhelo que este trabajo contribuya a mejorar la calidad de vida y acceso seguro al servicio de agua potable en zonas rurales.

Torres Montenegro Alba Victoria

AGRADECIMIENTO

A Dios por el don de vivir, por todas las bendiciones que ha puesto en mi camino, por darme salud y bienestar, por mi hogar, por nunca dejarme renunciar, porque gracias a su compañía he llegado hasta aquí.

A mi madre celestial y a mi madre biológica, por su motivación, consejos y apoyo durante la universidad, por lograr inspirarme con su ejemplo de fe, amor, bondad, comprensión, resiliencia, esfuerzo y sacrificio.

A mi esposo, compañero de vida, amigo leal, al padre de mis hijos, por siempre estar a mi lado motivándome a estudiar, a alcanzar mis sueños y metas, por los momentos de risas y esparcimiento, por darme fuerzas y empujarme cuando estuve a punto de renunciar, amo que ames y te alegres de mis logros, quiero que sepas que hiciste esta etapa de aprendizaje inolvidable, te amo mucho.

A mi director de tesis por toda su paciencia, por impartir sus conocimientos y por su apoyo para la realización de este trabajo.

A los dirigentes de la comuna jurídica “Molino Alto”, por la predisposición para ayudar y colaborar con este trabajo.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecerme por creer en mí, por trabajar duro por intentar ser mejor día a día y nunca darme por vencida.

Torres Montenegro Alba Victoria

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Página

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
1 SECCIÓN 1: MARCO TEÓRICO	4
1.1 FUENTES DE ABASTECIMIENTO	4
1.1.1 Sistemas de abastecimiento de agua	4
1.2 CALIDAD DE AGUA	5
1.2.1 Nutrientes	6
1.2.2 Características del agua potable	7
1.2.3 Procesos de tratamiento	7
1.2.4 Calidad de agua marco normativo y político	8
1.2.5 Análisis de la calidad del agua según la normativa aplicable	9
1.2.6 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2169 muestreo, manejo y conservación de muestras	9
1.2.7 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1108 requisitos para agua de consumo humano. 10	
1.2.8 Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente Libro VI, ANEXO I – (TULSMA)	11
1.3 EVALUACIÓN HIDRÁULICA	11
1.3.1 Caudales	11
1.3.2 Conducción de agua y accesorios	12
1.3.3 Almacenamiento	13
1.3.4 Distribución de agua y accesorios	13
1.3.5 Parámetros de diseño	14
2 SECCIÓN 2: METODOLOGÍA	16
2.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA	16
2.1.1 Levantamiento de puntos georreferenciados	16
2.1.2 Toma de encuestas	16
2.1.3 Aforo de caudales	17

2.1.4	Estructuras	18
2.2	CALIDAD DEL AGUA	19
2.2.1	Plan de muestreo	19
2.2.2	Muestreo	19
2.2.3	Análisis y caracterización de agua.	21
2.2.4	Análisis ejecutados en el Laboratorio de Tecnología Industrial área de ASA..	22
2.2.5	Análisis realizados en el CICAM	22
2.2.6	Análisis realizados en laboratorio privado acreditado.....	22
2.2.7	Comparación de resultados con las normativas	23
2.3	EVALUACIÓN HIDRÁULICA	23
2.3.1	Información: caudales.....	23
2.3.2	Trazado de redes y perfiles	27
2.3.3	Evaluación Hidráulica en el EPANET	28
3	sección 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1	RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	29
3.1.1	Comunidad.....	29
3.1.2	Población	29
3.1.3	Dotación	33
3.1.4	Aforo de Caudales	33
3.1.5	Puntos georreferenciados.....	33
3.1.6	Sistema de abastecimiento.....	34
3.2	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA.....	41
3.2.1	Cantidad de análisis realizados	41
3.2.2	Análisis de la calidad del agua del sistema de abastecimiento	41
3.3	EVALUACIÓN HIDRÁULICA	46
3.3.1	Resultados de análisis de caudales	46
3.3.2	Volumen: tanque de almacenamiento.....	47
3.3.3	Resultados de topografía y perfiles	48
3.3.4	Resultados de evaluación hidráulica en EPANET	51

3.4	PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA DE MEJORAS	61
3.4.1	Captación y procesos de la PTAP según la calidad de agua.....	61
3.4.2	Conducción y PTAP según evaluación hidráulica	63
3.4.3	Almacenamiento	64
3.4.4	Distribución	64
3.4.5	Cantidades de obra, presupuesto y planos.....	64
3.5	Manual de operación y mantenimiento.....	65
4	sección 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
4.1	CONCLUSIONES.....	66
4.2	RECOMENDACIONES	67
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
	ANEXOS	73
	Anexo 1: EVIDENCIA DE ENSAYOS EN LABORATORIO DEL CICAM.....	73
	Anexo 2: CÁLCULOS DE PARÁMETROS DE DISEÑO	78
	Anexo 3: PRESUPUESTO ESTIMADO. (EPMAPS,2019)	89
	Anexo 4: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Sistema tradicional de abastecimiento de agua	5
Figura 2	Comportamiento nitrógeno en un medio acuático.....	6
Figura 3	Proceso de potabilización en planta pequeña de agua cruda de buena calidad.....	7
Figura 4	Sección interna del hipoclorador por goteo con flotador.	8
Figura 5	Delimitación de la Comuna Jurídica “Molino Alto”	29
Figura 6	Pirámide de la muestra poblacional de la comuna Molino Alto.....	30
Figura 7	Levantamiento topográfico de la comuna M.A.	33
Figura 8	Simbología presente en el levantamiento topográfico.....	34
Figura 9	Sistema de abastecimiento de la comuna M.A.....	34
Figura 10	Captación de agua en un manantial	35
Figura 11	Captación de la comuna M.A.	35
Figura 12	Ilustración de la tubería de conducción	36
Figura 13	Tubería de la conducción que llega a la planta de tratamiento.....	36

Figura 14 Tanque de almacenamiento.....	40
Figura 15 Red distribución M.A.	41
Figura 16 Simulación de la conducción en EPANET	54
Figura 17 RDAP actual de la comuna M.A. EPANET	55
Figura 18 Línea matriz de la nueva RDAP	57

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1 Sistemas principales	5
Tabla 2 Sistemas primarios.....	5
Tabla 3 Procesos frecuentes a realizar para la preservación de muestras de agua.....	9
Tabla 4 Requisitos físicos y químicos para agua potable	10
Tabla 5 Exigencias microbiológicas para agua potable	10
Tabla 6 Rangos permisibles para efluentes destinados al empleo humano	11
Tabla 7 Tipos de conducción	12
Tabla 8 Tipos de válvulas en la conducción	13
Tabla 9 Límites de velocidad, presión y diámetro	14
Tabla 10 Puntos de aforo de caudales	17
Tabla 11 Medición de diámetros de tuberías y tanque de almacenamiento	18
Tabla 12 Proceso de muestreo	19
Tabla 13 Puntos de muestreo	20
Tabla 14 Métodos y ensayos realizados en El Laboratorio Industrial de ASA	22
Tabla 15 Métodos y ensayos realizados por el CICAM.....	22
Tabla 16 Métodos y ensayos en la Secretaria del Ambiente	22
Tabla 17 Muestra poblacional de la comuna Molino Alto	30
Tabla 18 Promedio de miembros del núcleo familiar en Molino Alto	30
Tabla 19 Sectores socioeconómicos en la comuna Molino Alto	31
Tabla 20 Situación laboral de la comuna Molino Alto.....	31
Tabla 21 Actividad laboral en la comuna Molino Alto.....	31
Tabla 22 Cobertura de servicios básicos en la comuna Molino Alto	32
Tabla 23 Enfermedades comunes dentro de la población en Molino Alto	32
Tabla 24 Servicios dentro del agua potable que se necesita mejorar	32
Tabla 25 Resultado de aforo de caudales	33
Tabla 26 Registro fotográfico del estado actual de los elementos de la PTAP	38
Tabla 27 Sumatoria de parámetros analizados a lo largo del sistema de abastecimiento M.A.	41

Tabla 28 Resultados de parámetros analizados en la captación.....	42
Tabla 29 Resultados de parámetros analizados en el desarenador.....	43
Tabla 30 Resultados de parámetros analizados en los filtros.....	43
Tabla 31 Resultados de parámetros analizados en el tanque de distribución.....	44
Tabla 32 Resultados de parámetros analizados en el domicilio 1.....	45
Tabla 33 Resultados de parámetros analizados en el domicilio 2.....	46
Tabla 34 Población inicial y final.....	47
Tabla 35 Parámetros de consumo.....	47
Tabla 36 Resultado del perfil de la conducción.....	48
Tabla 37 Resultado del perfil de la línea matriz de la RDAP.....	49
Tabla 38 Resultados de la línea de conducción en EPANET.....	51
Tabla 39 Parámetros evaluados en la conducción.....	52
Tabla 40 Presiones estáticas en la conducción.....	53
Tabla 41 Composición de la línea matriz de la nueva RDAP.....	56
Tabla 42 Válvulas implementadas en la nueva RDAP (modelo estático y dinámico).....	58
Tabla 43 Resultado de la nueva RDAP (modelo estático con PBV).....	59
Tabla 44 Resultado de la nueva RDAP (modelo dinámico con VRP).....	60
Tabla 45 Constante K (mg/L) con remoción del 90% de Coliformes totales para plantas de tratamiento, con una temperatura de 10 °C y pH de 7.....	62

SIGLAS Y ABREVIATURAS

ASA	:	Agua y Saneamiento Ambiental
APHA	:	Asociación americana de salud pública
AWWA	:	Asociación americana de obras de agua
CPE INEN 5	:	Código de Práctica Ecuatoriano: normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales
EMAAP-Q	:	Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable Quito
EPMAPSQ	:	Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento Quito
ESFOT	:	Escuela de Formación de Tecnólogos
EPN	:	Escuela Politécnica Nacional
INEC	:	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INEN	:	Instituto Ecuatoriano de Normalización
LMP	:	Límite Máximo Permisible
M.A.		Molino Alto
MSP	:	Ministerio de Salud Pública
NTE INEN 1108	:	Norma Técnica Ecuatoriana: Agua potable “requisitos”
NTE INEN 2169	:	Norma Técnica Ecuatoriana: Agua. calidad del agua. muestreo. manejo y conservación de muestras
OMS	:	Organización Mundial de la Salud
OPS	:	Organización Panamericana de la Salud
TULSMA	:	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
WEF	:	Federación de Medio Ambiente y Agua

RESUMEN

En este proyecto de titulación se realizó la evaluación del sistema de abastecimiento de la comunidad Molino Alto del Quinche, en cuanto a sus características hidráulicas y calidad de agua. Se realizó el levantamiento de información base obteniendo documentos de la comunidad y tomando encuestas.

Se realizaron visitas de campo para reconocer el sistema desde la etapa inicial de captación hasta la etapa final de la distribución, e inspeccionar su funcionamiento, operación y mantenimiento actual, también se recopilaron datos de las obras hidráulicas existentes en la planta de tratamiento de agua.

Para la evaluación hidráulica de la conducción y distribución actual se realizaron esquemas en programas de simulación, y, para el análisis de la calidad del agua desde la captación hasta la red de distribución se realizaron ensayos físicos, químicos y microbiológicos. Se observó que la conducción funciona adecuadamente, no obstante, en la distribución no se encuentra funcionando correctamente, esto se analiza según normativa EMAAP-Q. La calidad del agua cruda es óptima, mientras que el agua potable es inadecuada según normativa NTE INEN 1108 y el TULSMA. Las estructuras de la captación y de la planta de tratamiento necesitan ser reparadas, las operaciones unitarias de tratamiento no funcionan adecuadamente evidenciando la proliferación de algas.

Se realizaron cálculos a partir de modelos matemáticos conocidos, se elaboraron los planos (únicamente de la distribución) y un manual con la finalidad de proponer mejoras para operación y mantenimiento que contribuyan al adecuado funcionamiento del sistema de abastecimiento. Esta propuesta incluye un presupuesto estimado que comprende costos de construcción, transporte, materiales y cantidades de obra. La colaboración de los dirigentes y miembros de la comunidad M.A facilitó la aplicación de encuestas, así como la logística In situ, toma de muestras y recorridos en campo para llevar a término este plan de titulación.

PALABRAS CLAVE: agua, operación, mantenimiento, abastecimiento, conducción, distribución.

ABSTRACT

In this degree project, the evaluation of the supply system of the Molino Alto del Quinche community was carried out, in terms of its hydraulic characteristics and water quality. The collection of basic information was carried out, obtaining documents from the community and taking surveys.

Field visits were made to recognize the system from the initial stage of capture to the final stage of distribution, and inspect its current operation, operation and maintenance, data were also collected from the existing hydraulic works in the in the water treatment plant.

For the hydraulic evaluation of the current conduction and distribution, schemes were made in simulation programs, and, for the analysis of water quality from the catchment to the distribution network, physical, chemical and microbiological tests were carried out. It was observed that the driving works properly, however, in the distribution it is not working correctly, this is analyzed according to EMAAP-Q regulations. The quality of raw water is optimal, while drinking water is inadequate according to NTE INEN 1108 and TULSMA regulations. Catchment and treatment plant structures need to be repaired, unitary treatment operations do not work properly evidencing the proliferation of algae.

Calculations were made from known mathematical models, the plans (only of the distribution) and a manual were elaborated in order to propose improvements for operation and maintenance that contribute to the proper functioning of the supply system. This proposal includes an estimated budget comprising construction costs, transportation, materials and quantities of work. The collaboration of the leaders and members of the MA community facilitated the application of surveys, as well as on-site logistics, sampling and field trips to carry out this titling plan.

KEYWORDS: water, operation, maintenance, supply, conduction, distribution.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Los dirigentes de la comunidad M.A. se contactaron con la ESFOT-EPN, debido a la necesidad de mejoras a su sistema de abastecimiento, solicitando la repotenciación de la red de distribución, y, el análisis de calidad de agua en las operaciones unitarias de tratamiento, dado que este se opera desde hace 20 años, y no cuentan con personal calificado para operar y mantener el sistema.

En este territorio no se ha realizado un Plan de Ordenamiento Territorial (POT) que permita conocer las características demográficas de la población, sólo tienen documentos de la junta de agua referentes a el caudal de concesión (cantidad de agua que tienen derecho para uso y aprovechamiento para consumo humano), y, archivos con levantamiento topográfico de la comunidad. La comuna requiere como resultado un manual de operación y mantenimiento del sistema.

Ubicación geográfica

La provincia de Pichincha, en la zona norte del Ecuador, presenta cobertura de agua potable de noventa y cuatro por ciento aproximadamente en el área urbana y con baja concentración en sectores rurales en donde se abastecen por medio de ríos, tanqueros, pozos, agua entubada y gestionan este servicio mediante juntas de agua. (SENPLADES, 2014)

Al nororiente del cantón Quito, perteneciente a la provincia de Pichincha, se ubica la parroquia rural del Quinche compuesta por pequeños asentamientos a la cual pertenece la comuna jurídica Molino Alto ubicada al oriente de esta parroquia, esta comunidad fue fundada el 13 de septiembre de 1995. (GADQUINCHE, 2020)

Planteamiento del problema

El agua es indispensable para la existencia de la vida, este recurso permite al ser humano cubrir sus necesidades básicas, en consecuencia, se comprende que es un derecho humano fundamental para la salud, alimentación y vivienda, sin embargo, escasea debido al cambio climático y contaminación que afecta directamente a su calidad, por ello es importante el tratamiento y cobertura del suministro potable. (OPS, 2012)

El paupérrimo servicio de saneamiento y abastecimiento de agua potable en Latinoamérica comprende en su mayoría a zonas rurales, esto se relaciona directamente con problemas que influyen en el cumplimiento de estrategias para la gestión y acceso seguro al agua de estos sectores. Ecuador no es la excepción. (UNESCO, 2020)

La deficiente organización en el crecimiento poblacional ocasiona una mala distribución del recurso hídrico en la ruralidad, factor que dificulta el acceso a fuentes de agua confiables, y, a su vez, su cobertura, lo cual deriva en la existencia de enfermedades afectando la salud y calidad de vida humana. (OPS-OMS, 2019)

Una zona rural que no contaría con gestión segura del agua potable es el M.A., su sistema de abastecimiento está compuesto por la captación, una planta de tratamiento simple que comprende un sedimentador, dos filtros y cloración por goteo mediante la dilución de hipoclorito de sodio, un tanque de almacenamiento y por la distribución. En la actualidad este sistema de abastecimiento de agua potable presenta inconvenientes que deben ser analizados con base en evaluación hidráulica y análisis de calidad de agua.

Justificación

El agua es un elemento esencial para la vida que permite el equilibrio del medio ambiente y del ser humano, su función engloba todos los procesos y aplicaciones en la naturaleza, siendo un componente principal en las actividades de producción en industrias, por lo que su escasez puede afectar a la economía, provisión de alimentos y todo lo relacionado a necesidades básicas de los países. También es imprescindible en el suministro y abastecimiento a ciudades y zonas rurales para consumo humano, fines laborales y recreacionales, inclusive en la gestión de residuos, el sector médico y farmacéutico para control, disminución de enfermedades y conservación de nuestro hábitat. (ACNUR, 2019)

Este proyecto responde al problema de gestión insegura del abastecimiento de agua, el cual pretende aportar a la comunidad un adecuado servicio. Para ello, se realizará la evaluación hidráulica correspondiente según la normativa vigente de la EMAAP-Q para diseño de sistemas de agua potable, y el análisis de calidad de agua potable según la norma NTE INEN 1108, y del TULSMA, con los resultados obtenidos se propondrán mejoras que potenciarán este sistema, cumpliendo con la normativa vigente.

Alcance

En este trabajo de titulación se pretende realizar la evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento de la comuna M.A., en la etapa de conducción y de distribución, partiendo de la norma de la EMAAP-Q que define parámetros para diseño de sistemas de abastecimiento aplicables a comunidades rurales pequeñas como para el M.A., se realizará una evaluación hidráulica de presiones del sistema. (EMAAP-Q, 2008)

Además, se realizará una comparación del agua potable con la norma técnica NTE INEN 1108 de calidad y el Anexo I Libro VI del TULSMA para comprobar el cumplimiento de LMP

para agua de consumo humano, la caracterización de parámetros ayuda a definir el tratamiento de agua a realizar en la propuesta de mejoras. (INEN, 2020)

OBJETIVOS

Objetivo general

Proponer mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable en la comuna “Molino Alto” ubicado en el Quinche.

Objetivos específicos

Realizar el levantamiento de la información base del sistema de abastecimiento.

Analizar la calidad del agua en los procesos de tratamiento.

Efectuar la evaluación hidráulica del sistema desde la planta de tratamiento hasta la distribución.

Elaborar la propuesta de mejora para el sistema de abastecimiento.

SECCIÓN 1: MARCO TEÓRICO

1.1 FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Las fuentes de abastecimiento de agua cruda pueden ser superficiales (lagos, ríos y agua lluvia) o subterráneas (acuíferos, manantiales y vertientes), según la naturaleza de la hidrogeología de una región. Las aguas superficiales son captadas por medio de embalses, bocatomas y represas, se encuentran en contacto directo con la atmósfera lo cual hace que su calidad natural no sea óptima para consumo humano, en cambio las aguas subterráneas presentan una mejor calidad natural debido a que están aisladas de la contaminación por las capas del suelo y son captadas a través de pozos y galerías de infiltración. (De La Cruz, 2020)

Según el Art. 117 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua para la explotación del agua subterránea se deberá contar con la respectiva licencia otorgada por la Autoridad Única del Agua. Para gestionar la misma, el solicitante interesado se deberá regir a los procedimientos descritos en el artículo N° 118 y 119 de dicha ley. (GARCIA, GOMEZ, & BILBAO, 2011)

El consumo de agua proveniente de fuentes con características desconocidas puede generar enfermedades e inclusive la muerte, por ello actualmente se realizan estudios técnicos con base a particularidades de población, localización, recursos económicos, cantidad y calidad requerida para seleccionar la fuente de agua segura y disponible para consumo humano. (ONU, 2015)

El agua constituye un bien público y su adecuado suministro es un componente esencial para las condiciones de vida y trabajo de un territorio, tanto urbano como rural. (Tuesca Molina & Ávila Rangel, 2015)

1.1.1 Sistemas de abastecimiento de agua

Un sistema de abastecimiento de agua, tanto para poblaciones grandes como para pequeñas, inicia en la fuente, seguido de la obra de captación, conducción, tratamiento o potabilización, almacenamiento y distribución como expresa la figura 1. La base del diseño de un sistema es la cantidad de agua a ser suministrada, por ello se debe tomar en cuenta las necesidades poblacionales evaluando las condiciones y topografía del lugar. (López Cualla, 2004)



Figura 1 Sistema tradicional de abastecimiento de agua

La selección de la fuente de abastecimiento depende de la disponibilidad de agua, del tamaño de la población, caudal requerido demandado, presupuesto y facilidad de manejo y mantenimiento. (López Cualla, 2004)

La tabla 1 muestra la clasificación de captación y conducción en sistemas principales para poblaciones pequeñas y organizadas, mientras que la tabla 2 muestra los sistemas primarios recomendables para comunidades rurales por su facilidad de implementación, operación, manejo, y bajo costo, ambos sistemas obedecen al tipo de fuente elegida, sea esta superficial o subterránea. (López Cualla, 2004)

Tabla 1 Sistemas principales

Captación	Flujo en conducción
Gravedad	a superficie libre o forzada
Bombeo	a superficie libre o forzada

Fuente: (López Cualla, 2004)

Tabla 2 Sistemas primarios

Captación	Pozos superficiales	Manantial	Galería de Infiltración
Gravedad	Acuífero artesiano confinado	Capa superficial permeable	-
Bombeo	Acuífero Infiltración superficial (excavado o no confinado)	-	Superficial o profunda

Fuente: (López Cualla, 2004)

1.2 CALIDAD DE AGUA

De manera general la calidad de agua se determina realizando comparaciones de análisis físicos, químicos y microbiológicos con los rangos de las normativas vigentes, para el caso

del agua potable, las normas aseguran agua limpia y saludable para el consumo humano, de esta manera se protege la salud de las personas que la consumen, estas normas se basan por lo general en niveles de toxicidad científicamente aceptables para el consumo tanto humano como para los organismos acuáticos existentes en el agua. (ONU, 2015)

