



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE
MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN
DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO
DE MUNI, DISTRITO DE PUSI**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FRANK ELVIS PERALTA TICONA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE
MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN
DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO
DE MUNI, DISTRITO DE PUSI**

TESIS PRESENTADA POR:

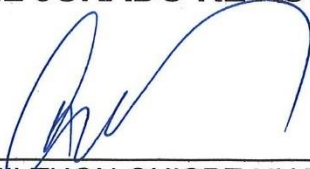
Bach. FRANK ELVIS PERALTA TICONA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:



Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

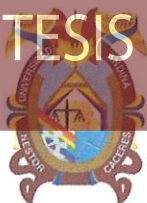
:



Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1524-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 16174 presentado por el (la) Bachiller: **FRANK ELVIS PERALTA TICONA** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **FRANK ELVIS PERALTA TICONA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA.**

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **FRANK ELVIS PERALTA TICONA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Viernes 22 de noviembre del 2024
- * **HORA** : 8:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

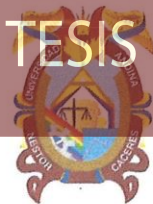


[Signature]
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



[Signature]
Dr. Eiram Pajillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 636-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 8270 por el señor (a): **FRANK ELVIS PERALTA TICONA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 673- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 028- 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FRANK ELVIS PERALTA TICONA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 028- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **FRANK ELVIS PERALTA TICONA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



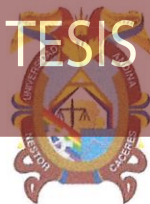
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Pacilio Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 489-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 28 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 6874, presentado por el (la) Bachiller **FRANK ELVIS PERALTA TICONA** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 098-2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **FRANK ELVIS PERALTA TICONA** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor Ing. **JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 098-2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Efraín Parillo Sosa** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado a (el) o (la) Bachiller: **FRANK ELVIS PERALTA TICONA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, se le asigna como:

ASESOR: Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Miltón Quispe Huancá
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 098-2023-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de diciembre del 2023

VISTO: El expediente N° 2023-CU-16260, presentado por el señor (a) **FRANK ELVIS PERALTA TICONA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, el **PROVEIDO - N° 259-2023-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 31 - 2023 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **FRANK ELVIS PERALTA TICONA**, ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 31-2023 **aprobando** la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **FRANK ELVIS PERALTA TICONA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Ing. **JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraim Carillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2023
Interesado (a)



ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

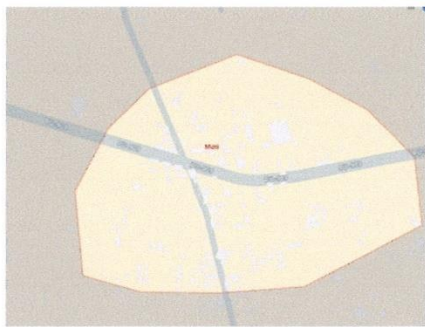
1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
3	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	3%
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	FRANK ELVIS PERALTA TICONA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70400958
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-7700-2174
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02306659
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0268-5061
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



Datos de investigación	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental - P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Huancané Distrito: Pusi C.P. Muni Coordenadas: Latitud: -15.4193299 Longitud: -70.000483 URL Maps: https://maps.app.goo.gl/N1g1CxawaBjAYnu4A</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2024 – Noviembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS Y AGRARIAS
PUNO

Dr. Efraín Pajillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FRANK ELVIS PERALTA TICONA, identificado con DNI Nro. 70400958, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

“ ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI ”

Asesorado por: Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 05 de DICIEMBRE del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante



Huella



DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en esta etapa y permitirme alcanzar este logro. A mis padres Pastora Ticona Gómez y Julio Peralta Gómez, quienes han sido pilares en este camino mostrando estar siempre al pendiente de mí. A mis hermanas Haydeé Melania y Mery, quienes no dudaron de mí y no dejaron de impulsarme a seguir adelante, por mostrarme que nada es fácil pero tampoco imposible.



AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía, esperanza y por darme fortaleza cuando necesitaba levantarme.

Agradezco a la casa de estudios, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez en especial a la escuela profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental por permitirme ser parte de su hogar.