1.2.1 Nutrientes

Los nutrientes comprenden elementos que son indispensables para el desarrollo de plantas acuáticas y protistas, para evitar presencia de contaminantes por nutrientes en el agua los más importantes a analizar son el nitrógeno y fósforo. Los nitritos se encuentran por lo general en aguas provenientes de acuíferos y aguas superficiales en rangos menores a 0.1 mg/L, los nitratos son convertidos en proteína mientras que el fósforo se encuentra de manera más frecuente como Ortofosfatos, poli fosfatos, fósforo orgánico. (Espinoza, 2019)

Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno se presenta en la atmósfera de forma común como nitritos, nitratos, nitrógeno orgánico y amonio a su vez estos iones se pueden presentar en el medio acuático por consecuencia de, excretas animales, descomposición natural de la materia biológica, fijación de nitrógeno por los procariontes, entre otros, como indica la figura 2. Las actividades humanas han alterado el ciclo natural del nitrógeno y han generado consecuencias en los ecosistemas acuáticos como acidificación de ríos con valores bajos de alcalinidad, escorrentía de filtración, contaminación antropogénica, eutrofización y proliferación de algas. (Camargo & Alonso, 2017)

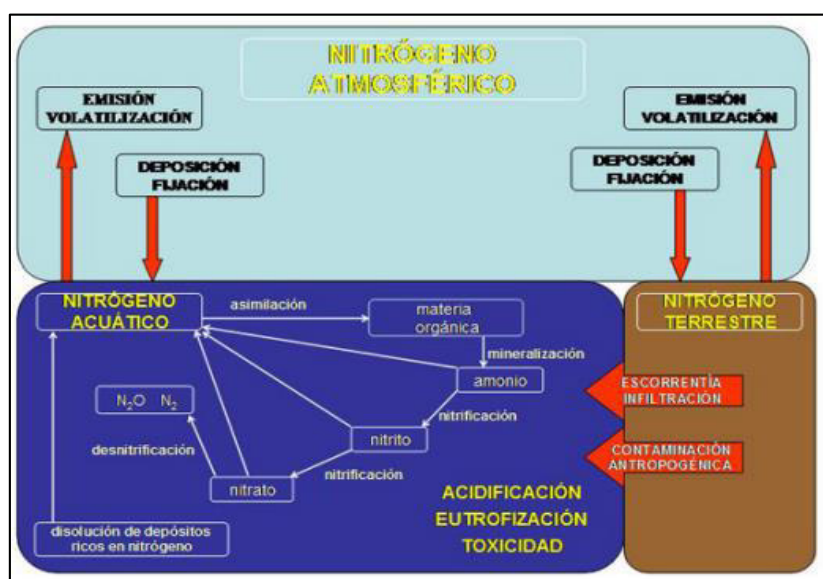


Figura 2 Comportamiento nitrógeno en un medio acuático

Fuente: (Camargo & Alonso, 2017)

1.2.2 Características del agua potable

Para que el agua se considere como potable debe cumplir con ciertas características físicas, químicas y microbiológicas que se encuentran establecidas por la legislación interna de cada país y deben ser cumplidas para garantizar el derecho al agua potable de los usuarios. En el Ecuador la normativa vigente es NTE INEN 1108:2020 la cual establece los parámetros de calidad para el agua potable de consumo humano. (INEN, 2020)

En función de lo que establece la OMS las características que debe cumplir el agua para que se le considere potable son las siguientes: ser limpia y segura, incolora, inodora, insípida, no debe tener elementos en suspensión, contaminantes orgánicos ni microorganismos patógenos. (Astillero, 2019)

1.2.3 Procesos de tratamiento

La potabilización es un proceso que ayuda a transformar el agua cruda en apta para consumo de los humanos, estos procesos pueden ser simples (primario con desinfección) o complejos con operaciones unitarias más sofisticadas como la aireación, oxidación, floculación, sedimentación, filtración y cloración. (CONAGUA, 2007)

Procesos de potabilización del agua: en el tratamiento preliminar o pretratamiento se remueven elementos acuáticos y residuos que pueden dañar los equipos, estos procesos son cribados, pretratamientos químicos y pre sedimentación, se encuentran antes de la planta de tratamiento y dependerán de la calidad del agua captada de la fuente. (AWWA, 2017)

El tratamiento mínimo necesario para plantas pequeñas en comunidades rurales es simple, compuesto por procesos unitarios de sedimentación, filtración lenta y desinfección, que permitan la remoción y reducción de sólidos sedimentables (sedimentación), sólidos finos y la mayoría de microorganismos (filtración), eliminación y exterminio de organismos patógenos (desinfección), como se muestra en la figura 3. (AWWA, 2017)

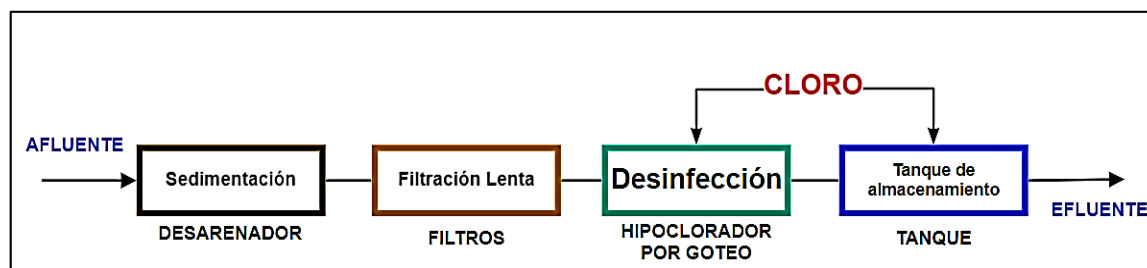


Figura 3 Proceso de potabilización en planta pequeña de agua cruda de buena calidad.

La eficiencia del sistema dependerá de una adecuada operación y un correcto mantenimiento de sus instalaciones. (AWWA, 2017)

Hipoclorador por goteo con flotador

El hipoclorador consta de accesorios PVC, un tanque de 600 l (medida estándar) que contiene la solución madre de hipoclorito de calcio al 70%, en su interior contiene un flotador. La solución clorada ingresa por una manguera de manera constante, la manguera es conectada a una tubería PVC que descarga la solución en el tanque reservorio del agua cruda. En el exterior se coloca un flotador que regula el volumen del tanque interrumpiendo el flujo cuando se llene, como muestra la figura 4. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2016)

Una de las ventajas de este sistema es la dosificación constante de cloro para un ingreso de caudal constante en el tanque de almacenamiento, la dosis se debe calcular previamente, con apoyo de la ecuación correspondiente que se presentará en la metodología del presente trabajo. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2016)

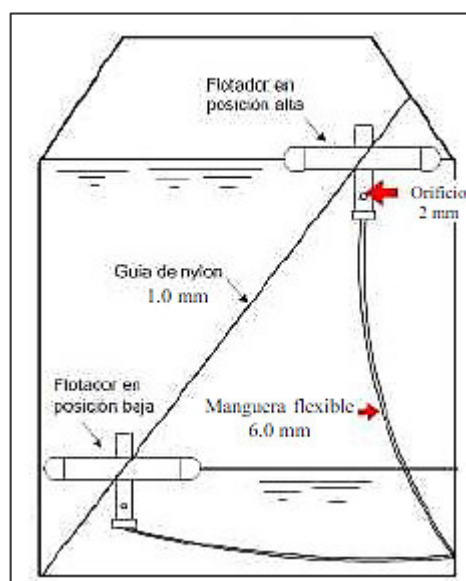


Figura 4 Sección interna del hipoclorador por goteo con flotador.

Fuente: (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2016)

1.2.4 Calidad de agua marco normativo y político

En cuanto a políticas y normativas que se enmarcan se debe mencionar a los preceptos vigentes establecidos tales como la Constitución de la República del Ecuador 2008, Leyes y Códigos Orgánico, TULSMA del 2015 acuerdo ministerial 097, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 entre otros documentos reglamentados dentro del territorio ecuatoriano para la calidad de agua de consumo humano. Documentos reglamentados dentro del territorio ecuatoriano que se enfocan en garantizar un consumo de agua apto para los humanos. (INEN, 2020)

1.2.5 Análisis de la calidad del agua según la normativa aplicable

Se debe conocer el uso que se le dará al agua. Será este requerimiento el que determine los parámetros a analizar debido que, en función de los mismos, se podrá clasificar si el agua es de consumo humano, riego, uso agrícola, etcétera. (SEGURA & PEDRO, 2009)

Por lo que la calidad de agua se la define según las características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas que se evalúan mediante ensayos de laboratorio y los resultados obtenidos son comparados con valores de referencia en tablas que especifican el uso que se le puede dar al agua según sus características específicas. (García, 2019)

1.2.6 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2169 muestreo, manejo y conservación de muestras

Esta normativa insta técnicas y cautelas a tomar en cuenta en la toma, transporte y conservación de muestras de agua, el alcance de esta normativa abarca al agua que deben ser examinadas en el laboratorio debido a que no se puede obtener el resultado de un parámetro in-situ. Para el presente estudio se utilizó la Tabla 3. Procesos frecuentes a realizar para la preservación de muestras de agua. (INEN, 2013)

Tabla 3 Procesos frecuentes a realizar para la preservación de muestras de agua

Parámetro	Tipo de recipiente	Volumen típico (mL) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo de preservación	Comentarios
Cloro residual	P o V	500		5 min	Se debe medir en el campo una vez tomada la muestra
(DBO)	P o V	1 000 Asegurarse de llenar el recipiente completamente	Refrigerar a 1 °C y 5 °C	24 h	Preservar en la oscuridad y refrigerar
	P	1 000	Congelar a -20 °C	1 mes	
DQO	P o V	100	Ajustar pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄	1 mes	6 meses
	P	100	Refrigerar a -20 °C	1 mes	6 meses
Hierro, total	P previamente lavado con ácido	100	Ajustar pH 1 a 2 con HNO ₃ .	1 mes	
Nitrito	P o V	200	Refrigerar 1 °C y 5 °C.	24 h	Hasta 2 días para realizar en ensayo
Nitrato	P o V	250	Refrigerar 1 °C y 5 °C.	24 h	
	P o V	250	Ajustar pH 1 a 2 con HCl	7 días	
	P	250	Refrigerar a -20 °C.	1 mes	

Sulfitos	P o V	500 Se debe llenar el recipiente en su totalidad		2 días	Utilizar solución EDTA 2.5% para preservar
----------	-------	-----------------------------------------------------------	--	--------	--------------------------------------------------

Fuente: (INEN, 2013)

1.2.7 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1108 requisitos para agua de consumo humano.

Norma técnica de Ecuador que instaura los menesteres que debe tener el agua potable de empleo humano, a su vez es una adaptación a las guías propuestas por la OMS sobre la calidad de agua potable. La normativa fue aprobada mediante la resolución No. 475 del 01-abril-2020 y está basada en las normas de regencia tales como APHA, AWWA y WEF según su última edición. En el trabajo realizado se tomaron en cuenta los ensayos presentados en las Tablas 4 y 5. (INEN, 2020)

Tabla 4 Requisitos físicos y químicos para agua potable

Parámetro	Unidad	Límite permitido ^b	Método de ensayo ^c
Arsénico	mg/L	0,01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standard Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standard Methods 4500 Cl ⁻
Cobre	mg/L	2,0	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo (cromo total)	mg/L	0,05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standard Methods 4500-F ⁻
Mercurio	mg/L	0,006	Standard Methods 3112
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	50,0	Standard Methods 4500-NO ₃ ⁻
Nitritos (como NO ₂ ⁻)	mg/L	3,0	Standard Methods 4500-NO ₂ ⁻
Plomo	mg/L	0,01	Standard Methods 3113
Turbiedad ^a	NTU	5	Standard Methods 2130

^a Se conoce también como *Turbidez*.
^b Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear números indicadas en NTE INEN 52.
^c En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

Fuente: (INEN, 2020)

Tabla 5 Exigencias microbiológicas para agua potable

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Método de ensayo ^a
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia	Standard Methods 9221 ^b Standard Methods 9222 ^c
<i>Cryptosporidium</i>	Número de ooquistes/ L	Ausencia	EPA 1623
<i>Giardia</i>	Número de quistes/ L	Ausencia	EPA 1623

^a En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.
^b La ausencia corresponde a "< 1,1 NMP/100 mL".
^c La ausencia corresponde a "< 1 UFC/100 mL".

Fuente: (INEN, 2020)

1.2.8 Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente Libro VI, ANEXO I – (TULSMA)

Normativa técnica ambiental de obligatoria ejecución en todo el territorio nacional, indica entre otras cosas los rangos mínimos y máximos según los parámetros de calidad de agua para los diferentes tipos de agua y está bajo la tutela del Reglamento a la Ley de Gestión y la Ley de Gestión Ambiental. En el presente estudio se utilizó la Tabla 6 que especifica los rangos permisibles de agua destinada a consumo humano y doméstico. (TULSMA, 2015)

Tabla 6 Rangos permisibles para efluentes destinados al empleo humano

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino, Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Fluoruro	F ⁻	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

Fuente: (TULSMA, 2015)

1.3 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

1.3.1 Caudales

El análisis de las variaciones de consumo (caudales) se debe realizar en función de la población actual y futura, considerando la dotación según el clima de la zona, este análisis es relevante para la evaluación hidráulica, dado que son la base para realizar cálculos de obras hidráulicas. (INEN, 1997)

Población Futura

El período de diseño corresponde al tamaño del territorio, en obras civiles de agua potable este tiempo es de 20 a 30 años. Para calcular la población futura se debe realizar proyecciones de crecimiento empleando al menos tres métodos conocidos (lineal, geométrico y logarítmico). (INEN, 1997)

EMAAP-Q (2008) menciona que, para calcular la población futura se utilizarán estudios según los criterios de normativa vigente, en caso de parroquias rurales se justificará debidamente el uso de un modelo de proyección matemático con base en la información poblacional actual.

Dotación

Es la cantidad de agua retribuida por habitante para cubrir su consumo, se estima a partir de condiciones climáticas de la zona, se expresa en litro por habitante por día. (INEN, 1997)

Variaciones de Consumo

- a. **Caudal medio diario (Qm):** consumo medio en 24 horas, como consecuencia de una evaluación de consumos diarios en un año, se expresa en litros por segundo. (INEN, 1997)
- a. **Caudal máximo diario (QMD):** consumo máximo en un día, también evaluado como el día de mayor consumo registrado durante el transcurso del año, se expresa en litros por segundo. (INEN, 1997)
- b. **Caudal máximo horario (QMH):** consumo máximo en una hora, evaluado como la hora donde el gasto es mayor en un día registrado durante el transcurso del año, se expresa en litros por segundo. (INEN, 1997)

Caudal de demanda

El método de longitudes equivalentes es usado para el cálculo de caudales de demanda en cada punto de la conexión domiciliaria, donde se supone una distribución proporcional a la longitud de la tubería matriz alimentada. (López Cualla, 2004)

1.3.2 Conducción de agua y accesorios

Conducción

La conducción se forma por tuberías, válvulas y accesorios que transportan el agua cruda desde la captación hasta la planta de tratamiento. (EMAAP-Q, 2008)

Se recomienda la utilización de canales cerrados dado que no se tiene exposición a contaminantes y son de fácil mantenimiento, en caso de ser abiertos deben estar protegidos de forma adecuada. La tabla 7 muestra los tipos de conducción.

Tabla 7 Tipos de conducción

Tipo	Conducción
Conducto cerrado	a superficie libre
Presión	bombeo o gravedad

Fuente: (EMAAP-Q, 2008)

Para realizar el análisis hidráulico de la conducción se deben usar programas de simulación compatibles con criterios según la EMAAP-Q.

Las válvulas son componentes que cumplen con la función de controlar el flujo dentro de un tramo de tubería, varían dependiendo del tipo de mecanismo que utilizan para obstruir el flujo que pasa por esta. La tabla 8 muestra la función de las válvulas.

Tabla 8 Tipos de válvulas en la conducción

Válvula	Función
Aire	En la conducción deben instalarse en puntos de tubería donde exista acumulación de aire, y en puntos altos a cada extremo de un desagüe, verificando la remoción hidráulica del aire, llenado de la línea, y condiciones de trabajo de las purgas.
Purga	En la conducción deben instalarse en todos los puntos bajos para drenar la tubería.
Corte	En la conducción deben instalarse este tipo de válvulas al inicio y al final de la línea para regular la circulación del fluido.

Fuente: (EMAAP-Q, 2008)

1.3.3 Almacenamiento

Tanque de Almacenamiento

La principal función de los tanques de almacenamiento o reservorios es preservar la calidad, cantidad y continuidad de la distribución del agua en tiempos de mayor consumo y emergencias, el tamaño de la población determina su volumen. Para calcular este volumen se debe utilizar el QMD en un método matemático conocido. (ARCA, 2016)

1.3.4 Distribución de agua y accesorios

Red de distribución de agua potable (RDAP)

La RDAP se forma por tuberías, válvulas y accesorios que conducen el fluido desde el tanque hasta el consumidor, asegurando la calidad, cantidad y continuidad del servicio de agua potable. (ARCA, 2016)

El caudal de diseño de la RDAP es el QMH teórico futuro. (INEN, 1993)

Trazado de la RDAP: para trazar la red principal es necesario comprender características topográficas del asentamiento poblacional actual y futuro, además de las particularidades geológicas, deslizamientos, inundaciones y amenaza sísmica. Otros factores determinantes son los puntos de mayor consumo y los centros de masa. (EMAAP-Q, 2008)

Línea Matriz de la RDAP: es la unión entre el almacenamiento y la RDAP, transporta el fluido a puntos de ingreso de la red, se debe considerar que el trazado, caudales y presiones de servicio dependen del diseño de la línea. (López Cualla , 2000)

Configuración hidráulica de la RDAP: inicia de mayor a menor diámetro para poblaciones pequeñas, por lo general su forma es irregular, la tubería principal en el diseño hidráulico se representa como una red abierta en zonas rurales. (López Cualla , 2000)

Presión en la RDAP: en la distribución la presión de diseño es el valor máximo entre la presión estática máxima del perfil trazado y la sobrepresión máxima ocasionada por el golpe de ariete, es decir, la suma entre presión de trabajo y presión residual del golpe ariete. Además, es necesaria para definir la presión de servicio de la tubería. La presión de servicio de la tubería (presión de red), debe tener un valor mayor que el valor de la presión de diseño, a esta última se aumenta un factor de seguridad igual a 1.3 (López Cualla, 2004, pág. 216)

Válvulas de rotura de carga (PBV)

Las PBV obligan a que la caída de presión en la válvula sea siempre un valor determinado, es decir la consigna requerida entre un punto aguas arriba y aguas abajo de la válvula, de este modo controla la presión que circula por ella. (Pérez García, 1993)

Válvulas reductoras de presión (VRP)

Las VRP limitan la presión en un punto de la red que este sobre un tramo de tubería, es decir mantienen la presión aguas abajo en un valor determinado (presión de tarado), dependiendo del modelo funcionan sin que el caudal circule, siempre que este valor sea menor a la presión aguas arriba. (Pérez García, 1993)

Si la presión aguas abajo supera el valor de la presión de tarado o el valor de la presión aguas arriba la VRP procede como una válvula de retención interceptando el flujo en sentido inverso. (Pérez García, 1993)

1.3.5 Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño según la EMAAP-Q, se muestran en la tabla 9, considerando que en la distribución el límite de velocidades se debe cumplir en las tuberías de la línea matriz, y, que los diámetros corresponden a los nominales de tuberías comerciales admitidas para el diseño. En caso de no cumplir estos valores se debe justificar debidamente.

Tabla 9 Límites de velocidad, presión y diámetro

Conducción		Distribución	
Velocidad mínima	0.45 m/s	Velocidad mínima	0.45 m/s

Velocidad máxima	4 m/s	Velocidad máxima	3 m/s
Presión mínima	-	Presión mínima	10 m.c.a (dinámica)
Presión máxima	60 m.c.a	Presión máxima	60 m.c.a (estática)
Diámetro mínimo \varnothing	≥ 50 mm (2" pulg)	Diámetro mínimo \varnothing	50 mm (2" pulg)
Pendiente mínima	En función de velocidad	Profundidad mínima	1.2 m desde clave tubo – superficie terreno
Pendiente máxima	En función de velocidad	Profundidad máxima	1.50 m sobre clave tubo
Presión mínima	5 m.c.a Para válvulas y accesorios en conducción y distribución.		

Fuente: (EMAAP-Q, 2008)

SECCIÓN 2: METODOLOGÍA

2.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA

Se realizó una visita técnica en la que se mantuvo una reunión con los dirigentes de la comunidad M.A. y con el personal administrativo de la parroquia del Quinche con el fin de hacer un recorrido en campo, análisis descriptivo, visualización, inspección y registro fotográfico que permita el reconocimiento de operación, funcionamiento y mantenimiento del sistema de abastecimiento, así como el estado actual de instalaciones de la planta de agua, la cual no cuenta con datos técnicos específicos de construcción, operación, ni mantenimiento, por ello se coordinó y efectuó una entrevista con el operador de la planta. Las evidencias fotográficas se encuentran en el Anexo 4.

2.1.1 Levantamiento de puntos georreferenciados

Se mantuvo una reunión con la directiva de la comuna, en donde proporcionaron documentación y el levantamiento topográfico del poblado. Técnicos contratados por la directiva de la comuna realizaron el levantamiento de la topografía del lugar desde la fuente de abastecimiento hasta la entrada al poblado.

En consecuencia, se utilizó este levantamiento que cubre desde la captación hasta la red de distribución, dichos puntos topográficos se encontraban en el Software de diseño AutoCAD, en donde constan la línea de conducción y la línea matriz de distribución con sus ramificaciones, entre otras simbologías de interés para los fines pertinentes del estudio.

2.1.2 Toma de encuestas

Para recopilar información acerca de la situación actual en la comuna M.A se realizaron encuestas que contaban con preguntas sobre agua, saneamiento e higiene a moradores de la comuna en función de la información requerida acerca de la población, siguiendo el programa de encuestas de monitoreo del abastecimiento del agua, el saneamiento y la higiene de la OMS. (OMS & UNICEF, 2018)

En una sesión programada por la junta directiva de la comunidad, se aplicaron las encuestas a 54 representantes del núcleo familiar de un total de 76. Al finalizar se recopilaron todas las encuestas físicas para su tabulación.




Las encuestas fueron tabuladas utilizando la herramienta Excel para facilitar el proceso con ayuda de gráficos representativos de los resultados de cada pregunta para su análisis dinámico y sencillo, a través de estos datos se constató el nivel de satisfacción de servicios

básicos de los moradores, y se realizaron cálculos de población y dotación como sustento de la evaluación hidráulica.

2.1.3 Aforo de caudales

Para la medición de caudales primero se establecieron los puntos de interés para encontrar los caudales que atraviesan cada una de las operaciones unitarias de la planta de tratamiento y los caudales que están ingresando al tanque de almacenamiento, luego se utilizó un medidor ultrasónico de caudales que permitió medir a través de un sensor el flujo en tuberías. La tabla 10 muestra el procedimiento y los puntos medidos.

Tabla 10 Puntos de aforo de caudales





Punto	Descripción	Evidencia
1	Tubería de entrada a la planta	
2	Tubería de filtros	
3	Tubería de entrada a Tanque de almacenamiento	

2.1.4 Estructuras

Para el levantamiento de información en la planta de tratamiento primero se realizó un recorrido en campo, inspección visual y registro fotográfico en donde se identificaron las obras hidráulicas que componen las operaciones unitarias de tratamiento.

Luego se midieron diámetros de las tuberías del sistema actual con un medidor ultrasónico, y dimensiones (altura y diámetro) del tanque de almacenamiento con la ayuda de un flexómetro, en la tabla 11 se muestran las tuberías medidas.

Tabla 11 Medición de diámetros de tuberías y tanque de almacenamiento

Punto	Descripción	Evidencia
1	Tubería de entrada a la planta	
2	Tubería de filtros	
3	Tubería de entrada a Tanque de almacenamiento	
4	Tanque almacenamiento	

2.2 CALIDAD DEL AGUA

2.2.1 Plan de muestreo

Para comprobar el estado actual del agua de la comunidad M.A. se realizó un plan de muestreo, apoyados por la norma técnica NTE INEN 2169, la cual es una referencia para muestreo, manejo y conservación de muestras.

Es así que se generó el plan de muestreo, plasmando entonces, el alcance que se cubriría, los sitios de estudio tomando en cuenta toda la línea de abastecimiento es decir desde la captación hasta la distribución, listado de parámetros a analizar basados en las normativas vigentes TULSMA y NTE INEN 1108 para agua cruda y agua potable respectivamente. Se estableció el protocolo y fases de muestreo, equipamiento necesario mediante previa reunión con los encargados del laboratorio de Tecnología Industrial de ASA y CICAM y metodología de la colecta, transporte y conservación de muestras, el plan de monitoreo se encuentra adicionado en un archivo pdf con nombre PLAN DE MONITOREO M.A

2.2.2 Muestreo

Durante la etapa de muestreo se utilizó la metodología recomendada en la normativa técnica vigente ecuatoriana, NTE INEN 2169, que describe los procesos para la toma de muestras en aguas superficiales, esto con el fin de garantizar la confiabilidad y la calidad de los resultados expuestos en el presente proyecto de titulación. En la tabla 12 se describen los materiales, insumos y reactivos químicos utilizados para el proceso de toma y preservación de la muestra.

Tabla 12 Proceso de muestreo

Tipo de análisis	Insumos y materiales	Preservación de muestra
Análisis Microbiológico	Envase estéril de polietileno de alta densidad (150 ml)	conservado en frío a 4°C Tiosulfato
Análisis físico-químico	Botella de vidrio ámbar (1000 mL)	conservado en frío a 4°C Ácido Sulfúrico (DQO, nitrógeno total Kjeldahl, Ortofosfatos)

Fuente: (INEN, 2013)

Puntos de muestreo

Posterior a la visita técnica realizada a la zona de estudio, se determinaron varios puntos para la toma de muestra. Estos puntos de muestreo proporcionaron el volumen de muestra por

cada punto y por cada parámetro requerido, que a su vez permitieron describir la calidad del agua usada por la comunidad M.A.

El recurso hídrico fue monitoreado durante todo el sistema de abastecimiento de agua, es decir, se tomaron muestras en: zona de captación, entrada a la planta de tratamiento, durante el tratamiento de potabilización, salida de la planta de tratamiento, así como también en zonas que reciben el servicio de agua potable. En la tabla 13 se describen las estructuras hidráulicas, de las cuales se tomaron muestras para el análisis de calidad de agua.

Tabla 13 Puntos de muestreo

Descripción	Punto de muestreo
Captación	1
Desarenador	2
Divisor de caudal	3
Filtros	4
Tanque de Distribución	5
Domicilio 1	6
Domicilio 2	7

Toma de muestras

La toma de muestras se realizó partiendo desde el concepto de un muestreo simple, es decir, se recolectaron muestras de 1 litro, para análisis físico-químico, y muestras de 150 ml, para el análisis microbiológico; estas muestras fueron tomadas en cada uno de los puntos determinados anteriormente. Tras la toma de muestras, se adicionaron los reactivos químicos necesarios para la preservación de las mismas, así como también, se dispuso los frascos llenos dentro de una nevera a 4 °C. Para así garantizar que las muestras tomadas no pierdan sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas en el transcurso del tiempo.

Al finalizar el proceso de muestreo fueron captadas, etiquetadas, preservadas y transportadas 22 muestras, que fueron recolectadas en el transcurso de cinco meses, estas permitieron la caracterización del agua consumida por la comunidad M.A.

Debido a la disponibilidad y acceso que los autores del presente trabajo de titulación tenían a los laboratorios de análisis ambiental, se visitó M.A. en tres ocasiones, en las cuales se tomaron muestras que fueron destinadas para diferentes centros de investigación y análisis de calidad ambiental. Estos laboratorios fueron: Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM), Laboratorio privado externo y Laboratorio de Tecnología Industrial de ASA ubicado en la Escuela de formación de tecnólogos (ESFOT) de la EPN. Cada una de estas unidades realizó diferentes ensayos en sus instalaciones.

2.2.3 Análisis y caracterización de agua.

El proceso de análisis y caracterización del agua captada y consumida por la comunidad M.A, inició tras la toma de muestras, ya que se realizaron mediciones de parámetros comúnmente determinados in situ como son: conductividad, temperatura, pH, turbidez y oxígeno disuelto. Así como también se determinaron los valores de otros parámetros de caracterización haciendo uso de tres laboratorios de análisis ambiental, estos parámetros fueron: Ortofosfatos, nitritos, nitratos, nitrógeno total Kjeldahl, hierro total, manganeso, DBO, DQO, Sulfatos, sólidos totales y suspendidos, coliformes totales y fecales. Todos estos análisis y métodos se realizaron siguiendo los lineamientos recomendados por el Rice, Baird, Eaton, & Clesceri del 2017.

Medición de parámetros in situ

El procedimiento a seguir para la valoración de estos parámetros consistió en: realizar un lavado previo de la sonda con agua destilada, encender la sonda, configurar el parámetro a ser medido y por último sumergir la sonda en la muestra de agua tomada. Tras sumergir la sonda los valores arrojados por el multiparámetro fueron los resultados finales de esta etapa de caracterización.

Por otro lado, para la medición de la turbidez se utilizó el turbidímetro HACH 2100Q, el cual tiene su principio de funcionamiento en la dispersión de luz generada por las partículas en suspensión de una muestra líquida. Es así, que para este ensayo se llenaron viales HACH, con el recurso hídrico en cuestión y se corrió el programa existente en el equipo mencionado anteriormente.

Medición de parámetros en laboratorio

Estos parámetros se definieron partiendo de la observación de la zona de estudio y de las recomendaciones dadas por la INEN 2169. El sistema es abastecido por aguas subterráneas por lo que se presumió podría estar cargada de minerales y sólidos que afecten su potencial para ser consumida. Además, en estructuras hidráulicas se encontró presencia de algas, indicador de una carga orgánica y de nutrientes. Además, se resolvió realizar un estudio microbiológico debido a la presencia de ganado en las cercanías de algunos puntos de conducción y también en la planta de tratamiento. Por último, dispuso realizar un análisis de cloro libre y total, para identificar si la dosificación en el tanque de almacenamiento es la correcta para el volumen de agua que contiene el tanque.

2.2.4 Análisis ejecutados en el Laboratorio de Tecnología Industrial área de ASA

La tabla 14 presenta los parámetros medidos en este laboratorio y cuáles fueron los equipos, insumos, reactivos y procedimientos necesarios para determinar los valores de estos parámetros.

Tabla 14 Métodos y ensayos realizados en El Laboratorio Industrial de ASA

Parámetro	Equipo	Reactivos
Orto fosfatos	Espectrofotómetro HACH DR1900	Sobre HACH TNT 843
Nitritos	Espectrofotómetro HACH DR1900	Sobre HACH nitrito NitraVer 3.
Nitratos	Espectrofotómetro HACH DR1900	Sobre HACH NitraVer 5.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Espectrofotómetro HACH DR1900	Reactivo para digestión DQO
Sulfatos	Espectrofotómetro HACH DR1900	Sobre HACH SulfaVer 4.
Cloro libre	Espectrofotómetro HACH DR1900	Sobre HACH para determinar Cloro libre DPD.
Cloro total	Espectrofotómetro HACH DR1900	Sobre HACH para determinar Cloro libre

Fuente: (APHA, 2005)

2.2.5 Análisis realizados en el CICAM

La tabla 15 presenta los parámetros medidos por el CICAM y cuáles fueron los métodos usados para determinación de los valores de estos parámetros. Ver anexo 1.

Tabla 15 Métodos y ensayos realizados por el CICAM

Parámetro	Método
Coliformes totales y fecales	Fermentación mediante tubos múltiples.
Nitrógeno total (Kjeldahl)	SM Ed. 23,2017,4500-Norg-C/volumetría

Fuente: (CICAM, 2021)

2.2.6 Análisis realizados en laboratorio privado acreditado

La tabla 16 presenta los parámetros evaluados en el laboratorio de la secretaria del Ambiente y cuáles fueron los métodos usados para dicha tarea.

Tabla 16 Métodos y ensayos en la Secretaria del Ambiente

Parámetro	Método
Sólidos totales	Método gravimétrico para la determinación de Sólidos Totales

Sólidos Suspendidos	Método gravimétrico para la determinación de Sólidos Suspendidos
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)	Método respirométrico para la determinación de DBO5

Fuente: (LABORATORIO PRIVADO ACREDITADO, 2021)

2.2.7 Comparación de resultados con las normativas

Los resultados de los ensayos de laboratorio y mediciones in-situ se ordenaron en tablas donde consta toda la información relevante como: descripción del lugar, característica del ensayo (química, biológica, física, in-situ), parámetro medido, medición obtenida luego de la medición o ensayo, LMP de las normativas NTE INEN 1108 y TULSMA y cumplimiento de la normativa. Es así que apoyados en la tabla realizada se pudo visualizar de manera clara y sencilla los resultados y rangos permitidos de las normativas para así verificar y anotar si cumplía o no el parámetro analizado con los LMP de calidad de agua y posterior a esto realizar el análisis de los resultados en cada punto de muestreo.

2.3 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

La evaluación hidráulica se realizó desde el tanque de almacenamiento hasta la distribución. Se utilizaron los datos de la topografía realizada por gestión del M.A., para ello se ejecutó el programa AutoCAD para procesar las curvas de nivel, superficies, trazado de red, segmentación de puntos y elementos, dando como resultado la obtención de perfiles y elevaciones exactas del proyecto.

Luego se empleó el programa EpaCAD para la conversión de datos obtenidos de la red de AutoCAD para que sea interpretable en EPANET, y, finalmente se utilizó este programa para modelar y evaluar tanto la conducción como la red de distribución, con los criterios correspondientes, así se obtuvieron los resultados de longitud de tuberías, presiones, velocidades, entre otros.

2.3.1 Información: caudales

Período de diseño

Se consideró de 30 años en función del tamaño del lugar y la vida útil sugerida para elementos de sistemas de agua potable.

Población futura

Se calculó la población futura a través de tres métodos estableciendo comparaciones que orientaron el criterio del proyectista, como se indica a continuación:

a. Método Lineal

Se calculó a través de la ecuación 3.1 y 3.2:

$$P_f = P_{uc} + k(T_f - T_{uc}) = [\text{hab}]$$

Ecuación 3.1 Población proyectada lineal (INEN, 1997)

Donde:

- P_f : (hab) proyección poblacional
- P_{uc} : población del último censo
- k : factor de pendiente de la recta.
- T_f : tiempo de proyección
- T_{uc} : año del último censo

$$k = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$$

Ecuación 3.2 Pendiente de la recta (INEN, 1997)

Donde:

- k : factor de pendiente de la recta.
- P_{uc} : población del último censo
- P_{ci} : población del censo inicial
- T_{ci} : año del censo inicial.
- T_{uc} : año del último censo

b. Método Geométrico:

Se calculó a través de la ecuación 3.3 y 3.4:

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{(T_f - T_{uc})} = [\text{hab}]$$

Ecuación 3.3 Pendiente de la recta (INEN, 1997)

Donde:

- P_f : (hab) proyección poblacional
- P_{uc} : población del último censo
- r : factor de tasa de crecimiento
- T_f : tiempo de proyección
- T_{uc} : año del último censo

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1$$

Ecuación 3.4 Tasa de crecimiento (INEN, 1997)

Donde:

- r : factor de tasa de crecimiento.
- P_{uc} : población del último censo
- P_{ci} : población del censo inicial
- T_{ci} : año del censo inicial.
- T_{uc} : año del último censo

c. Método Logarítmico:

Se calculó a través de la ecuación 3.5 y 3.6:

$$P_f = P_{uc} * e^{kg(T_f - T_{uc})} = [\text{hab}]$$

Ecuación 3.5 Pendiente de la recta (INEN, 1997)

Donde:

- P_f : (hab) proyección poblacional
- P_{uc} : población del último censo
- kg : factor de tasa de crecimiento
- T_f : tiempo de proyección
- T_{uc} : año del último censo

$$kg = \frac{\ln(P_{uc}) - \ln(P_{ci})}{T_{uc} - T_{ci}}$$

Ecuación 3.6 Tasa de crecimiento (INEN, 1997)

Donde:

- kg : factor de tasa de crecimiento.
- P_{uc} : población del último censo
- P_{ci} : población del censo inicial
- T_{ci} : año del censo inicial.
- T_{uc} : año del último censo

Variaciones de consumo

Se realizó el cálculo de caudales para población actual y futura, como se indica a continuación:

- b. **Caudal medio diario:** Se calculó el Qm a través de la ecuación 3.7:

$$Q_m = \frac{f * P_f * D}{86400 \text{ s}} = \left[\frac{L}{s} \right]$$

Ecuación 2.7 Caudal medio diario (INEN, 1997)

Donde:

- Q_m : (L/s) Caudal medio diario
- f : (20%) factor de fugas según nivel de servicio
- P_f : (hab) población al final del período de diseño
- D : (L/hab*día) Dotación

c. Caudal máximo diario: Se calculó el QMD a través de la ecuación 3.8:

$$QMD = KMD * Q_m = \left[\frac{L}{s} \right]$$

Ecuación 2.8 Consumo máximo diario (INEN, 1997)

Donde:

- QMD : (L/s) Caudal máximo diario
- KMD : (1.25) factor de mayoración máximo diario
- Q_m : (L/s) Caudal medio diario

d. Caudal máximo horario: Se calculó el QMH a través de la ecuación 3.9:

$$QMH = KMH * Q_m = \left[\frac{L}{s} \right]$$

Ecuación 2.9 Consumo máximo horario (INEN, 1997)

Donde:

- QMH : (L/s) Caudal máximo horario
- KMH : (3) factor de mayoración máximo horario
- Q_m : (L/s) Caudal medio diario

Caudal de demanda

El cálculo de distribución de caudal para una red abierta, se realizó por tramos con el método de longitudes equivalentes obteniendo el caudal de demanda de cada conexión domiciliaria (acometida o nodo), se consideró una distribución proporcional a la longitud total de la red, a través de la ecuación 3.10:

$$Q_i = q * L_i; \quad q = \frac{QMH}{L_T}$$

Ecuación 2.10 Caudal de demanda en nodos de la RDAP (López Cualla, 2004)

Donde:

- Q_i : (L/s) Caudal de consumo en nodo
- q : (L/s*m) caudal unitario
- L_i : (m) Longitud del nodo
- L_T : (m) Longitud total red
- QMH : (L/s) Caudal máximo horario

Volumen: tanque de almacenamiento

López (2004) menciona que, la capacidad del tanque de almacenamiento se determina con base a datos de consumo de la población y su distribución horaria, además establece una curva de distribución horaria de consumo para poblaciones pequeñas en donde no se conoce esta información. Por esta razón, se estimó el valor del volumen del tanque a partir del porcentaje del consumo máximo diario y criterios considerados en el método de la curva integral del autor para zonas rurales.

Se calculó el volumen del tanque a través de la ecuación 3.11:

$$V_T = \%V * QMD * f = [m^3/d]$$

Ecuación 2.11 Volumen de tanque (López Cualla, 2004)

Donde:

- V_T : (m³/d) Volumen de tanque
- $\%V$: (0.23) volumen horario del agua en el tanque
- QMD : (m³/d) Caudal máximo diario
- f : (1.2) Factor de seguridad

2.3.2 Trazado de redes y perfiles

Trazado de red: Para una evaluación técnica adecuada primero se trazó la línea de conducción desde captación hasta la planta de tratamiento de agua en AutoCAD Civil 3D, obteniendo el listado de las abscisas (eje “x”, horizontal) en donde se encontraban las válvulas existentes en la superficie topográfica.

A continuación, se hizo el trazado de la RDAP abierta, siguiendo la zonificación de servicio, forma de calles, ubicación del tanque de almacenamiento y longitud de tuberías existentes.

Perfiles: Luego del trazado de la red se realizaron las superficies, segmentación de puntos, y, finalmente se elaboró el alineamiento y los perfiles longitudinales por separado de la conducción y distribución, en donde se colocaron sus componentes existentes (válvulas de aire, cajas de registro y conexiones domiciliarias o acometidas) y se identificó la ubicación exacta de cotas en la superficie topográfica.

Una vez obtenido el perfil de la línea de conducción se colocaron válvulas de corte, aire y purga a lo largo esta línea, por otra parte, se dividió toda la línea de distribución en tramos pequeños cortándola en los puntos donde se encontraban las conexiones domiciliarias para evaluar las presiones en estos puntos.

2.3.3 Evaluación Hidráulica en el EPANET

A partir de datos generados en AutoCAD Civil 3D se importaron los puntos tanto de la conducción como de la distribución al programa EpaCAD procesando la información necesaria para la simulación hidráulica en el EPANET.

Conducción: estado actual

Se realizó la simulación de la línea de conducción para la evaluación hidráulica de presiones de servicio con datos y diámetros actuales de la línea para verificar el estado, funcionamiento y condición actual de la misma, además se verificó si estos parámetros actuales cumplen con la normativa vigente.

Distribución: estado actual y diseño

Se realizó la simulación de la línea matriz de distribución y bifurcaciones por separado en EPANET para la evaluación hidráulica de presiones de servicio y diámetros actuales en la RDAP que comprende desde el tanque de almacenamiento hasta la última conexión domiciliaria, en donde se simuló el modelo estático actual, que luego fue comparado con el modelo estático y dinámico propuesto, así se obtuvieron datos de presiones, velocidades, caudales, entre otros, además se verificó que los parámetros de diseño funcionen adecuadamente y cumplan con la norma vigente.

Los cálculos de la red propuesta se realizaron con nuevos diámetros reales internos y materiales elegidos de las tuberías, en zonas rurales los materiales recomendados son polivinilo de cloruro (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD).

SECCIÓN 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.1.1 Comunidad

La comuna jurídica M.A. fundada el 13 de septiembre de 1995 es rural y se encuentra ubicada al oriente de la parroquia rural El Quinche. El ecosistema predominante en la comuna M.A es sub-páramo y páramo de pajonal, de clima frío y muy frágil a los cambios del uso de la tierra, por sus fuertes pendientes, los moradores poseen una gran riqueza cultural, dedicados a la agricultura, venta de productos cosechados y elaboración artesanal de productos lácteos, en la figura 5 se observa su localización. (GADQUINCHE, 2020)



Figura 5 Delimitación de la Comuna Jurídica “Molino Alto”

3.1.2 Población

Los análisis poblacionales y socioeconómicos son el resultado de encuestas realizadas por el INEC, dado que es la entidad encargada de normar el sistema estadístico nacional a través del procesamiento de información demográfica, educativa, económica, ambiental, de bienestar y salud, el acceso a estos datos es gratuito, sin embargo, la obtención de datos específicos del proyecto se realizó a través de la tabulación de encuestas aplicadas directamente a los moradores, debido a la ausencia de censos de la comuna jurídica M.A. (INEC, 2020)

Mediante los datos indicados por la directiva de la comuna y de la toma de encuestas se logró definir que hay una población de 623 habitantes, en un total de 76 núcleos familiares, que poseen una gran riqueza cultural, pero pobreza económica, según los datos obtenidos se tiene un promedio mayoritario de familias pobres con el 61% y 38% de familias no pobres, como muestra la tabla 19. El acceso a servicios básicos es minoritario en los hogares pobres, y en la zona aún no hay presencia de obras de alcantarillado, ni servicio de recolección de

residuos. Gracias a la aplicación de algunas preguntas se conoció la apreciación real de la población en términos de calidad, cantidad y continuidad del servicio de agua potable actual.

Los miembros en este territorio en su mayoría son hombres que tienen negocios propios (venta de leche, queso y productos cosechados) o son jornaleros, mientras que en menor proporción hay mujeres dedicadas principalmente a labores en sus hogares o son empleadas domésticas.

La Figura 6 presenta la pirámide de la muestra poblacional de la comuna, donde se evidencia que las edades de la fracción económicamente activa están entre 25 a 44 años, y la distribución de género es del 61,16% masculina y 38,84% femenina.