A Sherida Zamantha por la confianza y su respaldo constante en los momentos más difíciles, por el apoyo invaluable y darme mayor voluntad de seguir y concluir satisfactoriamente con el desarrollo del proyecto.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Análisis de la situación problemática.....	1
1.2 Formulación del planteamiento del problema	3
1.2.1 Problema General.....	3
1.2.2 Problemas específicos.....	4
1.3 Objetivos de la investigación	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación del estudio.....	5
1.4.1 Justificación teórica.....	5
1.4.2 Justificación practica	5



1.4.3	Justificación metodológica	6
1.5	Hipótesis	6
1.5.1	Hipótesis general	6
1.5.2	Hipótesis específicas.....	6
1.6	Variables.....	7
1.6.1	Variable independiente	7
1.6.2	Variable dependiente	7
1.6.3	Operación de variables	7

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1	Antecedentes de la investigación	8
2.2	Bases teóricas	11
2.2.1	Agua potable	11
2.2.2	Desinfección por cloro.....	11
2.2.3	Sistema de abastecimiento de agua potable	17
2.2.4	Demanda de agua potable	20
2.2.5	Tipos de modelos hidráulicos en redes de distribución.....	20
2.2.6	Modelos hidráulicos más usados	21
2.2.7	Tipos de modelos hidráulicos.....	23
2.2.8	Modelos de calidad	24
2.2.9	Software WaterCAD	26
2.3	Marco conceptual	31



2.3.1	Agua cruda.....	31
2.3.2	Agua de consumo humano	31
2.3.3	Biofilm	31
2.3.4	Cloración.....	32
2.3.5	Cloro residual libre	32
2.3.6	Cloro combinado.....	32
2.3.7	Cloro total.....	32
2.3.8	Compuesto de cloro	33
2.3.9	Decaimiento	33
2.3.10	kDosis	33

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Tipo de investigación	34
3.2	Nivel de investigación	34
3.3	Diseño de investigación.....	34
3.4	Método de investigación	35
3.5	Enfoque de investigación.....	35
3.6	Ámbito de investigación.....	35
3.7	Población.....	37
3.8	Muestra.....	37
3.9	Técnica	37
3.10	Instrumento.....	37



3.10.1 Procedimiento metodológico para el objetivo específico 1.....	38
3.10.2 Procedimiento metodológico para el objetivo específico 2.....	45
3.10.3 Procedimiento metodológico para el objetivo específico 3.....	49

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados.....	55
4.1.1 Resultados del objetivo específico 1	55
4.1.2 Resultados del objetivo específico 2	76
4.1.3 Resultados del objetivo específico 3	92
4.1.4 Resultado de la prueba de hipótesis	108
4.2 Discusión de resultados.....	114
CONCLUSIONES	118
RECOMENDACIONES	120
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	121
ANEXOS	125



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de estudio.....	7
Tabla 2 Ubicación geopolítica de la zona de estudio	35
Tabla 3 Mediciones obtenidas en la etapa I del mes de marzo	56
Tabla 4 Mediciones obtenidas en la etapa II del mes de marzo	58
Tabla 5 Promedio de mediciones obtenidas del mes de marzo.....	60
Tabla 6 Mediciones obtenidas en la etapa I del mes de abril	62
Tabla 7 Mediciones obtenidas en la etapa II del mes de abril	64
Tabla 8 Promedio de mediciones obtenidas del mes de abril.....	66
Tabla 9 Mediciones obtenidas en la etapa I del mes de mayo	68
Tabla 10 Mediciones obtenidas en la etapa II del mes de mayo	70
Tabla 11 Promedio de mediciones obtenidas del mes de mayo.....	72
Tabla 12 Promedio general de mediciones obtenidas en el mes de marzo, abril y mayo	74
Tabla 13 Promedio general de coeficiente de decaimiento de masa de agua (Kb)...	76
Tabla 14 Padrón de usuarios beneficiarios del suministro de agua potable	77
Tabla 15 Caudal de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni....	79
Tabla 16 Condiciones hidráulicas en nodos de la primera simulación hidráulica	81
Tabla 17 Condiciones hidráulicas en tuberías de la primera simulación hidráulica....	89
Tabla 18 Resultados del monitoreo de cloro residual libre en la red de distribución del centro poblado de Muni.....	97
Tabla 19 Resultados de la concentración de cloro residual libre hallado en campo y simulado	98
Tabla 20 Segunda simulación del modelo de calidad con el nuevo valor de Kw.....	101