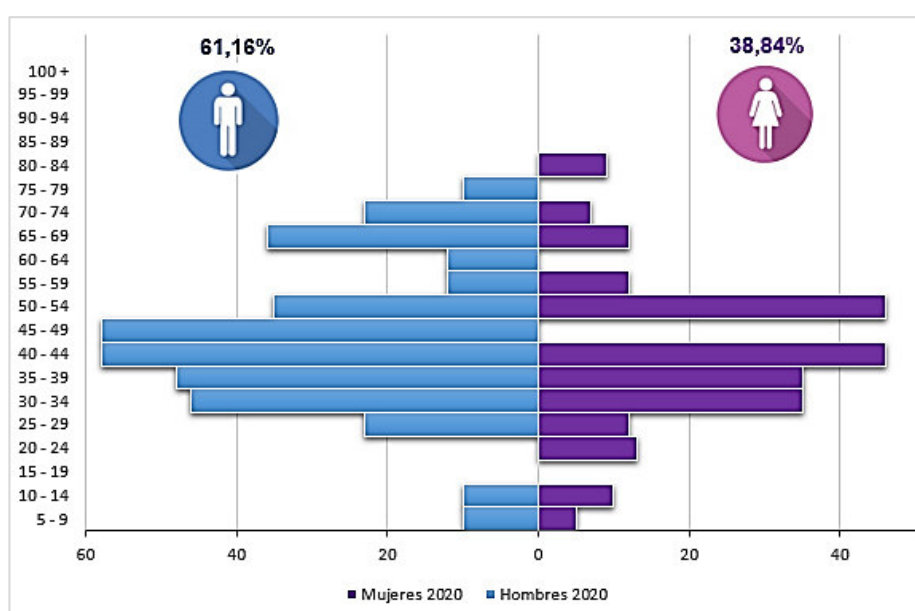


Figura 6 Pirámide de la muestra poblacional de la comuna Molino Alto

En la tabla 17 se describe el recuento de los usuarios según su género. La tabla 18 muestra el promedio de miembros que conforman cada núcleo familiar.

Tabla 17 Muestra poblacional de la comuna Molino Alto

2020	
Género	Total
Masculino	381
Femenino	242

Tabla 18 Promedio de miembros del núcleo familiar en Molino Alto

2020

Miembros	Promedio
2 a 4	61%
6 a 8	37%
Más de 8	2%

Tabla 19 Sectores socioeconómicos en la comuna Molino Alto

Estrato social	Promedio
Alto	7.4%
Medio	31.5%
Bajo	61.1%

La tabla 20 refleja la situación laboral dentro de la comunidad siendo el 72% quienes poseen empleo, negocio propio o tienen algún tipo de ocupación independiente, mientras que el 27% son amas de casa y desempleados. Se señala en la tabla 21 las actividades laborales a las que se dedican, indicando que el 59% trabaja en agricultura, el 9% en ganadería, y el 31% haceres domésticos u otro tipo de actividad no especificada.

Tabla 20 Situación laboral de la comuna Molino Alto

Situación laboral	Promedio
Empleado o asalariado	7.4%
Negocio propio o autónomo	18.5%
Jornalero	46.3%
Ama de casa	20.4%
Desempleado	7.4%

Tabla 21 Actividad laboral en la comuna Molino Alto

Actividad laboral	Total
Agricultura	369
Ganadería	58
Otros	196

Referente a servicios básicos, el agua potable es suministrada por una planta de tratamiento, su cobertura es del 39%, las demás viviendas se abastecen de pozos, la comunidad no cuenta con una red de alcantarillado por lo cual los moradores descargan sus aguas residuales en pozos sépticos o al exterior en quebradas y ríos, la recolección de desechos solo cubre de forma permanente al 1% de la población, mientras que el servicio eléctrico y de

telefonía e internet tiene una cobertura de 57% y 2% respectivamente como indica la tabla 22.

Tabla 22 Cobertura de servicios básicos en la comuna Molino Alto

Servicios	Promedio
Agua potable	39.5%
Alcantarillado	-
Eléctrico	57.3%
Recolección de residuos	1%
Telefonía e internet	2.2%

En lo que concierne a afecciones a la salud o enfermedades más frecuentes dentro de la comunidad se indica en la tabla 23 que la irritación de ojos y nariz, amebiasis o dolor de estómago y afectación a piel y dientes, así como la cólera y paludismo se han presentado en un poco menos de la mitad de los habitantes, no obstante, la mayoría de la población no ha sufrido ningún tipo de enfermedad.

Tabla 23 Enfermedades comunes dentro de la población en Molino Alto

Enfermedad	Promedio
Irritación ojos y nariz	29.6%
Afecciones a piel o dientes	3.7%
Amebiasis o dolor estomacal	7.4%
Cólera	1.9%
Paludismo	1.9%
No ha sufrido enfermedad	55.5%

En la tabla 24 se describe las mejoras que solicita la población para el servicio de agua siendo prioritaria la calidad con el 37%, presión 20%, mantenimiento 20%, abastecimiento 20% y por último la atención 2%.

Tabla 24 Servicios dentro del agua potable que se necesita mejorar

Servicio de agua	Promedio
Presión	20%
Mantenimiento	20%
Calidad	37.5%
Atención	2.5%
Abastecimiento	20%

3.1.3 Dotación

La dotación de agua permite calcular las variaciones de consumo, y, está en función de sus características poblacionales, por esta razón se ha considerado una dotación de 150 L/hab*día para cada uno de los habitantes de la comunidad M.A. debido a su clima frío y a que se prioriza el uso de agua para consumo humano, misma establecida según la norma vigente del INEN. (INEN, 1997)

3.1.4 Aforo de Caudales

El resultado de la medición de caudales en planta se muestra en la tabla 25, cabe recalcar que los datos obtenidos dependen de la estación del año (verano o invierno) en la que fueron medidos en campo y de la disponibilidad de la fuente de agua.

Tabla 25 Resultado de aforo de caudales

Punto	Descripción	Caudal medido en campo (Qmc)
1	Tubería de entrada a la planta	0.5 L/s
2	Tubería de filtros	0.37 L/s
3	Tubería de entrada a Tanque de almacenamiento	0.37 L/s

3.1.5 Puntos georreferenciados

Los directivos de la comunidad entregaron la información de un levantamiento topográfico previo realizado en la zona, esto que sirve como base para la evaluación del sistema y diseño hidráulico de la RDAP, contiene curvas de nivel, simbología y ubicación de las válvulas de aire, acometidas, cajas de registro, entre otros datos de interés, como muestran la figura 7 y 8.

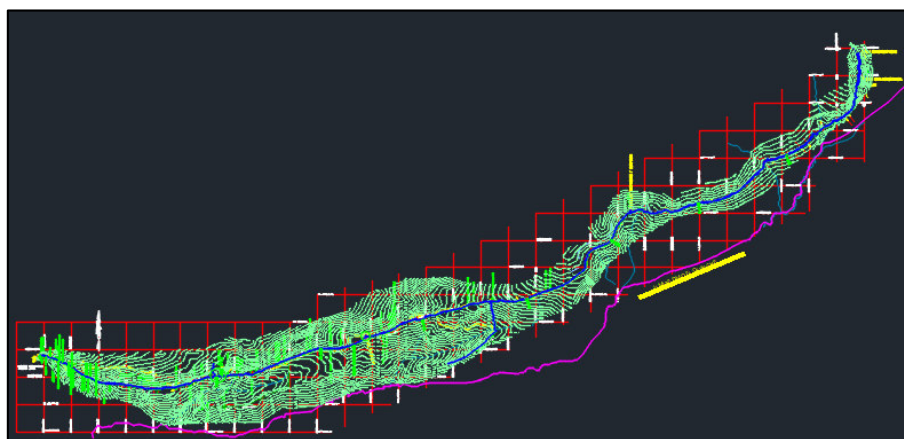


Figura 7 Levantamiento topográfico de la comuna M.A.

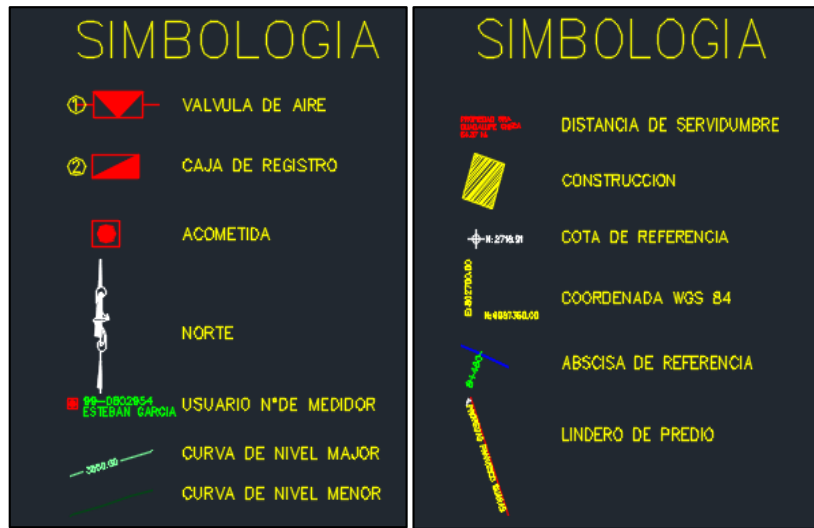


Figura 8 Simbología presente en el levantamiento topográfico

3.1.6 Sistema de abastecimiento

El sistema de abastecimiento es alimentado por una fuente de agua subterránea proveniente de la quebrada Chumillos o Ayachupa Alto, en la cota media de 3530 msnm., coordenadas: 9'990.003 N y 810.380 E., con un caudal total de 9.8 L/s, del cual se le concede 1 .01 L/s a la Junta Administrativa de Agua Potable y Saneamiento Molino Alto (JAAPySMA), para uso y aprovechamiento para consumo humano. (EXSENAGUA, 2019)

El sistema de abastecimiento de la comunidad M.A. inicia con una captación en un manantial que es únicamente una tubería de 63 milímetros (mm) de diámetro sumergida dentro de un embalse elaborado empíricamente, luego hay una conducción de 2.9 Kilómetros (km) que entrega y descarga el agua hacia una planta de tratamiento cuyas operaciones unitarias son la sedimentación, filtración lenta y cloración, de donde el agua es tratada para ser enviada al tanque de almacenamiento y llevada a los usuarios a través de la distribución de 7.6 km con diámetro de 63 mm, como muestra la figura 9.



Figura 9 Sistema de abastecimiento de la comuna M.A.

Captación de agua

La obra de captación es de tipo manantial como muestra la figura 10, se encuentra ubicada en la cota de 3562.461 m, toma el agua desde la vertiente Chumillos Alto, consta de una tubería que está sumergida en un cierre de un cauce de una quebrada, de esta forma rudimentaria se capta el agua, como se observa en la figura 11, esta obra no tiene protección adecuada, sólo se cubre con un plástico para evitar la caída de hojas, además el operador del sistema indica que en época de lluvia se presentan derrumbes y deslaves que afectan a esta construcción, y, para repararlo un grupo de 12 personas, miembros de la comuna, realizan desbroce y limpieza del área de forma empírica.

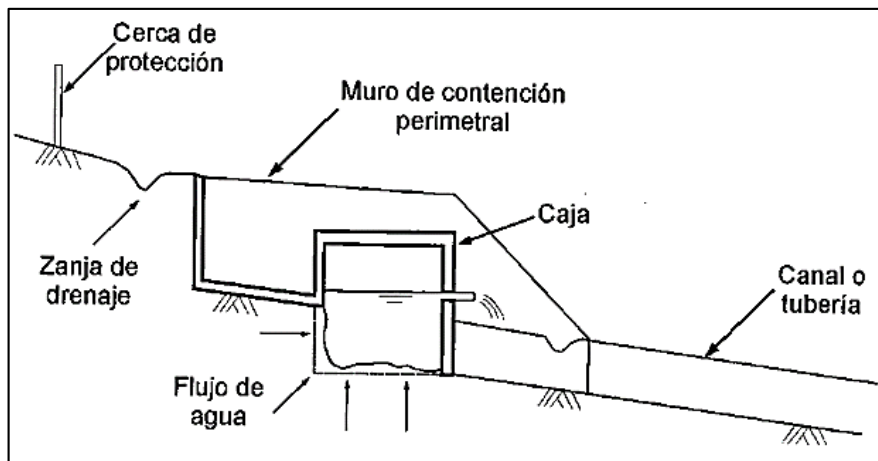


Figura 10 Captación de agua en un manantial

Fuente: (López Cualla, 2004)



Figura 11 Captación de la comuna M.A.

Conducción de agua

La conducción tiene una longitud total de 2.9 Km, está realizada con una tubería de PEAD de 63 mm de diámetro. Esta se encuentra sumergida dentro de un embalse que descarga directamente 0.5 L/s al tanque desarenador, a través de esta misma tubería, que es el inicio de la planta de tratamiento, como muestran la figura 12 y 13.



Figura 12 Ilustración de la tubería de conducción



Figura 13 Tubería de la conducción que llega a la planta de tratamiento

Planta de Tratamiento

En la actualidad, la JAAPySMA dispone de un sistema de purificación de agua con tratamiento primario simple, ubicada dentro de La Hacienda la Esperanza que pertenece a CIAGROPET

CIA. LTDA, es decir no se tiene libre acceso, puesto que existe gran cantidad de ganado vacuno orientado a la producción de leche para la comercialización y también en mayor grado a la fabricación de derivados lácteos artesanales.

En la planta de tratamiento se identificaron que existe un desarenador, una caja de revisión con doble vertedero triangular que permite dividir los caudales hacia cada uno de los sistemas de filtración, a continuación, dos filtros, y el tanque de almacenamiento con un sistema de desinfección de hipoclorador por goteo, como indica en la tabla 26.

La planta de tratamiento de agua potable (PTAP) cuenta con un desarenador de forma rectangular. Como se observa en la tabla 26, este tanque está lleno de sedimentos, que no han sido vaciados dado que la comunidad le considera como un filtro, lo cual hace que su operación y mantenimiento sea inadecuado. Están creciendo algas encima, el operador realiza mantenimiento de este tanque cada dos meses, el cual consiste en retirar el sedimento, luego de someterlo a un enjuague vuelve a colocarlo en el desarenador. También se observó que los vertederos ubicados después del tanque desarenador se encuentran en mal estado y con presencia de algas.

A continuación, se encuentran dos filtros circulares que funcionan en paralelo con flujo descendente que provienen a través de una división de caudales para cada uno de los filtros, con diámetro de 3 m, y altura de 2.10 m. El sistema de filtrado lento se lo realiza a través de capas de arena y grava, en este también se observa la presencia de algas, como muestra la tabla 26.

Al final se tiene el sistema de desinfección de un hipoclorador por goteo, en cuanto a su operación la comunidad desconoce la cantidad de dosificación que debe ser suministrada al hipoclorador, tampoco han calculado el caudal de goteo, por lo cual regulan a diario según el criterio del operador, mismo que disuelve el cloro en una caneca y envía por tubería hacia el tanque de almacenamiento.

De acuerdo con la información provista por el operador de la planta, se indica que en temporada lluviosa se presentan derrumbes en esta zona, los cuales entierran todo el sistema por causa del arrastre de sedimentos, roca y tierra ocasionando daños a las estructuras. Para resolver estos inconvenientes, la JAAPySMA cuenta con un comité de mantenimiento el cual realiza empíricamente solo desbroce y limpieza. En general se debe realizar un manual de operación y mantenimiento que ayude a la comunidad a un adecuado manejo de la planta existente.

Tabla 26 Registro fotográfico del estado actual de los elementos de la PTAP

Descripción	Evidencia
Desarenador	 <p>The evidence for the desarenador consists of three photographs. The top photo shows a wide view of the concrete structure with two parallel channels. The middle photo is a close-up of the water surface, which is covered in a thick layer of green algae. The bottom photo shows the bottom of the channel, which is covered with a layer of brown sediment and small rocks.</p>
Caja Revisión con doble vertedero triangular	 <p>The photograph shows a concrete box with a double triangular weir structure. Water is flowing over the weirs, creating a small amount of turbulence and white water. The structure is made of light-colored concrete.</p>



Filtros en paralelo con flujo descendente



Hipoclorador por goteo



Almacenamiento

El agua tratada se conduce a un tanque de almacenamiento circular de 2.25 m de alto y 2.10 m de diámetro, con un volumen de 8 m³, como muestra la figura 14, para su mantenimiento sólo se vacía y lava con cloro, este tanque está conectado a la red de distribución, este pretende regular el consumo de caudal de las personas y también mantener una presión adecuada a la RDAP.



Figura 14 Tanque de almacenamiento

Red de distribución

La comunidad ha solicitado que se realice un diseño completo nuevamente de toda la distribución, porque ha cumplido su periodo de diseño, presentando problemas de rotura de tuberías, lo cual interrumpe el suministro a la población por semanas.

Conforme a la información obtenida, la RDAP tiene una configuración hidráulica abierta, como muestra la figura 15 conformada por una línea matriz de 5.9 km y cinco bifurcaciones de un total de 1.7 km, con tuberías de 63 mm de diámetro, la cual conduce el agua del tanque de almacenamiento a 76 conexiones domiciliarias, no obstante existe insuficiente abastecimiento, en especial en el verano, en razón de tuberías angostas en mal estado por taponamiento debido al crecimiento de raíces en el interior y rotura. Para la reparación se destapan y limpian. Además, la capacidad de este servicio, no se ajusta a la expansión que ha tenido la población en los últimos años, por lo que se requiere una evaluación y propuesta de diseño.



Figura 15 Red distribución M.A.

3.2 ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA

3.2.1 Cantidad de análisis realizados

Con base en el plan de muestreo se realizaron mediciones de parámetros in situ y ensayos de laboratorio en 7 puntos en todo lo largo de la línea de conducción, teniendo un total de 93 parámetros analizados según se muestra en la Tabla 27, especificando el número de parámetros medidos según su característica sea esta in situ, físico, químico y biológico.

Tabla 27 Sumatoria de parámetros analizados a lo largo del sistema de abastecimiento M.A.

Punto	In Situ	Físico	Químico	Biológico	TOTAL
Captación	4	4	10	2	20
Desarenador	4	2	6	2	14
Filtro 1	5	2	2	0	9
Filtro 2	5	2	2	0	9
Tanque de distribución	5	4	9	2	20
Domicilio 1	4	3	2	2	11
Domicilio 2	4	2	2	2	10
TOTAL					93

3.2.2 Análisis de la calidad del agua del sistema de abastecimiento

Se presentan las tablas 28, 29, 30, 31, 32 y 33 con la condición actual del agua, las tablas reflejan los resultados de los ensayos de los puntos muestreados a lo largo de toda la línea de distribución de agua potable, desde la captación hasta llegar a los usuarios beneficiarios del suministro, también presentan los LMP de las normativas ecuatorianas vigentes que se

utilizaron para realizar la comparación de resultados, de esta manera se verifica el cumplimiento o no de cada parámetro medido.

Tabla 28 Resultados de parámetros analizados en la captación

Descripción	Característica	Parámetro	Medición	LMP	Cumplimiento TULSMA
Captación	In-situ	Conductividad	0.107 (mS/cm)	<4 (mg/L)	Si
		Ph	7.92	6-9	Si
		Temperatura	10.49 (°C)	0-3 (°C)	No
		Oxígeno disuelto	75.37% (OD)	80% (OD)	No
	Químicos	Nitrógeno total Kjeldahl	<1.0 (mg/L)	-----	-----
		Ortofosfatos	0.08 (mg/L)	-----	-----
		Nitritos	1 (mg/L)	0.2 (mg/L)	No
		Nitratos	0 (mg/L)	50 (mg/L)	Si
		DQO	<3 (mg/L)	<4 (mg/L)	Si
		DBO ₅	0 (mg/L)	<2 (mg/L)	Si
		Hierro total	0.43 (mg/L)	1 (mg/L)	Si
		Manganeso	0.029 (mg/L)	0.1 (mg/L)	Si
		DQO	<3 (mg/L)	<4 (mg/L)	Si
		Sulfatos	8m (g/L)	500 (mg/L)	Si
	Biológicos	Coliformes fecales	<1.1 (nmp/100mL)	1000 (nmp/L)	Si
		Coliformes totales	<1.1 (nmp/100mL)	-----	-----
	Físicos	Sólidos disueltos totales	149 (mg/L)	1000 (mg/L)	Si
		Sólidos totales	156 (mg/L)	-----	-----
		Sólidos suspendidos	7 (mg/L)	-----	-----
		Turbiedad	16 (NTU)	100 (NTU)	Si

El agua cruda en la captación presenta un resultado satisfactorio para ser destinada al consumo humano y uso doméstico, presentando un total de 21 parámetros analizados.

El oxígeno disuelto se ve directamente afectado porque el agua es captada de un manantial subterráneo, mientras que los valores de nitritos podrían deberse a que en la captación exista contaminación ya que se observó que las estructuras no son las más adecuadas, tratan de cubrir el agua captada con un plástico y el área de captación no cuenta con una estructura adecuada que evite posibles contaminantes como urea de animal, maleza que cae a la fuente, entre otras posibles fuentes de contaminación que afectan la calidad del agua en la captación.

Tabla 29 Resultados de parámetros analizados en el desarenador

Descripción	Característica	Parámetro	Medición	LMP	Cumplimiento TULSMA
Desarenador	In Situ	Ph	7.15	6-9	Si
		Temperatura	13.23 (°C)	0-3 (°C)	No
		Oxígeno disuelto	73.04 % (OD)	80 % (OD)	No
		Conductividad	0.133 (mS/cm)	<4 (mg/L)	Si
	Químicos	Nitrógeno total Kjeldahl	<1.0 (mg/L)	----	----
		Ortofosfatos	0.17 (mg/L)	----	----
		Nitritos	3 (mg/L)	0.2 (mg/L)	No
		Nitratos	0.6 (mg/L)	50 (mg/L)	Si
		DQO	<3 (mg/L)	<4 (mg/L)	Si
		DBO ₅	1 (mg/L)	250 (mg/L)	Si
		Biológicos	Coliformes fecales	<1.1(nmp/100mL)	1000 (nmp/L)
	Físicos		Sólidos disueltos totales	184 (mg/L)	1000 (mg/L)
		Turbiedad	14.9 (NTU)	100 (NTU)	Si

El agua que es captada llega directamente al desarenador sin pasar previamente por un aireador por lo que es normal que presente las mismas características que en la captación sin mejorar los niveles de temperatura y oxígeno disuelto, así mismo el desarenador nunca ha sido limpiado correctamente y los nutrientes proliferan en este punto por las condiciones ideales para el crecimiento de algas que presenta, justificando estos valores no por normativa sino por requerimiento de consumo de las plantas transformándose así los nitritos en fuente de nutrientes de consumo para las algas que se encontraron en el desarenador.

Tabla 30 Resultados de parámetros analizados en los filtros

Descripción	Característica	Parámetro	Medición	LMP	Cumplimiento TULSMA
Filtro 1	In situ	Conductividad	0.136 (mS/cm)	<4 (mg/L)	Si
		Ph	7.13	6-9	Si
		Turbidez	4.57 (NTU)	100 (NTU)	Si
		Temperatura	11.88 (°C)	0-3 (°C)	No
		Oxígeno disuelto	44.23 %(OD)	80 % (OD)	No
	Física	Sólidos totales	148 (mg/L)	----	----
		Sólidos suspendidos	4 (mg/L)	----	----
	Química	DBO ₅	0 (mg/L)	250 (mg/L)	Si
Nitritos		2.8 (mg/L)	0.2 (mg/L)	No	
Filtro 2	In situ	Conductividad	0,138 (mS/cm)	<4 (mg/L)	Si
		Ph	7.23	6-9	Si

		Turbidez	4.77 (NTU)	5 (NTU)	Si
		Temperatura	11.77 (°C)	0-3 (°C)	No
		Oxígeno disuelto	66.60 % (OD)	80 % (OD)	No
	Química	DBO5	1 (mg/L)	250 (mg/L)	Si
		Nitritos	3 (mg/L)	0.2 (mg/L)	No
	Física	Sólidos totales	176 (mg/L)	-----	-----
		Sólidos suspendidos	1 (mg/L)	-----	-----

Los filtros de flujo descendente si están cumpliendo con su función, que es disminuir la cantidad de partículas suspendidas en el cuerpo de agua, ahora bien según los resultados obtenidos para este punto sigue existiendo proliferación de nutrientes esto se corrobora según observación directa de crecimiento de algas en los filtros, es decir que podría tratarse de falta de mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo de la unidad hidráulica y además de controlar la fuente de contaminación de nutrientes que prevalece desde la captación hasta las instalaciones de la planta de tratamiento según explicación del apartado anterior.

Tabla 31 Resultados de parámetros analizados en el tanque de distribución

Descripción	Característica	Parámetro	Medición	LMP	Cumplimiento INEN 1108
Tanque de distribución	In-situ	Conductividad	0.111 (mS/cm)	<4 (mg/L)	Si
		Ph	6.17	6-9	Si
		Turbidez	3.03 (NTU)	5 (NTU)	Si
		Temperatura	13.23 (°C)	0-3 (°C)	No
		Oxígeno disuelto	48.97 % (OD)	80% (OD)	No
	Química	Cloro total	176 (mg/L)	-----	-----
		Hierro Total	0.06 (mg/L)	0.3 (mg/L)	Si
		Manganeso	0.024 (mg/L)	0.1 (mg/L)	Si
		Nitrógeno total Kjeldahl	<1.0 (mg/L)	----	----
		Cloro libre residual	0.07 (mg/L)	0.3 a 1.5 (mg/L)	No
		Ortofosfatos	0.11 (mg/L)	----	----
		Nitritos	1 (mg/L)	0.2 (mg/L)	No
		Nitratos	0.6 (mg/L)	50 (mg/L)	Si
		DBO ₅	0 (mg/L)	<2 (mg/L)	Si

	Física	Sólidos totales	144 (mg/L)	----	----
		Sólidos suspendidos	3 (mg/L)	----	----
		Sólidos disueltos totales	155 (mg/L)	1000 (mg/L)	Si
		Turbiedad	3.03 (NTU)	100 (NTU)	Si
	Biológica	Coliformes totales	<1.1 (nmp/100mL)	----	----
		Coliformes fecales	<1.1 (nmp/100mL)	1000 (nmp/L)	Si

En el tanque de almacenamiento resultaron valores de cloro libre residual por debajo de los LMP, esto se debe a que la comunidad M.A. no cuenta con un estudio de demanda de cloro que les permita suministrar una dosis correcta de hipoclorito de calcio para cumplir con el rango de la normativa que es de 0.3 a 1.5 mg/L, en visitas realizadas a la planta de tratamiento el operador de la planta manifestó que para dicha fecha no contaban con cloro alrededor de un mes es decir estaban enviando el agua por la red de distribución sin desinfección esto es preocupante ya que puede llegar a existir una contaminación cruzada tanto en la captación como en las instalaciones de la planta donde se contamine con coliformes fecales y así provocar enfermedades a todos los habitantes de la comunidad, aunque en los resultados presentados el valor de coliformes fecales es nulo no se descarta la posibilidad de una posible contaminación por ende se debe disponer de la correcta dosificación de cloro al tanque de almacenamiento de agua.

Tabla 32 Resultados de parámetros analizados en el domicilio 1

Descripción	Característica	Parámetro	Medición	LMP	Cumplimiento INEN 1108
Domicilio 1	In-situ	Conductividad	0.111 (mS/cm)	<4 (mg/L)	Si
		Ph	6.17	6-9	Si
		Temperatura	13.23 (°C)	0-3 (°C)	No
		Oxígeno disuelto	72.07 % (OD)	80 % (OD)	No
	Química	Cloro total	176 (mg/L)	----	----
		DBO ₅	0 (mg/L)	<2 (mg/L)	Si
		Cloro libre residual	0.1 (mg/L)	0.3 a 1.5 (mg/L)	No
Física	Sólidos totales	144 (mg/L)	----	----	

		Sólidos suspendidos	3 (mg/L)	----	----
		Turbiedad	4.45 (NTU)	100 (NTU)	Si
	Biológica	Coliformes totales	<1.1 (nmp/100mL)	----	----
		Coliformes fecales	<1.1 (nmp/100mL)	1000 (nmp/L)	Si

Tabla 33 Resultados de parámetros analizados en el domicilio 2

Descripción	Característica	Parámetro	Medición	LMP	Cumplimiento INEN 1108
Domicilio 2	In-situ	Conductividad	0.115 (mS/cm)	<4 (mg/L)	Si
		Ph	6.99	6-9	Si
		Temperatura	16.83 (°C)	0-3 (°C)	No
		Oxígeno disuelto	68.30 % (OD)	80% (OD)	No
	Química	Cloro total	174 (mg/L)	----	----
		Cloro libre residual	0.1 (mg/L)	0.3 a 1.5 (mg/L)	No
	Física	Sólidos totales	<1.1 (nmp/100mL)	----	----
		Sólidos suspendidos	<1.1 (nmp/100mL)	----	----
	Biológica	Coliformes totales	<1.1 (nmp/100mL)	----	----
		Coliformes fecales	<1.1 (nmp/100mL)	1000 (nmp/L)	Si

En los domicilios resultaron valores de cloro libre residual por debajo de los LMP debido a que no se realiza una dosificación correcta al tanque de almacenamiento, por otra parte, no se presentan contaminantes como coliformes fecales que puedan afectar la salud de los habitantes de la comunidad, esto no quiere decir que el sistema garantiza una desinfección adecuada ya que aún se encuentra vulnerable a contaminaciones futuras que afecte la salud de los habitantes de la comunidad.

3.3 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

3.3.1 Resultados de análisis de caudales

Población de diseño

Con base en la población de 623 habitantes se calcula por medio de tres métodos matemáticos conocidos la población futura o de diseño como muestra la tabla 34, para un

período de 30 años sugerido en CPE INEN 5, tomando el valor más alto de los 3 métodos como población de diseño. En la sección 1 del Anexo 2 se encuentran los cálculos.

Tabla 34 Población inicial y final

Población inicial 2020	Población final 2050	Población de diseño
623 [hab]	Método lineal: 987.50 [hab] Método geométrico: 1306.72 [hab] Método logarítmico: 1307 [hab]	1307 [hab]

Variaciones de consumo

Estas variaciones competen a caudales que proveen al sistema en sus diferentes fases para cubrir la demanda de la población a servir. Se calculó el caudal medio como el producto entre población de diseño, dotación asignada y porcentaje de fugas, estos cálculos están en la sección 2 del Anexo 2, a continuación, las variaciones de consumo máximo diario y horario futuros (2050) y teóricos (2020), como se expone en la Tabla 35.

Tabla 35 Parámetros de consumo

PARÁMETRO	CANTIDAD	AÑO
Dotación (D)	150 L/hab*día	
Caudal medio (Qm)	2.836 L/s	2050
Caudal máximo diario (QMD)	3.55 L/s	2050
Caudal máximo horario (QMH)	8.51 L/s	2050
Caudal medio (Qm)	1.352 L/s	2020
Caudal máximo diario (QMD)	1.69 L/s	2020
Caudal máximo horario (QMH)	4.06 L/s	2020

Caudales de demanda (RDAP)

El método de longitudes equivalentes permitió el cálculo de distribución de caudal en cada nodo para una red abierta, de la zona rural. Con este criterio se repartió el QMH para cada uno de los 83 nodos (conexiones o acometidas domiciliarias), siendo el primer nodo (n1) el que recibe el caudal total de todo el sistema, en este caso el QMH = 8,51 L/s. Este lineamiento se encuentra en el literal 13.4.3 del capítulo 13 de redes de distribución. (López Cualla, 2004)

En la sección 3 del Anexo 2 se encuentran los cálculos desarrollados.

3.3.2 Volumen: tanque de almacenamiento

El consumo de agua de la población varía según la hora del día debido a costumbres y características específicas de cada territorio, otro aspecto es que el suministro es el caudal

teóricamente constante (QMD=3.55 L/s), por esta razón se requiere de un tanque regulador que compense las variaciones en el consumo durante el día. El tanque de almacenamiento se implementa siempre que el agua tratada llegue a éste antes de llegar a la población. La forma del tanque es relevante para el diseño estructural y de cimentación. (López Cualla, 2004)

Para el cálculo de la capacidad del tanque se utilizó el método de la curva integral para poblaciones que no cuenten con datos de consumo, como es el caso de la comuna M.A., considerando el caudal máximo diario futuro calculado. Este lineamiento se encuentra en el literal 12.4.1 del capítulo 12 tanque regulador. (López Cualla, 2004)

El volumen del tanque propuesto es de 85 m³, mucho más grande que el del tanque actual igual a 8 m³, no obstante, según el QMD teórico de la población actual, el volumen del tanque actual debería ser de 40 m³, estos resultados se detallan en la sección 4 del Anexo 2.

3.3.3 Resultados de topografía y perfiles

Conducción

Según la topografía obtenida, la conducción inicia desde la captación ubicada en la abscisa 0+000 hasta la entrada a la planta de tratamiento, en la abscisa 2+657, a lo largo de esta línea se identificó 2 cajas de registro, 10 linderos de predio y 10 válvulas de aire. Como muestra la tabla 36, el perfil de la conducción se realizó con base en 14 puntos, obteniendo sus cotas reales. Se colocaron dos válvulas de corte una al inicio y al final de la conducción, cada válvula conforme al numeral 5.4 del título 5 de parámetros de diseño de conducciones de la EMAAP-Q.

Tabla 36 Resultado del perfil de la conducción

Punto	Cota	Abscisa
Captación	3562.461	0+000
Caja de registro 1	3562.461	0+000
Caja de registro 2	3522.496	0+284
Válvula de Aire 1	3513.195	0+487
Válvula de Aire 2	3506.078	0+965
Válvula de Aire 3	3501.375	1+445
Válvula de Aire 4	3496.263	1+864
Válvula de Aire 5	3496.199	1+918
Válvula de Aire 6	3496.418	1+961
Válvula de Aire 7	3497.084	2+084
Válvula de Aire 8	3490.023	2+210
Válvula de Aire 9	3485.640	2+325

Válvula de Aire 10	3482.815	2+422
Entrada a Planta	3457.580	2+657

Distribución

El trazado de la RDAP se hizo como una red abierta considerando a la única calle principal como línea matriz, de donde se desprenden 5 redes secundarias (bifurcaciones o ramificaciones), cumpliendo con la normativa EMAAP-Q, para el trazado de tuberías matrices. Este lineamiento se encuentra en el título 7 de la norma literal 7.2.5 de redes de distribución.

La RDAP empieza desde el tanque de almacenamiento ubicado en la abscisa 2+680 hasta el ingreso a la comuna en la abscisa 8+722, se identificaron 4 cajas de registro, 1 reservorio para junta de riego, 76 conexiones domiciliarias (acometidas) y 9 válvulas de aire. Como muestra la tabla 37, el perfil de la distribución se realizó con base en la línea matriz que consta de 68 nodos, y luego se realizaron 5 perfiles adicionales correspondientes a las 5 bifurcaciones o ramificaciones existentes, las cuales suman 15 puntos en total, obteniendo sus cotas reales.

Tabla 37 Resultado del perfil de la línea matriz de la RDAP

Nodo	Cota	Abscisa
Tanque	3452.577	0+023.86
n1	3452.725	0+038.55
n2	3389.087	1+104.76
n3	3382.936	1+151.23
n4	3304.234	1+660.53
A1	3302.090	1+675.07
n5	3265.820	1+828.32
n6	3260.388	1+891.19
n7	3171.773	2+621.76
n8	3166.730	2+641.43
n9	3163.755	2+653.52
n10	3158.824	2+693.98
n11	3153.397	2+729.42
n12	3150.007	2+752.97
n13	3142.529	3+793.04
n14	3118.323	3+044.64
n15	3098.997	3+150.00
n16	3090.355	3+244.04
n17	3072.508	3+435.50
n18	3068.603	3+467.57
n19	3050.041	3+686.41

n20	3040.097	3+743.43
n21	3037.747	3+755.02
n22	3032.569	3+859.96
n23	3027.256	3+969.42
n24	3022.816	4+015.21
n25	3022.732	4+019.02
n26	3015.894	4+104.65
n27	3011.895	4+131.96
n28	3004.850	4+150.59
A2	3002.357	4+168.40
n29	2993.092	4+244.45
n30	2983.880	4+327.86
n31	2982.945	4+333.06
A3	2976.369	4+362.01
n32	2961.586	4+482.37
n33	2957.173	4+552.24
n34	2960.000	4+607.26
n35	2955.184	4+732.53
A4	2938.697	5+053.49
n36	2936.563	5+149.27
A5	2930.940	5+240.81
n37	2899.235	5+407.20
n38	2884.322	5+458.22
n39	2882.272	5+471.44
n40	2880.551	5+477.00
n41	2864.433	5+527.55
n42	2854.855	5+558.62
n43	2851.446	5+575.72
n44	2848.630	5+583.01
n45	2841.796	5+604.32
n46	2811.649	5+691.31
n47	2804.452	5+715.30
n48	2799.229	5+729.23
n49	2796.823	5+736.95
n50	2788.196	5+769.95
n51	2769.543	5+834.35
n52	2760.826	5+860.52
n53	2760.414	5+864.23
n54	2755.207	5+887.95
n55	2752.832	5+899.98
n56	2748.674	5+925.36
n57	2742.948	5+956.83
n58	2734.938	5+991.81

n59	2725.196	6+023.87
n60	2722.874	6+033.61
n61	2719.203	6+052.09
Ingreso M.A.	2716.909	6+063.25

3.3.4 Resultados de evaluación hidráulica en EPANET

Los datos ingresados para la simulación en EPANET fueron cotas, diámetros de tuberías rugosidad y demanda base del sistema. Luego de ingresar los datos se corre el programa obteniendo valores de presiones, velocidades y pérdidas.

CONDUCCIÓN

Mediante el uso del EPANET se pudo comprobar que la conducción con diámetro de 63 mm tiene la capacidad de transportar un caudal de 4.32 L/s, con base en la diferencia de cotas dado que esta funciona a gravedad en sistema presurizado. Para evaluar la capacidad de caudal de transporte, presiones y velocidades en la conducción, se consideró un tramo conformado por 14 nodos o puntos, desde la captación hasta la entrada a la planta de tratamiento, como se indica en la tabla 38.

Para simular la conducción el diámetro de tuberías usado fue el medido en campo de 63 mm, también se utilizaron las cotas reales obtenidas de los perfiles, y, un coeficiente de rugosidad absoluta de 0.120 mm correspondiente a la fórmula de Darcy-Weisbach para análisis de pérdida de carga en tuberías, como indica la normativa de la EMAAP-Q. El lineamiento referente a criterios para la selección de rugosidad se encuentra en el título 5 literal 5.4.2 de conducciones y líneas de transmisión de la norma.

Tabla 38 Resultados de la línea de conducción en EPANET

Tramo	Longitud de tubería (m)	Diámetro (mm)	Caudal EPANET (L/s)
Captación - Caja de registro 1	275.20	63	4.32
Caja de registro 1 - Caja de registro 2	215.10	63	4.32
Caja de registro 2 - Válvula de Aire 1	479.60	63	4.32
Válvula de Aire 1 - Válvula de Aire 2	478	63	4.32
Válvula de Aire 2 - Válvula de Aire 3	418.70	63	4.32
Válvula de Aire 3 - Válvula de Aire 4	55.25	63	4.32
Válvula de Aire 4 - Válvula de Aire 5	42.32	63	4.32

Válvula de Aire 5 - Válvula de Aire 6	125.80	63	4.32
Válvula de Aire 6 - Válvula de Aire 7	124.90	63	4.32
Válvula de Aire 7 - Válvula de Aire 8	115.50	63	4.32
Válvula de Aire 8 - Válvula de Aire 9	96.29	63	4.32
Válvula de Aire 9 - Válvula de Aire 10	235	63	4.32
Válvula de Aire 10 – Entrada planta	234.9	63	4.32

Caudal Epanet vs Caudal medido en campo

Luego de la modelación se obtuvo un resultado de capacidad de flujo de la tubería igual a 4.32 (L/s) que se define como caudal de transporte (Q_t), siendo este mayor al caudal medido en campo ($Q_{mc} = 0.5$ L/s), lo cual se debe a condiciones estacionarias de la época en la que fue medido, considerando que la línea de conducción va a transportar el caudal que genere la fuente de abastecimiento. Otro aspecto, es la presencia de predios ubicados a lo largo de la conducción, los cuales podrían ser un causal de desviación de caudal ilegal, lo último mencionado debería ser revisado por la autoridad competente. Como muestra la tabla 39.

Tabla 39 Parámetros evaluados en la conducción

PARÁMETRO	CANTIDAD
Coeficiente de rugosidad (r)	0.120 mm
Caudal de transporte (Q_t) EPANET	4.32 L/s
Caudal medido campo (Q_{mc})	0.5 L/s
Caudal medio futuro (Q_m) TEÓRICO	2.836 L/s
Caudal de concesión (Q_c)	1.01 L/s

Caudal Epanet vs Caudal medio diario teórico

El caudal medio diario futuro ($Q_m=2$ L/s) es menor a la capacidad total de transporte de la tubería ($Q_t= 4$ L/s), es decir, cumple con la normativa para cubrir el consumo promedio diario anual de la comunidad.

Caudal Epanet vs Caudal de concesión

La conducción tiene una capacidad de transporte ($Q_t= 4$ L/s) mucho mayor al caudal concedido ($Q_c= 1.01$ L/s), por ello se debe procurar que la comuna regule y controle que en la captación no se sobrepase este caudal para cumplir con lo acordado y estipulado por la EX SENAGUA y la JAAPySMA.

Presiones en la conducción

El recorrido de la conducción inicia con presiones estáticas de 39 metros de columna de agua (m.c.a.) y se estabiliza en las válvulas de aire, la presión sube en el tramo del terreno en donde se ubican los predios, luego de este punto se encuentra la presión máxima de 104.88 m.c.a. en la entrada a la planta potabilizadora. A estas presiones máximas se aumentó el factor de seguridad del 30% como prevención para sobrepresiones y golpe de ariete (presión de trabajo de análisis). Las presiones de trabajo de la tubería deben ser compatibles con los materiales existentes en el mercado, y resultar mayores a las de trabajo de análisis, como muestra la tabla 40.

Tabla 40 Presiones estáticas en la conducción

NODO	Presión estática	Factor Seguridad	Presión trabajo análisis (m.c.a)	Presión trabajo tubería (m.c.a)	Sirve
Captación	0	1.3	0	127.55	SI
Caja Registro	39.97	1.3	51.961	127.55	SI
V. aire 1	48.27	1.3	62.751	127.55	SI
V. aire 2	56.38	1.3	73.294	127.55	SI
V. aire 3	61.09	1.3	79.417	127.55	SI
V. aire 4	66.2	1.3	86.06	127.55	SI
V. aire 5	66.26	1.3	86.138	127.55	SI
V. aire 6	66.04	1.3	85.852	127.55	SI
V. aire 7	66.52	1.3	86.476	127.55	SI
V. aire 8	72.44	1.3	94.172	127.55	SI
V. aire 9	76.82	1.3	99.866	127.55	SI
V. aire 10	79.65	1.3	103.545	127.55	SI
Entrada Planta	104.88	1.3	136.344	163.26	SI

El criterio del literal 7.3.5 de la normativa EMAAP-Q, indica que en sistemas de abastecimiento se debe trabajar con una presión máxima estática de 60 m.c.a., con el fin de evitar el corte de la línea piezométrica y la despresurización de las tuberías. (EMAAP-Q, 2008)

Además, se identifica que cuando la conducción tiene un flujo de fluido las presiones de servicio se tornan positivas al inicio y negativas desde las válvulas de aire hasta la entrada a la planta, estos resultados de presiones negativas están ligados a la naturaleza de la topografía del terreno, y debido a que la línea de conducción se encuentra sobre la línea de presión, es decir, la ubicación de la tubería está por encima de la línea piezométrica, esto se observó con claridad en el perfil de la línea de conducción, en la figura 16 se muestra la simulación en EPANET.