Tabla 21 Resultados del segundo monitoreo de la concentración de cloro residual libre.....	104
Tabla 22 Resultados de la concentración del cloro residual libre hallado en campo y simulado en el modelo de calidad de WaterCAD	105
Tabla 23 Valores obtenido de la simulación en el modelo de calidad con 05:00 horas.....	109
Tabla 24 Variables entradas/eliminadas.....	111
Tabla 25 Resumen de modelo.....	112
Tabla 26 Análisis ANOVA.....	112
Tabla 27 Coeficientes	113



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Sistema convencional de abastecimiento de agua potable.....	18
Figura 2	Estructura de los tipos de redes de distribución	19
Figura 3	Decaimiento cloro residual libre en redes de distribución	27
Figura 4	Tendencia de la concentración y tiempos del orden de reacción.....	30
Figura 5	Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	36
Figura 6	Identificación del reservorio de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni.....	40
Figura 7	Sistema de desinfección por goteo de carga constante de doble recipiente	40
Figura 8	Materiales del laboratorio de calidad de la EPS SEDAJULIACA S.A.	41
Figura 9	Toma de muestra del reservorio de abastecimiento del centro poblado de Muni	42
Figura 10	Colorímetro marca HACH	43
Figura 11	Orden de reacción de decaimiento de cloro.....	44
Figura 12	Mediciones de la variación del consumo horario de agua.....	47
Figura 13	Plataforma de trabajo en WaterCAD de asignación de nodos y redes	49
Figura 14	Modelo de calidad en WaterCAD	50
Figura 15	Panel de ingreso de datos necesarios para simulación en WaterCAD....	51
Figura 16	Toma de muestra domiciliaria – nodo 47	52
Figura 17	Toma de muestra del reservorio de abastecimiento de agua potable	53
Figura 18	Análisis de la concentración inicial de cloro residual libre del reservorio	54



Figura 19 Tendencia del decaimiento de cloro residual libre en la etapa I del mes de marzo	57
Figura 20 Decaimiento de cloro residual	59
Figura 21 Tendencia del decaimiento de cloro residual libre del mes de marzo	61
Figura 22 Tendencia del decaimiento de cloro residual libre en la etapa I del mes de abril.....	63
Figura 23 Tendencia del decaimiento de cloro residual libre en la etapa II del mes de abril.....	65
Figura 24 Tendencia del decaimiento de cloro residual libre del mes de abril	67
Figura 25 Tendencia del decaimiento de cloro residual libre en la etapa I del mes de mayo.....	69
Figura 26 Tendencia del decaimiento de cloro residual en la etapa II del mes de mayo	71
Figura 27 Tendencia del decaimiento de cloro residual libre del mes de mayo	73
Figura 28 Tendencia del decaimiento de cloro residual libre	75
Figura 29 Herramienta patrones de WaterCAD.....	80
Figura 30 Zonificación de la red distribución de agua potable del centro poblado de Muni	93
Figura 31 Herramienta de ingreso de factores de constituyentes de WaterCAD	94
Figura 32 Estabilización del cloro residual libre.....	95
Figura 33 Puntos de toma de muestra de la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni	96
Figura 34 Comparación del cloro residual simulado y hallado en campo.....	100
Figura 35 Valores de calibración en la herramienta constituyente de WaterCAD..	101



Figura 36 Nueva comparación del cloro residual libre simulado en el modelo de calidad de WaterCAD y hallado en campo.....	103
Figura 37 Comparación del cloro residual libre hallado en campo y el simulado ...	106
Figura 38 Modelo de calidad – zona cercana.....	107
Figura 39 Modelo de calidad – Zona media	107
Figura 40 Modelo de calidad – zona alejada.....	108



RESUMEN

Esta investigación se inicia con el objetivo general de analizar el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, desarrollando un modelo de calidad en WaterCAD. Se adoptó una metodología de enfoque cuantitativo, tipo aplicada y nivel explicativo. Se llevó a cabo un muestreo no probabilístico por conveniencia, determinando 2 periodos de muestreo del reservorio de abastecimiento durante el mes de marzo, abril y mayo, mismas que fueron analizadas en el laboratorio de SEDA JULIACA S.A. los datos obtenidos permitieron desarrollar un modelo de calidad adecuado, obteniendo un coeficiente de reacción en masa (K_b) de -1.104 d^{-1} a una temperatura promedio de $15 \text{ }^\circ\text{C}$, un coeficiente de reacción en pared (K_w) de -0.090 m/día , asumiendo una difusividad molecular del cloro de $1.400 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. Durante la simulación hidráulica se asignaron en total 60 nodos que se traducen en el total de conexiones domiciliarias de agua potable registrando una presión mínima de 8.9 m.c.a y máxima de 49.7 m.c.a posteriormente el modelo de calidad fue calibrado para asegurar la fiabilidad de los resultados. Concluyendo que la concentración de cloro residual libre incumple con lo descrito en el D.S.031-2010-SA, siendo imprescindible optar por un aumento en la dosificación del desinfectante con la finalidad de aumentar la concentración inicial en el reservorio a un valor mayor de 1.3 mg/l y menor a 1.8 mg/l, con el valor mencionado se cumpliría con la concentración mínima establecida en la normativa en la totalidad de los nodos de la red de distribución.