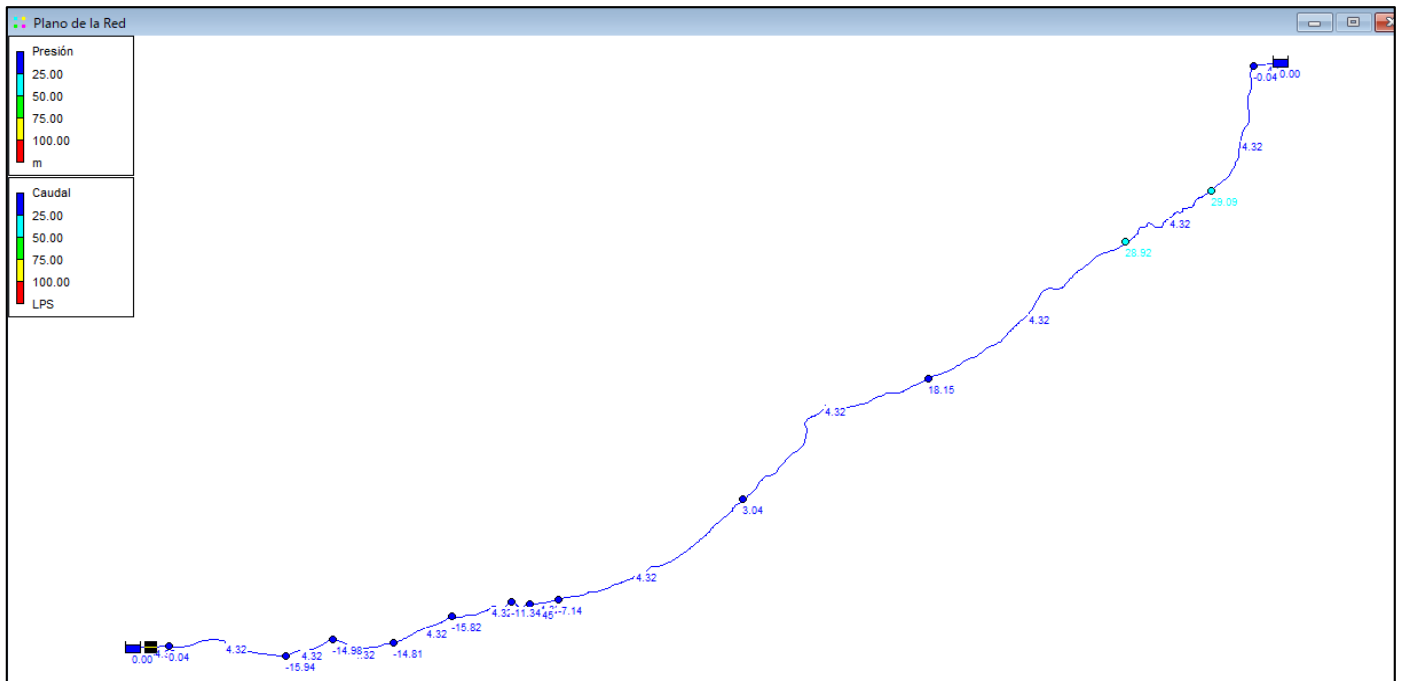
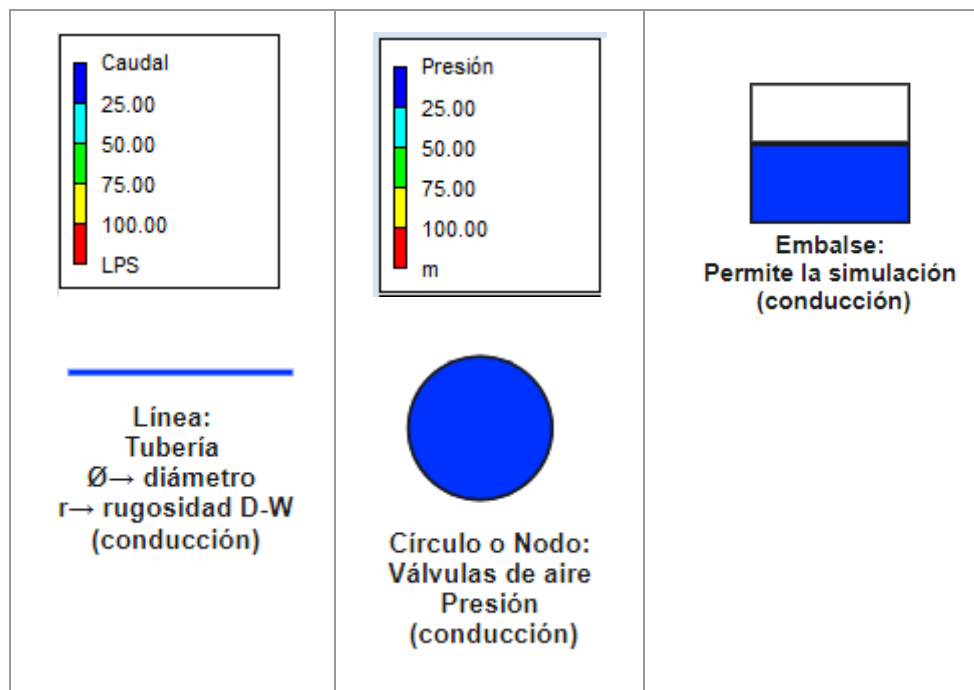


Figura 16 Simulación de la conducción en EPANET

DONDE:



Velocidades en la conducción

La conducción opera con una velocidad constante igual a 1.39 metros por segundo (m/s) cumpliendo con la normativa para velocidades máximas y mínimas.

Pérdidas unitarias en la conducción

Las pérdidas producidas por fricción en la conducción tienen como valor mínimo 39.29 metros por kilómetro (m/km) y máximo igual a 39.38 m/km, es decir trabaja con poca cantidad de caudal con respecto a su capacidad real, por una sola tubería de diámetro igual a 63 mm.

DISTRIBUCIÓN

El análisis de la RDAP del sistema actual se realizó con la topografía provista por la comunidad, inicialmente se simuló en EPANET el modelo estático es decir, sin demanda de caudales en las tuberías, y, como resultado se obtuvieron presiones estáticas en un rango de 63 a 733 m.c.a., estos valores pueden generar posibles roturas en tuberías y causar mal rendimiento del sistema, por esta razón se procedió a realizar el análisis hidráulico para una RDAP nueva que permita cumplir con límites establecidos en la normativa correspondiente para presiones máximas estáticas de modo que el suministro de agua sea realmente efectivo.

Es importante mencionar que este modelo estático del sistema actual sin modificaciones, consta con 83 nodos, desde el tanque de almacenamiento hasta el ingreso al M.A., con cinco bifurcaciones (redes secundarias) como muestra la figura 17. Los datos introducidos a EPANET para el modelo estático de la línea matriz fueron los actuales del sistema, cotas reales de perfiles, diámetro igual a 63mm, y rugosidad de 0.120 mm, esta última bajo el mismo criterio usado para la conducción.

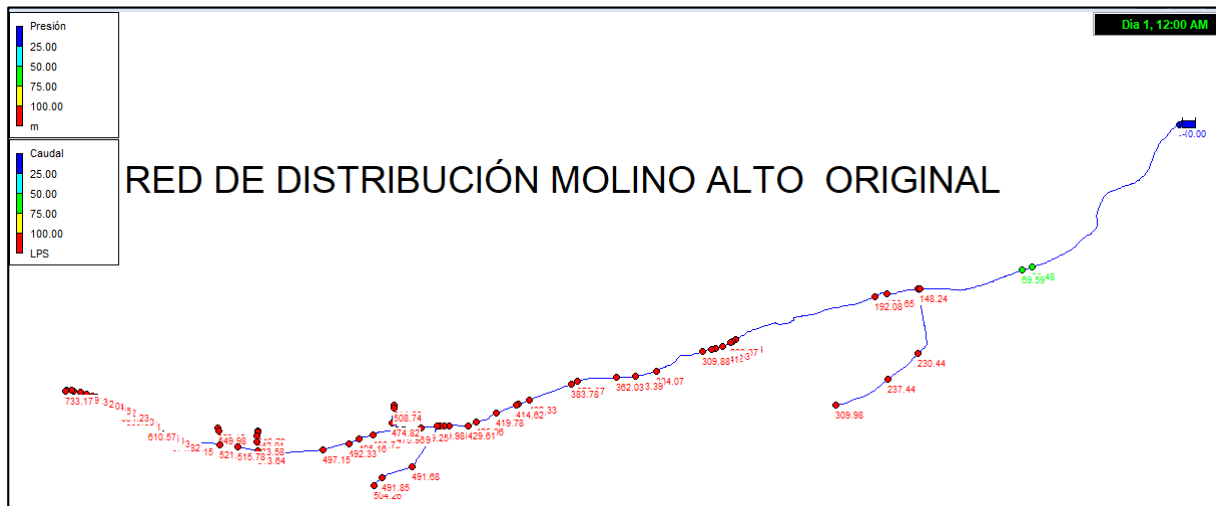
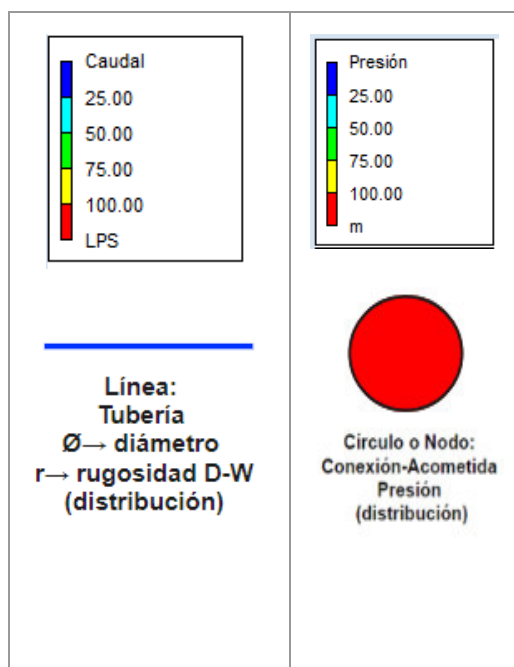


Figura 17 RDAP actual de la comuna M.A. EPANET

DONDE:



La evaluación de la nueva RDAP se realizó segmentando a la línea matriz de las bifurcaciones dado que la red presentó un modelo inestable para su simulación en modelo estático y dinámico. La línea matriz consta de 68 nodos, desde el tanque de almacenamiento hasta ingreso a la comuna, como muestra la figura 18, y la tabla 41, se diseñaron 5.96 km de tubería con diámetros de 50 a 110 mm.

Debido a que las presiones en el sistema actual superan por mucho lo que establece la norma de presiones máximas estáticas, se implementaron 23 válvulas de rotura de carga en puntos estratégicos utilizando el perfil de la línea matriz de la distribución para reducir estas presiones y así poder cumplir esta normativa, como muestra la tabla 42, además, para el modelo dinámico las mismas válvulas son de tipo VRP.

Se utilizó el criterio del literal 7.3.5 de la normativa EMAAP-Q, donde indica que los sistemas de abastecimiento deben operar con una presión mínima dinámica de 10 m.c.a., y una presión máxima estática de 60 m.c.a, además, se debe tener como mínimo una presión de 5 m.c.a. en válvulas y accesorios. (EMAAP-Q, 2008)

Tabla 41 Composición de la línea matriz de la nueva RDAP

ID Tubería	Diámetro \varnothing (mm)	Carga (M.p.a)	Longitud (Km)
1	110	0.8	1.02
2	75	0.8	1.42

3	63	0.8	1.68
4	50	0.8	1.2
5	50	1.25	0.655

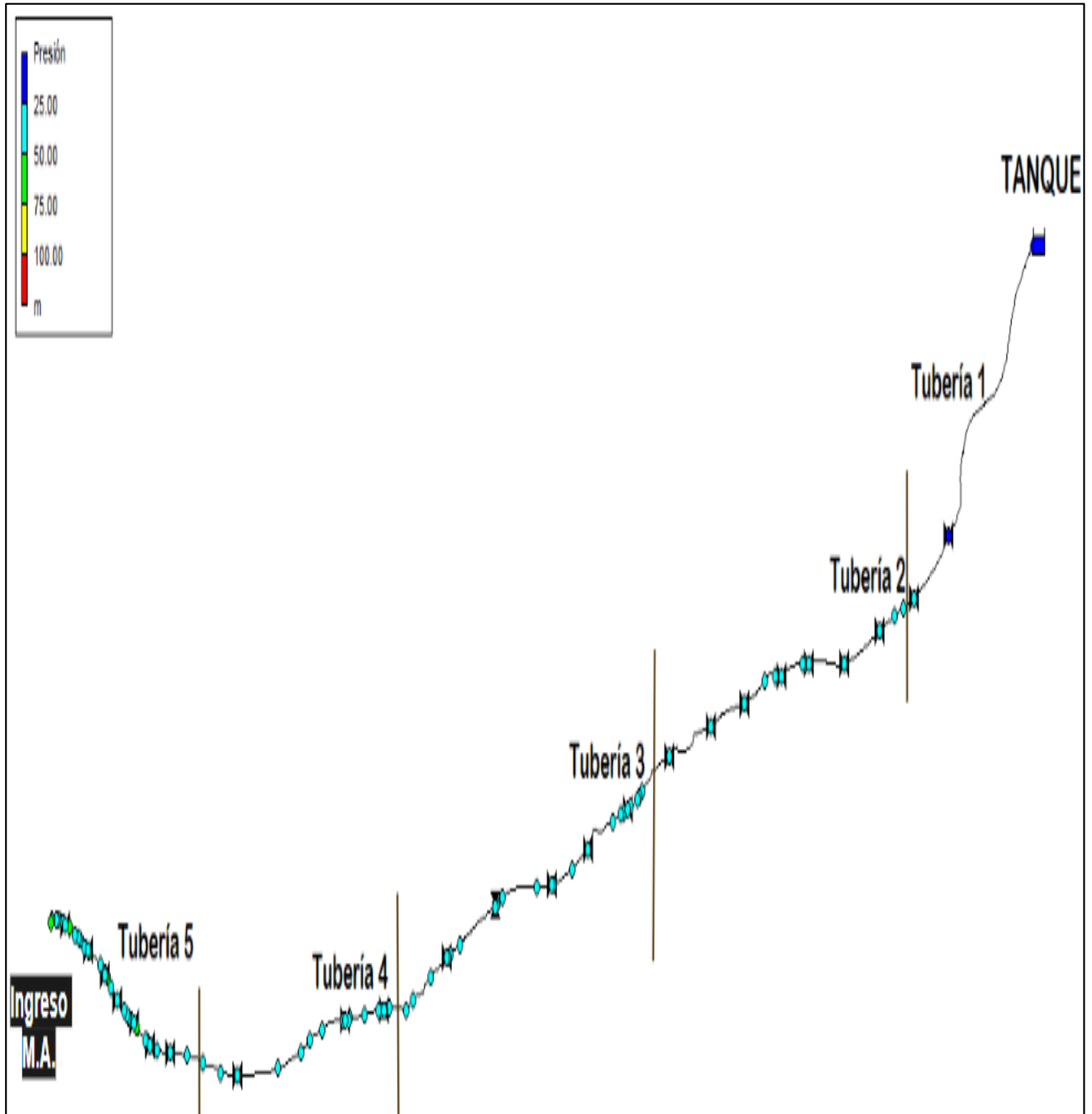


Figura 18 Línea matriz de la nueva RDAP

DONDE:

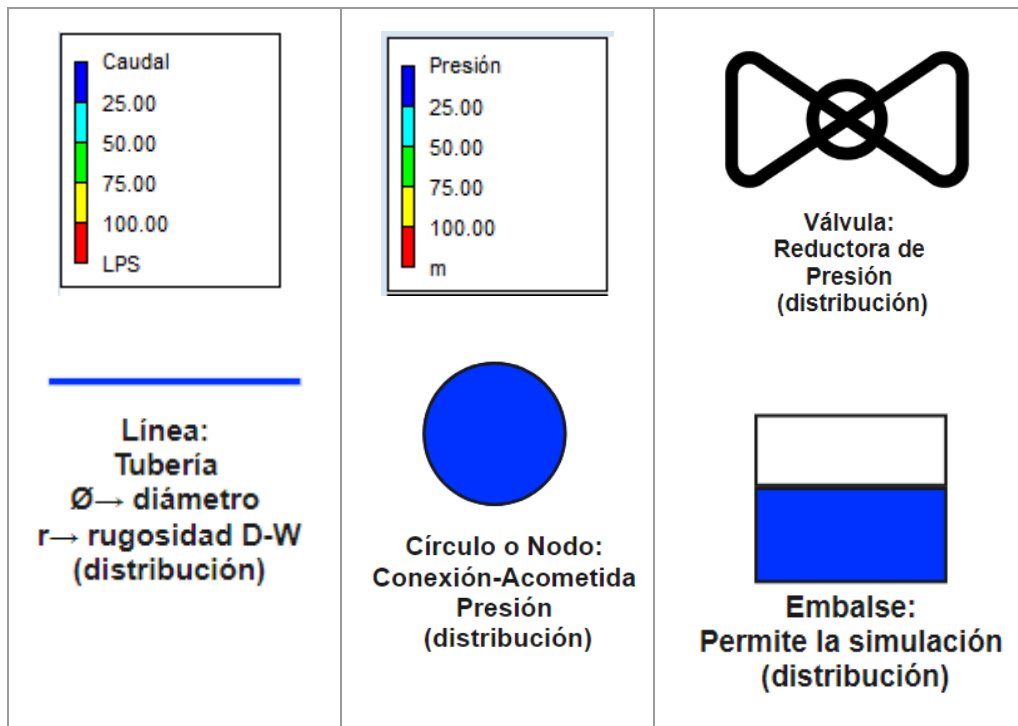


Tabla 42 Válvulas implementadas en la nueva RDAP (modelo estático y dinámico)

ID Válvula	Cota	Presión estática	Presión dinámica	Cumple Norma EMAAP
1	3397.58	55	30	SI
2	3367.58	60	30	SI
3	3337.58	60	30	SI
4	3307.58	60	30	SI
5	3277.58	60	30	SI
6	3247.58	60	30	SI
7	3217.58	60	30	SI
8	3187.58	60	30	SI
9	3157.58	60	30	SI
10	3127.58	60	30	SI
11	3097.58	60	30	SI
12	3067.58	60	30	SI
13	3037.58	60	30	SI
14	3007.58	60	30	SI
15	2977.58	60	30	SI
16	2947.58	60	30	SI
17	2917.58	60	30	SI

18	2887.58	60	30	SI
19	2857.58	60	30	SI
20	2827.58	60	30	SI
21	2797.58	60	30	SI
22	2767.58	60	30	SI
23	2737.58	60	30	SI

Modelo Estático

Para analizar presiones máximas en la línea matriz se realizó el diseño propuesto con la configuración de red abierta existente, considerando la instalación de 23 válvulas de rotura de presión (PBV), como método de solución, dado que obliga a que la caída de presión en la válvula sea siempre un valor predeterminado, en este caso el valor de presión de caída requerido entre el nudo aguas arriba y aguas abajo es una consigna o tarado de 30 m. cumpliendo los requisitos de simulación en el modelo estático. Luego se comprobó que todos los nodos, tuberías y válvulas estén correctamente conectados siguiendo el sentido del recorrido evaluado, logrando un rango de presión estática de 25 a 58 m.c.a., como muestra la tabla 43, valores que cumplen con la normativa vigente.

Tabla 43 Resultado de la nueva RDAP (modelo estático con PBV)

ID LÍNEA	Tramo	Diámetro Ø (mm)	Presión máxima (m.c.a)	Cumple Norma EMAAP
Tubería 1	n1 - v2	110	55 - 25	SI
Tubería 2	n2 - v9	75	33.49 a 25	SI
Tubería 3	n7 - v15	63	40.80 a 50.68	SI
Tubería 4	n28 - v18	50	27.73 a 41.64	SI
Tubería 5	n37 - Ingreso M.A.	50	43.34 a 45.67	SI

Modelo Dinámico

Para analizar caudales, presiones y velocidades en la línea matriz se realizó la simulación del modelo dinámico, el diámetro mínimo de la red es de 2 in (50mm) y diámetro máximo de 4.3 in (110mm) con 23 VRP, porque limitan la presión en algún punto de la red que este sobre un

tramo de tubería y mantienen una presión constante a la salida (aguas abajo), inclusive para caudales nulos, a la vez se consignó un valor de 30 m como presión requerida aguas abajo de la válvula. Como resultado se obtuvo un rango de presión dinámica de 15 a 83 m.c.a, valores que cumplen con la normativa vigente, como muestra la tabla 44.

A partir de la información de las características de tuberías y demanda de consumo de agua en los domicilios, con base en el QMH DE 8.51 L/s, se realizó el análisis hidráulico de tamaño de tuberías en la distribución usando diámetros reales internos de material PVC, no obstante, los diámetros de tuberías propuestos en los planos corresponden a nominales de catálogos comerciales para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable.

Finalmente se obtuvieron velocidades en un rango de 2.18 a 0.57 m/s en la línea matriz de la RDAP cumpliendo con la normativa para velocidades máximas y mínimas.

Tabla 44 Resultado de la nueva RDAP (modelo dinámico con VRP)

ID LÍNEA	Tramo	Diámetro Ø (mm)	Presión mínima (m.c.a)	Velocidad m/s	Pérdida unitaria (m/km)	Cumple Norma EMAAP
Tubería 1	n1 - v2	110	15.94 a 43.33	1.02	11.65	SI
Tubería 2	n2 - v9	75	33.18 a 30	2.18 - 1.42	82.65	SI
Tubería 3	n7 - v15	63	31.03 a 30	2.02 - 1.10	88.46	SI
Tubería 4	n28 - v18	50	31.56 a 30	1.74 - 0.53	89.75	SI
Tubería 5	n37 - Ingreso M.A.	50	47.48 a 50.67	0.57	11.32	SI

Bifurcaciones

El análisis hidráulico estático y dinámico de las cinco redes secundarias se realizó por separado, como se muestra en la sección 5 del Anexo 2, para ello se colocaron un total de 6 VRP.

Las velocidades resultantes a los finales de tramos de una RDAP abierta, considerando que estas velocidades son solo teóricas, normalmente no cumplen con la normativa, debido a que los caudales son sumamente pequeños, pero para el análisis teórico y cálculo de presiones es adecuado suponer que se van a dar estas velocidades pequeñas menores a 0.45 m/s.

3.4 PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA DE MEJORAS

Para proponer algunas mejoras según la calidad de agua se han realizado cálculos presentados en la sección 6 y 7 del Anexo 3.

Con base en el análisis de resultados realizado obtenidos en los literales 3.1.,3.2., y 3.3 de este capítulo, se plantean las siguientes mejoras:

3.4.1 Captación y procesos de la PTAP según la calidad de agua

Captación de agua cruda: Caja recolectora de caudal

Debido a la necesidad de captar el caudal de manera óptima y constante se realizó el cálculo de la altura de una caja de hormigón que tiene como objetivo captar el caudal hasta una altura donde garantice un caudal medio diario constante para la comunidad, la caja está diseñada con dimensiones típicas de 2 m x 2 m y es de hormigón, tendrá una tapa de dimensiones 80 cm x 80 cm que permitirá el ingreso de los operadores para darle mantenimiento, el cálculo de la altura de la caja se encuentra en la sección 6 del anexo 2.