Palabras clave: Agua potable, cloro residual libre, WaterCAD, red de distribución, coeficiente de reacción en masa, coeficiente de reacción en pared.



ABSTRACT

This research begins with the general objective of analyzing the decay of free residual chlorination in the drunkenness water distribution network of the Muni population center, developing a quality model in WaterCAD. A quantitative approach methodology, applied type and explanatory level was adopted. A non-probabilistic convenience sampling was carried out, determining 2 sampling periods of the supply reservoir during the week of March, April and May, which were analyzed in the SEDAJULIACA S.A. laboratory. The data obtained allowed the development of an adequate quality model, obtaining a mass reaction coefficient (K_b) of -1.104 d^{-1} at an average temperature of $15 \text{ }^\circ\text{C}$, a wall reaction coefficient (K_w) of -0.090 m/day , assuming a molecular diffusivity of chlorine of $1.400 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. During the hydraulic simulation, a total of 60 nodes were assigned, which translate into the total number of domestic drinking water connections, recording a minimum pressing of 8.9 m.c.a and a maximum of 49.7 m.c.a. The quality model was subsequently calibrated to ensure the dependability of the results. It was complete that the focusing of free residual chlorination does not comply with the provisions of D.S.031-2010-SA, and that it is essential to increase the dosage of the disinfectant in order to increase the initial concentration in the container to a value higher than 1.3 mg/l and less than 1.8 mg/l. With the aforementioned value, the established minimum concentration would be met.

Keywords: Drinking water, free residual chlorine, WaterCAD, distribution network, mass reaction coefficient, wall reaction coefficient.



INTRODUCCIÓN

La provisión de agua para consumo en el núcleo urbano de Muni evidencia una dosificación inadecuada del desinfectante, lo que resulta en cantidad de cloro residual libre inferiores a los exigidos por el D.S. 031-2010 SA, comprometiendo la desinfección en toda la red distribuidora.

El sistema de agua potable del Centro Poblado de Muni, en el distrito de Pusi, está compuesto por varios elementos clave: El sistema de distribución de agua potable incluye captación, línea de conducción, reservorio y red de distribución en ramal, con hipoclorito de sodio como agente desinfectante, un producto clorado que se presenta en forma de líquido. El grado de cloro presente en el hipoclorito de sodio puede variar, siendo el 70 % el empleado por la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS).

La simulación de calidad en WaterCAD, al utilizar los valores correctos del coeficiente de reacción de masa (K_b) y el coeficiente en pared (K_w), proporciona resultados precisos. permitirán analizar cómo varían la duración de residencia y la separación entre nodos en la red de distribución. tienen un impacto en los niveles de cloro residual. Esto facilitará el control de la desinfección, identificando áreas con concentraciones insuficientes o excesivas, investigando las causas y desarrollando estrategias para la desinfección óptima del agua potable en el sistema de abastecimiento.

Este estudio se divide en los siguientes capítulos: CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, donde se analiza la situación problemática desde un enfoque internacional, nacional y local ubicando el contexto de la problemática. A partir del análisis, se formularán preguntas clave y se definirán



los objetivos de estudio. **CAPÍTULO II: MARCO TEORICO**, en esta sección se abordarán los antecedentes del estudio, que adelantan los Estudios relacionadas; Además, se presentaran fundamentos teóricos que amplían conocimiento sobre los términos utilizados, junto con el marco conceptual que define términos clave que sostienen la investigación. **CAPITULO III METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**: Se hace mención del tipo, nivel y el diseño de la investigación, junto con las metodologías y los equipos utilizados, son aspectos fundamentales a considerar en un estudio científico. Además, describe la población y detalla cómo se llevó a cabo el estudio. **CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION**, Las respuestas a las preguntas predefinidas se presentan median figuras y tablas junto con un análisis de los temas que pendientes a investigar. Al concluir el estudio se obtiene una conclusión fundamentada en los datos recopilados.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Análisis de la situación problemática

El sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni presenta una inadecuada aplicación del desinfectante. Es decir, la aplicación en la dosificación del desinfectante no garantiza la desinfección del agua suministrada en toda la red de abastecimiento de agua potable, esto se refleja en los niveles de concentración de cloro residual libre que se encuentran por debajo de lo descrito en la normativa del D.S 031-2010 SA.

La JASS es la encargada de gestionar el funcionamiento del sistema de suministro de agua. potable carece de capacitación técnica y recursos necesarios para mantener niveles adecuados de cloro libre disponible en la red de agua potable del centro poblado de Muni, lo cual indica que la JASS opera a ciegas, sin datos precisos para ajustar las dosis de desinfectante y garantizar una cobertura efectiva en toda la infraestructura de abastecimiento de agua. Esta circunstancia ha provocado que, en diversas áreas de la red de distribución, el agua arribe con niveles de expresión de cloro residual libre. por debajo de la normativa o incluso niveles nulos. Dado que el agua potable es el principal medio



de prevención de enfermedades y principal conductor del mismo, una mala desinfección estaría exponiendo a la población a posibles enfermedades gastrointestinales, colera y otras infecciones. Además, el grado de vulnerabilidad aumenta especialmente en áreas rurales donde los servicios de salud son limitados y la población depende exclusivamente del agua provista por la red local. Este estudio tiene como objetivo examinar el factor de decaimiento de la manifestación en la red de distribución de agua potable, se realiza la medición del nivel de cloro residual libre., debido a la influencia Del coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) y el coeficiente de reacción en pared (K_w). Con la finalidad de establecer un modelo de calidad en WaterCAD, de tal forma reconocer la perdida de manifestación de cloro residual libre en diferentes tramos de la red de distribución, estableciendo una manifestación inicial ideal en el reservorio de abastecimiento y proporcionando una herramienta de monitoreo digital de calidad de agua.

La desinfección del agua tiene como objetivo disminuir la existencia de microorganismos dañinos a grados seguros para la salud de las personas. Entre los métodos químicos más comunes para lograr esto se encuentra la cloración, que implica la introducción de cloro elemental o sus derivados en el agua. Además del cloro, se utilizan otros desinfectantes como el ozono, el permanganato de potasio, el bromo y el yodo (Moreno Añorve & López, 1991).

Cuando el cloro se mezcla con el agua, se producen reacciones que reducen gradualmente su concentración con el tiempo. Existen dos reacciones principales: la primera ocurre en el interior del agua, en la región central de la tubería, y está caracterizada por el coeficiente K_b . La segunda reacción sucede



en las paredes internas de la tubería, donde el cloro interactúa con el agua, y está definida por el coeficiente Kw. Conocer estos coeficientes es crucial para afirmar una distribución efectiva de agua potable (Jiménez Terán, 2017).

En Perú, el D.S. N° 031-2010-SA establece que el agua para consumo debe satisfacer determinados Criterios de calidad, que incluyen la falta de Bacterias coliformes (como *Escherichia coli*), virus, helmintos y quistes de protozoarios patógenos. También, para las bacterias heterotróficas, la concentración no debe exceder las 500 unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/ml) a 35°C (MINSA, 2010).

En las áreas rurales, los sistemas de suministro de agua potable que operan por gravedad y que carecen de tratamiento adecuado o tienen un tratamiento insuficiente pueden causar enfermedades gastrointestinales debido al consumo de agua no desinfectada constituye una amenaza para la salud pública. Es necesario garantizar que todos los sistemas de abastecimiento de agua potable estén asegurados que el agua sea de calidad adecuada aunque el Ministerio de Salud supervisa y regula la calidad del agua a través de regulaciones definidas para asegurar su consumo humano, frecuentemente existe desconocimiento sobre los elementos que repercuten en la degradación del cloro residual libre. (Cabrera Chacón, 2021).

1.2 Formulación del planteamiento del problema

1.2.1 Problema General

- ¿Cuánto influyen los coeficientes de reacción de decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi?