También es importante inspeccionar periódicamente el punto de captación de agua cruda para evitar posibles fuentes de contaminación como por ejemplo excretas de animales además se debe limpiar el crecimiento de maleza en un radio adecuado donde se visualice caída de hojas de los árboles y crecimientos de maleza que pueda obstruir el paso de caudal por la tubería.

Sedimentación

Llevar una vigilancia constante de los sedimentos acumulados en el fondo de la unidad como de la calidad del caudal que está ingresando, con el criterio enfocado en la turbiedad del agua ya que esto afecta directamente la eficiencia de la operación del sedimentador. En cuanto al mantenimiento del sedimentador incluye realizar periódicamente limpiezas que remuevan las partículas acumuladas hasta el aforo límite indicado en el fondo de la estructura hidráulica, para ejecutar estas limpiezas se debe cerrar el paso del caudal que entra en la unidad. (OPS, 2005).

Es importante notificar a los usuarios sobre los cortes de agua para que tomen medidas durante el periodo, procurar realizar los cortes en horarios donde la demanda del servicio es baja. (OPS, 2005).

Filtración

Aplicar el método de trillado en húmedo con remoción de material filtrado para mejorar la eficiencia de los filtros, este método consiste en pasar flujo a contracorriente (ascendente)

mientras se rastrilla el lecho hasta que el agua que se está utilizando para el lavado salga menos turbia, de esta manera el agua que se usa para lavar arrastra material acumulado que se desprende al rastrillar el material. Además, también se puede combinar con un trillado en seco para descompactar la arena y redistribuir el material filtrante de esta manera se logrará regenerar la porosidad del lecho. (MARRÓN, 1999)

Eutrofización

Para el control de la eutrofización se debe mantener la reducción de emisión externa de nutrientes a las unidades hidráulicas de la planta de tratamiento además de mantener el mantenimiento correctivo y preventivo que se recomienda en el manual de este trabajo.

Desinfección

Realizar el estudio detallado de la demanda de cloro ya que es vital conocer la cantidad de cloro que consumirán sustancias como el hierro, manganeso y materia orgánica presente en el agua, de este modo se sabrá la dosificación correcta de hipoclorito y cuánto tiempo tardará en reaccionar con las sustancias presentes en el volumen de agua del tanque de almacenamiento de agua de la planta de tratamiento de la comunidad. (ARAOZ, 2002).

La demanda de cloro debe ser analizada ya que depende de la dosis que se suministrará al tanque de agua, del pH, del tiempo de contacto, de la temperatura del agua y del cloro libre residual deseado que en este caso debe ajustarse al valor que indica la normativa NTE INEN 1108. (ARAOZ, 2002).

Suministro de agua potable a usuarios

Los valores de cloro libre residual que llegan a los domicilios de los habitantes de la comunidad M.A. deberían ajustarse entre 0.3 mg/L hasta 1.5 mg/L según la normativa NTE INEN 1108. De esta manera también se evitará posibles enfermedades causadas por proliferación de bacterias que deben ser eliminadas mediante una correcta desinfección.

Dosificación de hipoclorito de calcio

A continuación, la dosis de cloro mediante el método concentración-tiempo tomando como referencia los valores de K de la tabla 45 presentada en las pautas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q.

Tabla 45 Constante K (mg/L) con remoción del 90% de Coliformes totales para plantas de tratamiento, con una temperatura de 10 °C y pH de 7.

C dosis de cloro aplicada (mg/L)	pH 7
-----------------------------------------	-------------

1.2	38
-----	----

Fuente: (EMAAP-Q, 2008)

Resultando una dosis de cloro libre residual igual a 1.2 mg/L y un valor de K igual 38 mg.min/L. La resolución se encuentra explícita en la sección 7 del Anexo 2.

La solución clorada se obtendrá de pesar 1401.75 g con un volumen de agua recomendado de 600 L esta será la solución madre.

El valor de $1635.375 \frac{mg}{L}$ cumple con el valor para evitar cristalización en la manguera de dosificación.

3.4.2 Conducción y PTAP según evaluación hidráulica

Conducción

Desbroce y limpieza en toda el área que comprende la línea de conducción, así como mantenimiento de estructuras y accesorios, también la implementación de taludes como medida de contención y protección contra derrumbes ocasionados por temporada de lluvias.

Planta Potabilizadora de agua

El tanque desarenador que está en la llegada de la conducción es mejor vaciarlo, darle mantenimiento y dejarlo sin sedimentos, para que funcione de adecuadamente reduciendo la carga de sólidos. Se sugiere realizar un análisis de diseño y de las dimensiones de la unidad de sedimentación de acuerdo a metodologías que cumplan con normativas correspondientes, y, considerando que para plantas con caudal menor a 100 L/s se debe contar mínimo con dos unidades. Evaluar del mismo modo la cámara de aquietamiento del desarenador.

Se recomienda evaluar las características y espesores de los materiales que componen al medio filtrante que deben ser implementados nuevamente en los filtros, así como realizar lavado de las capas superficiales del medio filtrante por raspado manual a la unidad de filtración (filtros), de acuerdo con la normativa vigente, para plantas de caudal menor a 100 L/s se debe contar mínimo con dos filtros.

Además, se sugiere la implementación de un espacio para análisis básicos In situ, así como una garita y un baño para el operador, estos ambientes son los mínimos con los que debe contar una planta pequeña con caudales menores a 100 L/s.

En el caso de que las tuberías que conectan los tanques y diferentes operaciones unitarios se hayan tapado, es necesario introducir agua a presión para destapar (con mangueras), y, no utilizar agentes químicos en los taponamientos.

3.4.3 Almacenamiento

El inicio de la RDAP es en el tanque de almacenamiento, el volumen del tanque propuesto es de 85 m³, para el caudal futuro, mientras que para el caudal actual se necesita un tanque de 40 m³, este tanque da la presión necesaria a la red de distribución propuesta, garantizando que llegue sin problemas a los domicilios. El costo de implementación estimado del tanque de 75 m³, por miduvi – praguas, es de \$17 201.46 (diecisiete mil doscientos uno, con 46/100 US dólares de estados unidos de américa, sin incluir IVA).

Los planos propuestos se encuentran en el archivo pdf con nombre **Anexo Planos Tanques**.

3.4.4 Distribución

La evaluación de la red actual tiene presiones muy elevadas indeseables para el funcionamiento de equipos hidráulicos, esto también ocasiona la rotura de tuberías, y, que el líquido vital no se dirige con suficiente presión a los usuarios, por esta razón se realizó una propuesta de mejoras para la RDAP de la comuna M.A:

El diseño propuesto de la RDAP parte de la existente en la región (configuración de red abierta), con diámetro mínimo de 2 in (50mm) y diámetro máximo de 4.3 in (110mm), con base en la línea matriz se evaluaron las presiones del sistema, y se propone la implementación de 29 VRP en total, que reducen las presiones excesivas en el sistema con el fin de reducir pérdidas y consumos, además, promueven el ahorro en la inversión de tuberías por medio de reducción de presión de trabajo en estas, se cambió el tamaño de tuberías por tramo, según la ubicación de las válvulas, después de una válvula rompe presión se puede aumentar o disminuir el diámetro de la tubería. El material y cantidad de obra de la RDAP se recomienda según lo establecido en la EPMAPS – Agua de Quito. Se descartaron a tanques rompe presión por la facilidad de la contaminación del agua.

El costo de implementación estimado de la RDAP es de \$187 783.14 (ciento ochenta y siete mil setecientos ochenta y tres, con 14/100 US dólares de estados unidos de américa, sin incluir IVA). El resultado principal de la red de distribución son los planos, los cuales se adjuntan en el archivo pdf llamado Anexo Planos RDAP.

3.4.5 Cantidades de obra, presupuesto y planos

Para determinar la inversión requerida según cantidades de obra de las mejoras propuestas al sistema se realizó un presupuesto detallado, que incluye un costo indirecto del 20% según EPMAPS-Q, se consideraron reparación y mantenimiento del tanque desarenador ubicado en la planta de tratamiento de agua potable, materiales para construcción del tanque de almacenamiento y de la red de distribución. Con un costo total estimado de \$222 786.07 (doscientos veinte y dos mil setecientos ochenta y seis, con 07/100 US dólares de estados

unidos de américa, sin incluir IVA). No se consideró la mano de obra debido a que la comunidad cuenta con un comité conformado por peones, ayudantes, carpinteros, albañiles, pintores que realizan trabajos de construcción, operación y mantenimiento.

Este presupuesto contiene costos referenciales, no obstante, la comunidad M.A tiene un monto de \$ 98 000, por ello se sugiere a los dirigentes gestionar a través de instituciones o, a su vez, solicitar asistencia y colaboración de las autoridades gubernamentales con el financiamiento para la construcción del proyecto.

El resultado del presupuesto se detalla en el Anexo 3.

3.5 Manual de operación y mantenimiento

El producto final entregable de este trabajo de titulación es un manual de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua, para su elaboración se consideraron los requerimientos iniciales de la comuna. Este manual se entrega en un archivo pdf nombrado **Manual del SAAPMA**.

SECCIÓN 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La comuna M.A tiene una población de 623 habitantes con un porcentaje alto de pobreza, quienes se dedican a la agricultura y elaboración artesanal de productos lácteos, y, no tienen acceso al sistema de alcantarillado para desechar excretas, no obstante, una fracción reducida de la población tiene acceso al servicio de recolección de residuos sólidos, lo cual permite evidenciar las diferencias de la zona rural y urbana, en la cobertura de servicios básicos.
- La Concesión de Caudal aprobada por la EXSENAGUA es igual a 1.01 L/s, el cual es menor al caudal calculado igual a 1.6 L/s, por esta razón es recomendable que la JAAPySMA solicite una ampliación de caudal para cubrir con el suministro demandado a futuro. Además, los caudales medidos en campo resultaron mucho menores al caudal de concesión, que evidencia que la conducción va a transportar el caudal que genere el ojo de agua según la temporada del año.
- El Agua cruda de la comunidad M.A es de buena calidad según los LMP de la normativa TULSMA, por lo que el tratamiento de purificación adecuado debe ser primario simple (sedimentación, filtración lenta y desinfección) para ser apta para empleo humano y uso doméstico. El agua potable de la comunidad M.A no cumple los LMP en el parámetro cloro libre residual, este valor se encuentra por debajo de lo establecido según normativa NTE INEN 1108, se debe realizar la dosificación correcta.
- Se encontraron procesos de eutrofización en las unidades hidráulicas de la planta debido a presencia de Ortofosfatos, nitritos y nitratos que son causantes del crecimiento de algas.
- Se recomendó mantenimiento correctivo y preventivo para los procesos unitarios de la planta de tratamiento con el fin de mejorar la eficiencia de la planta para que con estas propuestas se entregue un agua de calidad apta para el consumo humano y uso doméstico según normativas.
- La línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable de M.A, funciona en condiciones aceptables a pesar estar sobredimensionada. por ello se recomienda únicamente mantenimiento, desbroce y limpieza en esta. El sistema tiene operación y mantenimiento inadecuados, su personal operativo no ha recibido capacitaciones, las estructuras de la captación y de la planta de tratamiento necesitan ser reparadas.

- El diseño propuesto de la red de distribución tiene una configuración de red abierta, abastecida por un tanque circular de 85 m³, se considera para trabajar a gravedad con cambio de tuberías, de 2 in (50mm) a 4.3 in (110mm), cuenta con 29 VRP dado que estos elementos auxiliares ayudan a cumplir con los valores de presión y son económicos para el diseño de redes, cumpliendo con parámetros de la norma EMAAP-Q de presiones, diámetros de tuberías y velocidades. En algunos tramos de las redes secundarias (bifurcaciones) no se estabilizaron las presiones ni velocidades, el presupuesto estimado total requerido es \$ 222 786.07.
- La implementación de la propuesta en la comunidad M.A, contribuye a que su población acceda al servicio seguro de agua potable, mejorando la cantidad de agua suministrada con abastecimiento continuo, así como su calidad de vida.

4.2 RECOMENDACIONES

- Esta propuesta de mejoras es aplicable a comunas pequeñas con características similares a la comuna jurídica “Molino Alto”, dado que en Ecuador existe deficiencia en el abastecimiento de agua potable en zonas rurales.
- Para la evaluación, diseño y dimensionamiento de sistemas de abastecimiento de agua potable es necesario realizar recorridos en campo, muestreo de agua, catastros e inspección visual de cada una de las obras hidráulicas del sistema.
- Para el análisis hidráulico de sistemas de abastecimiento de agua potable es recomendable el uso de programas como EPANET que facilitan el cálculo de parámetros, permitiendo la obtención de datos a partir de información existente, de una forma rápida y confiable.
- Considerar que, la línea matriz es el alma de la distribución, con base en esta se evalúan las presiones del sistema, según la normativa vigente. Si se conectan directamente conexiones domiciliarias a red matriz o principal la presión tiende a bajar, sólo en zonas rurales de redes abiertas se puede enlazar una conexión domiciliaria directo a la red matriz.
- El presente trabajo puede ser complementado con la evaluación hidráulica detallada de cada una de las operaciones unitarias de tratamiento en la planta potabilizadora, así como evaluación de la fuente de abastecimiento, debido a que el proceso óptimo del agua potable abarca la captación, potabilización, distribución, descarga y tratamiento.
- La aplicación de tratamiento primario simple en zonas rurales pequeñas se debe a su fácil operación y bajo costo de obra y mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACNUR. (2019). INFORME MUNDIAL DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. RECUPERADO DE <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

APHA (2005) MÉTODOS ESTÁNDAR PARA EL EXAMEN DE AGUA Y AGUAS RESIDUALES, 21ª ED. ASOCIACIÓN ESTADOUNIDENSE DE SALUD PÚBLICA, WASHINGTON, DC

ARAOZ, L. (2002). MODELO DE DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA FRANCISCO WIESNER DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ-EAAB. RECUPADO DE <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15728/u236792.pdf?sequence=1&isallowed=y>

ARCA. (2016). Agencia de Regulación y Control del Agua. Evaluación de sistemas de distribución de agua potable. Recuperado de www.regulacionagua.gob.ec.

Astillero, A. G. (5 de septiembre de 2019). Ecología verde. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-agua-potable-y-sus-caracteristicas-1643.html>

AWWA. (2017). American Water Works Association. DESARROLLO, PROTECCIÓN Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. Recuperado de www.awwa.org

BARREZUETA, H. D. (5 DE AGOSTO DE 2014). LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. RECUPERADO DE https://www.etapa.net.ec/portals/0/transparencia/literal-a2/ley-organica-de-recursos-hidricos_-usos-y-aprovechamiento-del-agua.pdf

Camargo, J., & Alonso, A. (mayo de 2007). Asociación española de ecología terrestre. Recuperado de <file:///C:/Users/INTEL/Downloads/457-Texto%20del%20art%C3%ADculo-875-1-10-20120929.pdf>

COLLAS, M, (25 DE FEBRERO DE 2010). SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD NTP ISO/IEC 17025. RECUPERADO DE https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/protocolo_agua.pdf

CONAGUA. (2007). MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. DISEÑO DE PLANTAS POTABILIZADORAS TIPO DE TECNOLOGÍA SIMPLIFICADA. Recuperado de www.conagua.gob.mx

DMQ, 2014. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Diagnóstico del Territorio del DMQ. Unidad del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del DMQ. Recuperado de <http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticoterritorio.pdf>

DRÉO, J. (9 DE JUNIO DE 2016). EL CICLO DEL NITRÓGENO. RECUPERADO DE BIOGEOCHEMICAL CYCLES (CICLOS BIOGEOQUÍMICOS)

EMAAP-Q. (2008). NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE PARA LA EMAAP-Q (1st ed., pp. 56-110). EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE.

EPMAPS-Q, 2019. Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento Quito. Tabla de descripción de rubros, unidades, cantidades y precios obra. Recuperado de <https://www.aguaquito.gob.ec/>

Espinoza, P. (2019). Caracterización de Aguas. Quito.

EXSENAGUA, 2019. "Concesión del derecho de aprovechamiento del agua" por la "Autorización de uso y aprovechamiento de agua". Quito, Ecuador: EX SECRETARÍA NACIONAL DEL AGUA.

GADQUINCHE, 2020. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural – El Quinche. Red de asentamientos humanos parroquiales. Recuperado de <https://elquinche.gob.ec/la-parroquia/our-portfolio/93-red-de-asentamientos-humanos-parroquiales.html>

García, A., (2019). Qué es el AGUA POTABLE y sus características - te lo contamos. ecologiaverde.com. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-agua-potable-y-sus-caracteristicas-1643.html>

GARCIA, A., GOMEZ, J., & BILBAO, L. (08 DE AGOSTO DE 2011). AGRICULTURA FAMILIAR. RECUPERADO DE https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cipaf_ipafnoa_manual__de_agua.pdf

INEC. (2020). Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo de población y vivienda. Recuperado de www.ecuadorencifras.gob.ec.

INEN. (2020). REQUISITOS PARA AGUA DE CONSUMO HUMANO INEN. RECUPERADO DE <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>

INEN, N. (2013). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE->

MUESTRAS.pdf?x42051#:~:text=1.1%20Esta%20norma%20establece%20las,biol%C3%B3gicos%20pero%20no%20an%C3%A1lisis%20microbiol%C3

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (1997). CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. C.E.C. Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural. Quito, Ecuador.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (1993). CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. C.E.C. Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales, para poblaciones mayores de 1000 habitantes (1st ed., pp.40-44). Quito, Ecuador.

León de la Cruz, L. (2020). Propuesta De Un Sistema De Potabilización Para La Comunidad Unión Y Progreso, Cantón Cotacachi, Provincia De Imbabura, EPN. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20952/1/CD%2010475.pdf>

López Cualla Ricardo (2000). Elementos De Diseño Para Acueductos Y Alcantarillados (Primera edición quinta reimpresión). Bogotá. Escuela Colombiana De Ingeniería.

López Cualla, R. (2004). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados (2nd ed., pp. 22-334). Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

MARRÓN, C. (1999). PLANTAS DE TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN LENTA. DISEÑO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. RECUPERADO DE <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/mta0.pdf>

MINISTERIO DE VIVIENDA, (2016). MEMORIA DESCRIPTIVA DE INSTALACIÓN DE UN HIPOCLORADOR POR GOTEO CON FLOTADOR, CAPACITACIÓN Y FUNCIONAMIENTO. COLSULTADO EL 30 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

MSP. (2019). GUÍA DE AGUA SEGURA. CONTROL Y VIGILANCIA COMUNITARIA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Recuperado de www.salud.gob.ec

OMS-UNICEF. (2018). Preguntas principales sobre agua, saneamiento e higiene para uso en encuestas de hogares. JMP Who UNICEF, 3 (ISBN: 978-92-806-5009-9), pp.6-24.

ONU. (2015). El agua, fuente de vida. Un decenio internacional para la acción. Recuperado de www.onu.org

OPS. (2005). GUÍA DE PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES. RECUPERADO DE [https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/ops%202005.%20gu%C3%ada%](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/ops%202005.%20gu%C3%ada%20de%20operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf)

20procedimientos%20para%20operaci%c3%b3n%20y%20mantenimiento%20de%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf

OPS. (2012). Organización Panamericana de la Salud. Planes de Seguridad en el sector rural de Caldas del AGUA. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-ar649s.pdf>

OPS-OMS. (2019). LA AGENDA 2030 PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA, EL SANEAMIENTO Y LA HIGIENE EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: Una mirada a partir de los derechos humanos. Recuperado de <https://www.paho.org/blogs/etras/wp-content/uploads/2019/12/Version-Web-Espa%C3%B1ol-Agenda-2030.pdf>.

Pérez, R. (1993). DIMENSIONADO ÓPTIMO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA RAMIFICADAS CONSIDERANDO LOS ELEMENTOS DE REGULACIÓN. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/321>.

Rivas, W. A. (2015). Potabilización del agua. Bogotá: Universidad piloto de Colombia.

SEGURA, M., & PEDRO, V. (2009). CURSO DE MANIPULACIÓN DE AGUA DE CONSUMO HUMANO. ALICANTE: UNIVERSIDAD DE ALICANTE.

SENAGUA. (2014). Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua. Recuperado de <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>

SENPLADES, 2014. SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO. Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador. Recuperado de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/FOLLETO-Agua-SENPLADES.pdf>

Tuesca Molina, R., & Ávila Rangel, H. (2015). Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano (1st ed., p. 19). Universidad del Norte

TULSMA. (03 DE MARZO DE 2015) CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA PARA EFLUENTES DESTINADOS AL CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO. RECUPERADO DE <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

UNESCO. (2020). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático. Recuperado de <https://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020>

YAGUE, J, (2002). MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN.
OBTENIDO DE https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_01.pdf

ANEXOS

ANEXO 1: EVIDENCIA DE ENSAYOS EN LABORATORIO DEL CICAM



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricuarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 12 de agosto de 2021

No. IRI-21-322

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Aguilar Real Ingrid Tatiana.
Cédula / RUC: Torres Montenegro Alba Victoria.
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: ingrid.aguilar@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-02
No. Oferta de Servicio: OF21-147
No. Solicitud de trabajo: ST-21-103
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-322
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 02 al 04 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 14,1°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable en la comuna "Molino Alto" ubicado en El Quinche.
Fecha de muestreo: 2021-08-02
Rotulación de la muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Potable
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: DOMICILIO I
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: N° de envases: Preservante:
Plást. estéril 1 Tiosulfato

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Coliformes totales	PE-46/ SM E4.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
⁽¹⁾ Coliformes fecales	PE-46/ SM E4.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 12 de agosto de 2021

No. IRI-21-321

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Aguilar Real Ingrid Tatiana.
Cédula / RUC: Torres Montenegro Alba Victoria.
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: ingrid.aguilar@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-02
No. Oferta de Servicio: OF21-147
No. Solicitud de trabajo: ST-21-103
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21- 321
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 02 al 04 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 14,1°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable en la comuna "Molino Alto" ubicado en El Quinche.
Fecha de muestreo: 2021-08-02
Rotulación de la muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Potable
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: TANQUE
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: N° de envases: Preservante:
Plástico 1 No
Plást. estéril 1 Tiosulfato

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Coliformes totales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
⁽²⁾ Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
⁽³⁾ Nitrógeno total (Kjeldahl)	SM Ed.23, 2017, 4500 - Norg- C/ Volumetría	mg/L	< 1,0

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 12 de agosto de 2021

No. IRI-21-323

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Aguilar Real Ingrid Tatiana,
Torres Montenegro Alba Victoria.
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: ingrid.aguilar@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-02
No. Oferta de Servicio: OF21-147
No. Solicitud de trabajo: ST-21-103
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21- 323
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 02 al 04 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 14,1°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable en la comuna "Molino Alto" ubicado en El Quinche.
Fecha de muestreo: 2021-08-02
Rotulación de la muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Potable
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: DOMICILIO 2
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: N° de envases: Preservante:
Plást. estéril 1 Tiosulfato

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Coliformes totales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
⁽¹⁾ Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 12 de agosto de 2021

No. IRI-21-320

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Aguilar Real Ingrid Tatiana.
Cédula / RUC: Torres Montenegro Alba Victoria.
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: ingrid.aguilar@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-02
No. Oferta de Servicio: OF21-147
No. Solicitud de trabajo: ST-21-103
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-320
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 02 al 04 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 14,1°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable en la comuna "Molino Alto" ubicado en El Quinche.
Fecha de muestreo: 2021-08-02
Rotulación de la muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Potable
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: Desarenador
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Plástico	1	No
Plást. estéril	1	Tiosulfato

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Coliformes totales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
⁽²⁾ Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
⁽³⁾ Nitrógeno total (Kjeldahl)	SM Ed.23, 2017, 4500 - Norg- C/ Volumetría	mg/L	< 1,0

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



ANEXO 2: CÁLCULOS DE PARÁMETROS DE DISEÑO

1) **ANÁLISIS POBLACIONAL: Fuente** (INEN,1993)

Período de diseño: 30 años

Población de diseño:

AÑO	HABITANTES (hab)
	MOLINO ALTO
2000 EXSENAGUA	380
2010 EXSENAGUA	502
2020 ENCUESTAS	623

Población presente: 623 [hab]

Población Futura:

Método Lineal: $P_f = 623 + k(T_f - T_{uc}) = 987.50$ [hab]

Método Geométrico: $P_f = 623(1 + r)^{(T_f - T_{uc})} = 1306.72$ [hab]

Método Logarítmico: $P_f = 623 * e^{kg(T_f - T_{uc})} = 1307$ [hab]

Población Futura: 1307 [hab]

DONDE:	ECUACIONES DE MÉTODOS ANALÍTICOS		
	MÉTODO LINEAL	MÉTODO GEOMÉTRICO	MÉTODO LOGARÍTMICO
<p>k → Pendiente de la recta. r → Tasa de crecimiento. k_g → Tasa de crecimiento.</p>	$k = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$	$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1$	$k_g = \frac{\ln(P_{uc}) - \ln(P_{ci})}{T_{uc} - T_{ci}}$
	<p>P_{uc} → Población del último censo (623 hab) T_{uc} → Año del último censo (2020) P_{ci} → Población del censo inicial (380 hab) T_{ci} → Año del censo inicial. (2000) P_f → proyección poblacional. T_f → tiempo de proyección.(2050)</p>		

2) VARIACIONES DE CONSUMO: Fuente (INEN,1997)

Actual Vs Proyección

$$\begin{aligned} Q_{m2020} &= \frac{f * P_f * D}{86400} = 1.352 \left[\frac{l}{s} \right] & Q_{m2050} &= \frac{f * P_f * D}{86400} = 2.836 \left[\frac{l}{s} \right] \\ Q_{MD2020} &= KMD * Q_m = 1.69 \left[\frac{l}{s} \right] & Q_{MD2050} &= KMD * Q_m = 3.55 \left[\frac{l}{s} \right] \\ Q_{MH2020} &= KMH * Q_m = 4.06 \left[\frac{l}{s} \right] & Q_{MH2050} &= KMH * Q_m = 8.51 \left[\frac{l}{s} \right] \end{aligned}$$

Donde:

Q_m: Caudal medio diario (L/s)

f: factor de fugas según nivel de servicio (20%)

P_f: población al final del período de diseño

D: Dotación (L/hab*día)

Q_{MD}: Caudal máximo diario (L/s)

K_{MD}: Factor de mayoración máximo diario (1.25)

Q_{MH}: Caudal máximo horario (L/s)

K_{MH}: Factor de mayoración máximo horario (3)

3) CAUDAL DE DEMANDA Fuente (EMAAP, 2008)

Determinación de caudales de consumo

Método de Longitudes Equivalentes:

$$Q_i = q * L_i; \quad q = \frac{Q_{MH}}{L_T}$$

Donde:

Q_i: Caudal de consumo en nodo (Distribución De Caudal Red Abierta Rural)

q: caudal unitario (0,00112 L/s*m)

L_i: Longitud del nodo

L_t: Longitud total red (7591.667 m)

Q_{MH}: Caudal máximo horario (8,51 L/s)

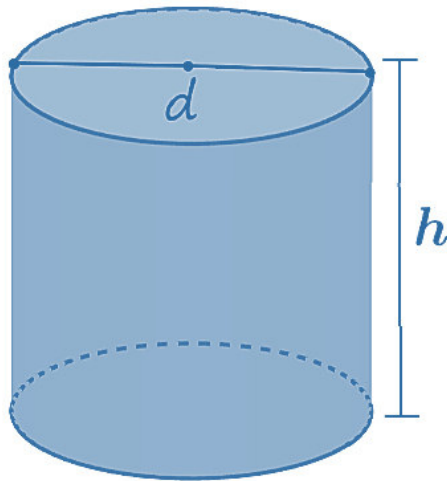
Q demanda: Caudal de consumo de nodo anterior. (L/s)

CAUDAL DE DEMANDA		
NODO (i)	Q Domiciliario (L/s)	Q demanda (L/s)
1		-8,50266704
2	1,19392	1,19392
3	0,0531328	0,0531328
4	0,572992	0,572992
A1	0,0132384	0,0132384
5	0,173264	0,173264
6	0,0710976	0,0710976
7	0,818608	0,818608
8	0,0205856	0,0205856
9	0,0123424	0,0123424
10	0,0483728	0,0483728
11	0,0405552	0,0405552
12	0,0221312	0,0221312
13	0,0488768	0,0488768
14	0,281792	0,281792
15	0,11872	0,11872
16	0,1040144	0,1040144
17	0,214816	0,214816
18	0,0362096	0,0362096
19	0,246288	0,246288
20	0,0621264	0,0621264
21	0,0137872	0,0137872
22	0,113456	0,113456
23	0,125888	0,125888
24	0,048664	0,048664
25	0,00406672	0,00406672
26	0,0990192	0,0990192
27	0,0303968	0,0303968
28	0,0208768	0,0208768
A2	0,0165872	0,0165872
29	0,0877968	0,0877968
30	0,0907984	0,0907984
31	0,005824	0,005824
A3	0,0324352	0,0324352
32	0,138656	0,138656
33	0,0781312	0,0781312
34	0,0613984	0,0613984
35	0,14112	0,14112
A4	0,355152	0,355152

36	0,109816	0,109816
A5	0,0999824	0,0999824
37	0,188944	0,188944
38	0,0545552	0,0545552
39	0,0148064	0,0148064
40	0,0066752	0,0066752
41	0,0561568	0,0561568
42	0,0349328	0,0349328
43	0,0190176	0,0190176
44	0,0121744	0,0121744
45	0,020216	0,020216
46	0,0973056	0,0973056
47	0,0286496	0,0286496
48	0,013832	0,013832
49	0,00703024	0,00703024
50	0,0369936	0,0369936
51	0,0743008	0,0743008
52	0,0284592	0,0284592
53	0,00439936	0,00439936
54	0,030464	0,030464
55	0,0130032	0,0130032
56	0,0243152	0,0243152
57	0,0357056	0,0357056
58	0,039928	0,039928
59	0,0353808	0,0353808
60	0,0128352	0,0128352
61	0,02268	0,02268
62	0,377888	0,377888
63	0,214032	0,214032
64	0,320656	0,320656
65	0,260288	0,260288
66	0,176064	0,176064
67	0,059808	0,059808
68	0,0529648	0,0529648
69	0,0802032	0,0802032
70	0,0186368	0,0186368
71	0,0507136	0,0507136
72	0,0329728	0,0329728
73	0,0197344	0,0197344
74	0,00698992	0,00698992
75	0,0755664	0,0755664
76	0,0164528	0,0164528

4) VOLUMEN TANQUE DE ALMACENAMIENTO Fuente (López, 2004)

- Volumen tanque actual



$$V_T = \pi * r^2 * h = 7.79 [m^3]$$

$$\approx 8 m^3$$

Donde:

V_t: Volumen de tanque (m³)

r: radio (m) → **d = 2r** → **d = 2.10 m**

h: profundidad (m = 2.25)

- Volumen tanque actual según QMD teórico

$$V_T = 0.23 * QMD * f = 40.3 \left[\frac{m^3}{d} \right] \approx 40 m^3$$

Donde:

V_t: Volumen de tanque (m³/d)

%V: volumen horario del agua en el tanque (0.23 constante)

QMD: Caudal máximo diario (m³/d = 146.02)

f: Factor de seguridad (1.2)

- Volumen tanque propuesto

$$V_T = 0.23 * QMD * f = 84.8 \left[\frac{m^3}{d} \right] \approx 85 m^3$$

Donde:

V_t: Volumen de tanque (m³/d)

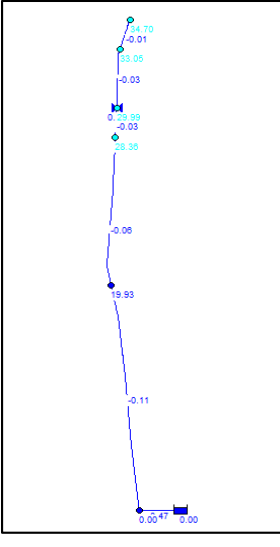
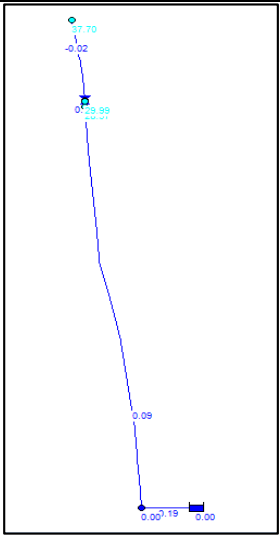
%V: volumen horario del agua en el tanque (0.23 constante)

QMD: Caudal máximo diario (m³/d = 306.72)

f: Factor de seguridad (1.2)

5) Bifurcaciones de la RDAP

ID LÍNEA	Tramo	Bifurcación EPANET
Tubería 6	A1 – n64	
Tubería 7	A2 – n67	
Tubería 8	A3 – n70	

Tubería 9	A4 – n74	
Tubería 10	A5 – n76	

6) CAJA RECOLECTORA DE CAUDAL: CAPTACIÓN

$$Q = C_d * A * \sqrt{2g} * H$$

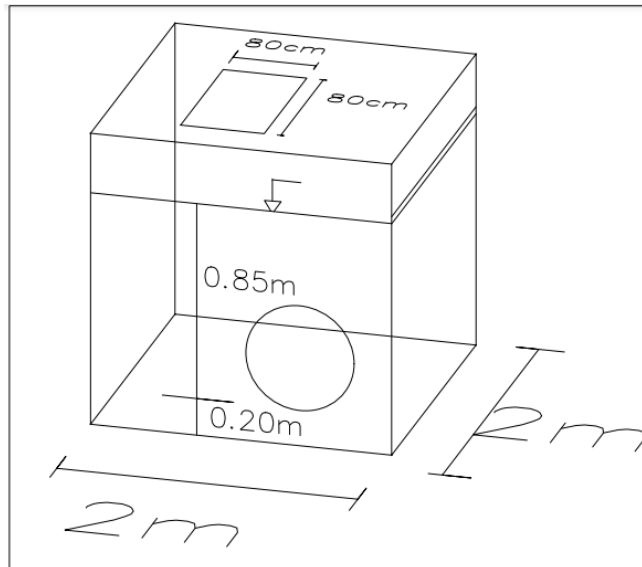
Ecuación: Caudal total con coeficiente de área circular

Donde:

- Q : 1.352 (L/s) caudal medio diario
- C_d : (0.98) coeficiente de descarga en un área circular
- A : 90 (cm) área de la tubería
- H : Incógnita (m) altura de la caja recolectora
- Q_{MH} : (L/s) Caudal máximo horario

Se obtiene:

$$R = 0.66 \text{ (m)}$$



7) DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO

- Tiempo de contacto **Ecuación T**

$$C \times tc = K$$

$$C = \left(\frac{mg}{L}\right) \text{ dosis de cloro}$$

$$tc = (\text{min}) \text{ tiempo de contacto}$$

$$K = 38 \left(\frac{mg \cdot \text{min}}{L}\right) \text{ constante}$$

Despejando el tiempo de contacto de la ecuación T se obtiene:

$$tc = \frac{38 \left(\frac{mg \cdot \text{min}}{L}\right)}{1.2 \left(\frac{mg}{L}\right)} = 31.66 \text{ min} \cong 32 \text{ minutos}$$

El volumen del tanque de contacto se calcula mediante la fórmula:

- Volumen del tanque de contacto **Ecuación B**

$$Vc = Q \times tc$$

$V_c = \text{Volumen del tanque de contacto}$

$Q = 0.081 \text{ (min)}$ Caudal de ingreso

$t_c = 32 \text{ (min)}$ tiempo de contacto

$$V_c = 0.081 \left(\frac{m^3}{min} \right) \times 32 \text{ min} = 2.6 \text{ (m}^3\text{)}$$

- Volumen de agua **Ecuación XC**

$$V = Q \times t_r$$

$V = \text{Volumen de agua (L)}$

$Q = 1.352 \left(\frac{L}{s} \right)$ Caudal que ingresa al tanque reservorio

$t_r = 7 \text{ días}$ tiempo de recarga al tanque de solución clorada en (s)

Usando la ecuación **XC** se obtiene:

$$V = 817689.6 \text{ (L)}$$

- **Cálculo del peso del hipoclorito de calcio al 70% Ecuación XZ**

Mediante la siguiente ecuación se calculó el peso del cloro en gramos:

$$P = \frac{V \times C}{10 \times \% \text{ de cloro}}$$

Peso de cloro en gramos (EMAAP-Q, 2008)

$P = \text{Peso del cloro en gramos}$

$V = \text{Volumen de agua (L)}$

$C = 1.2 \left(\frac{mg}{L} \right)$ dosis de cloro libre residual

% Cloro = 70% hipoclorito de calcio

10 = (g) fracción de conversión a gramos

Usando la ecuación **XZ** se obtiene:

$$P = \frac{817689.6 (L) \times 1.2 \left(\frac{mg}{L}\right)}{10 \times 70} = 1401.75 (g)$$

- **Caudal por goteo regulador del equipo Ecuación Y**

$$Qg = \frac{Vtc (mL)}{T (min)}$$

Caudal por goteo (EMAAP-Q, 2008)

$Qg =$ Caudal por goteo

$Vtc = 600000$ (mL) volumen del tanque por goteo

$T \text{ min} = 10080$ (min) tiempo de recarga

Usando la ecuación **Y** se obtiene:

$$Qg = 59.52 \left(\frac{mL}{min}\right)$$

- **Concentración máxima de solución clorada Ecuación H**

$$CM = \frac{P \times \% \text{ de cloro}}{V}$$

Concentración máxima de solución clorada (EMAAP-Q, 2008)

$CM = \left(\frac{mg}{L}\right)$ concentración máxima de solución clorada

$P = 1401750$ (mg) peso del cloro encontrado

% de cloro = 70% hipoclorito de calcio para el caso de estudio

$V = 600$ (L) volumen del tanque para solución clorada

$$CM = 1635.375 \left(\frac{mg}{L}\right); CM \leq 5000$$

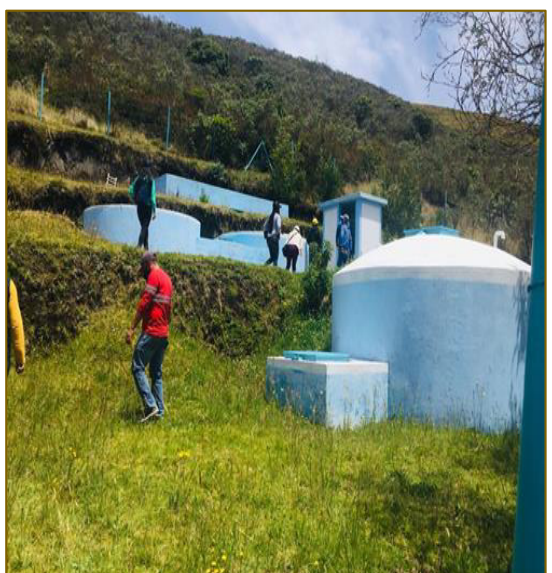
ANEXO 3: PRESUPUESTO ESTIMADO. (EPMAPS,2019)

PRESUPUESTO ESTIMADO PROYECTO MOLINO ALTO

				Costo US \$	
N°	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Unitario	Total
1	TANQUE DESARENADOR				
1.1	REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO	GLB	1,00	600,00	600,00
2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO				
	LOSA FONDO O PISO DE TANQUE				
2.1	REPLANTEO Y NIVELACION	m2	90,07	1,52	136,91
2.2	EXCAVACION MANUAL CIMIENTOS	m3	7,49	17,98	134,64
2.3	EMPEDRADO BASE Y ZOCALO PERIMETRAL	m2	110,07	13,26	1.459,97
2.4	REPLANTILLO H.S 180 Kg/Cm2 esp. = 3cm	m3	2,70	109,52	295,70
2.5	HORMIGON SIMPLE 210 Kg/Cm2	m3	8,66	102,05	883,74
2.6	ACERO ESTRUCTURAL LOSA DE FONDO	KG	188,69	2,98	563,05
2.7	MALLA HEXAGONAL 1/2 - GALLINERO	m2	45,23	5,27	238,45
2.8	ENLUCIDO PISO - MORTERO 1- 2 esp. = 2cm	m2	37,37	10,49	391,94
	PARED CILÍNDRICA Y COLUMNAS DE REFUERZO				
2.9	ACERO ESTRUCTURAL COLUMNAS	KG	82,97	4,39	364,40
2.10	HORMIGÓN PLINTOS Y COLUMNAS	m3	0,86	180,72	155,42
2.11	ENCOFRADO RECTO	m2	87,98	42,35	3.725,95
2.12	MALLA HEXAGONAL 1/2 - GALLINERO	m2	85,28	5,27	449,60
2.13	MALLA ELECTROSOLDADA 4/10	KG	79,71	20,35	1.622,26
2.14	CHAMPEADO EXTERIOR E INTERIOR esp. = 3 cm	m2	97,18	7,61	739,35
2.15	EMPORADO PARED INTERIOR Y PISO	m2	85,15	9,52	810,63
2.16	PINTURA INTERNA Y EXTERNA PARED	m2	97,18	11,87	1.153,53
	LOSA DE CUBIERTA				
2.17	ACERO ESTRUCTURAL VIGAS	KG	116,55	4,39	511,89
2.18	HORMIGON VIGAS Y LOSA Fc = 210 Kg/cm2	m3	3,14	180,62	567,15
2.19	ENCOFRADO RECTO	m2	47,73	42,35	2.021,37
2.20	ACERO ESTRUCTURAL LOSA	KG	52,03	4,39	228,52
2.21	MASILLADO VIGAS MAS LOSA	m2	48,97	6,86	336,13
2.22	MALLA HEXAGONAL 1/2 - GALLINERO	m2	38,80	5,27	204,55
2.23	AIREADORES - VENTILACIÓN	U	4,00	13,19	52,77
2.24	PINTURA ANTISOL	m2	48,97	3,14	153,57
	TOTAL Tanque de Almacenamiento				17.201,46
3	DISTRIBUCIÓN				
3.2	REPLANTEO Y NIVELACION	m2	7.591,67	1,37	10.385,40
3.3	EXCAVACION A CIELO ABIERTO A MAQUINA EN TIERRA	m3	7.639,07	2,55	19.494,91
3.4	DESINSTALACION TUBERIA PVC 063MM	m	7.591,67	1,92	14.576,00
3.5	TUBERIA PVC U/E 0.80Mpa 110mm (MAT/TRANS/INST)	m	1.015,89	10,70	10.865,96
3.6	TUBERIA PVC U/E 0.80Mpa 75mm (MAT/TRANS/INST)	m	1.492,70	7,73	11.535,59
3.7	TUBERIA PVC U/E 0.80Mpa 063mm (MAT/TRANS/INST)	m	1.682,94	4,16	7.001,01
3.8	TUBERIA PVC U/E 0.80Mpa 050mm (MAT/TRANS/INST)	m	1.310,27	3,62	4.748,43
3.9	TUBERIA PVC U/E 1.25Mpa 050mm (MAT/TRANS/INST)	m	2.034,20	5,98	12.156,37
3.10	RELLENO COMPACTADO CON MAT. DE EXCAVACION	m3	7.639,07	4,31	32.939,68
3.11	VALVULA REDUCTORA PRESION 04" (MAT,TRANS,INST)	u	1,00	3.001,14	3.001,14
3.12	VALVULA REDUCTORA PRESION 03" (MAT,TRANS,INST)	u	14,00	2.560,19	35.842,69
3.13	VALVULA REDUCTORA PRESION 02" (MAT,TRANS,INST)	u	14,00	1.802,57	25.235,95
	TOTAL DISTRIBUCIÓN				187.783,14
SON: DOSCIENTOS VEINTE Y CUATRO MIL DOSCIENTOS UNO, CON 24100 US Dólares de Estados Unidos de América, no incluye IVA				PRECIO TOTAL ESTIMADO	\$ 222.786,07

Quito, Octubre del 2021

ANEXO 4: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



Anexo 5.1.- Visita de reconocimiento al sistema de abastecimiento de agua de la comuna “Molino Alto”.



Anexo 5.2.- Medición de las tuberías con sensor ultrasónico y del tanque de almacenamiento con flexómetro.



Anexo 5.3.- Toma de muestras para ensayos en laboratorio y muestreo In situ en el sistema de abastecimiento M.A