1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia del coeficiente de reacción de masa de agua (K_b) en el decaimiento del cloro residual libre de la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi?
- ¿Cuál es la influencia del coeficiente de reacción en pared (K_w) y de las condiciones hidráulicas de mayor relevancia simuladas en WaterCAD en el decaimiento del cloro residual libre de la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi?
- ¿Cuál es el decaimiento de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Analizar la influencia de los coeficientes de reacción en el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el coeficiente de reacción de masa de agua (K_b) y su efecto en el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.
- Determinar el coeficiente de reacción de pared (K_w) y las condiciones hidráulicas de mayor relevancia simuladas mediante WaterCAD en el decaimiento del cloro residual libre de la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi



- Determinar el decaimiento de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.

1.4 Justificación del estudio

1.4.1 *Justificación teórica*

La cuantificación de K_b y K_w en relación a los diferentes tipos de fluidos y Materiales que se encuentran en las redes de suministro de agua potable no se encuentra claramente establecida. La influencia de estos coeficientes en los niveles finales de manifestación de cloro residual libre aún no está completamente comprendida. En este contexto, esta investigación busca sintetizar la teoría vinculada con la simulación y la investigación sobre la reducción del cloro residual libre en las redes de distribución..

1.4.2 *Justificación practica*

Rara vez se realizan simulaciones de los niveles del residuo de cloro en las tuberías que distribuyen el agua potable para la provisión de agua potable en el ámbito profesional. Sin embargo, cuando se realizan estas simulaciones, suele darse poca atención en los coeficientes de decaimiento del cloro (K_b y K_w) En numerosas situaciones, es común aceptar valores medios para estos coeficientes., sin reconocer plenamente su impacto en los resultados finales de cloro residual en los nodos de la red. Por lo tanto, en esta investigación se examina el decaimiento del cloro residual libre mediante un análisis que determinará qué coeficiente (K_b o K_w) es el más relevante de manera decisiva en el nivel final de cloro residual en los puntos de la red.



1.4.3 Justificación metodológica

La metodología que se presenta en esta investigación se distingue por su enfoque más profundo desde una perspectiva estadística. A diferencia de otras investigaciones en este campo que tienden a enfocarse en determinar si los niveles de cloro residual libre en las piletas domiciliarias efectúan con las regulaciones que establecen los valores mínimos, el propósito principal de esta investigación es determinar la concentración ideal de cloro que se debe mantener en el depósito. Esto permitirá lograr niveles adecuados de cloro residual en los puntos finales de la red, de acuerdo con las normativas vigentes. A diferencia de las investigaciones convencionales, que se limitan a utilizar procedimientos estadísticos univariados y bivariados, este estudio se destaca al considerar la influencia conjunta de K_b y K_w en los niveles finales de cloro residual. Esto se logra mediante la aplicación de procedimientos estadísticos de regresión simple y múltiple.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

- Los coeficientes de reacción influyen significativamente en el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.

1.5.2 Hipótesis específicas

- El coeficiente de reacción de masa de agua (K_b) afecta considerablemente el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.



- El coeficiente de reacción en pared (K_w) y las condiciones hidráulicas de mayor relevancia afecta considerablemente el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.
- El coeficiente de decaimiento de cloro residual libre influye considerablemente en el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.

1.6 Variables

1.6.1 Variable independiente

- Red de distribución de agua potable

1.6.2 Variable dependiente

- Cloro residual libre.

1.6.3 Operación de variables

Tabla 1
Operacionalización de variables de estudio

Operación de variables			
Variables	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Variable dependiente: Cloro residual libre	Calidad del agua	Concentración del cloro residual libre (mg/l)	Colorímetro digital (Marca Hach) para medir la concentración de cloro residual libre.
Variable independiente: Red de distribución de agua potable	Coeficiente de reacción en masa (K_b)	Relación entre el coeficiente de reacción en masa (K_b) y la concentración de cloro residual libre	WaterCAD
	Coeficiente de reacción en pared (K_w)	Relación entre el coeficiente de reacción en pared (K_w) y la concentración de cloro residual libre	WaterCAD
	Condiciones hidráulicas de la red de distribución de agua potable	Presión (m.c.a) Velocidad de flujo (m/s) Caudal (l/s) Pérdida de carga (m) Variación horaria de consumo (l/s) Coeficiente de rugosidad	WaterCAD



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

(Quito Vivanco , 2020) En la investigación “tuvo el objetivo de la investigación fue de examinar el séptimo circuito de suministro de agua potable en el área urbana de Jipijapa. para mejorar la calidad de vida en las ciudadelas que abarca. Se realizó un análisis físico, químico y bacteriológico del agua distribuida por la empresa de agua Jipijapa. Los resultados indicaron incumplimiento de los parámetros de desinfección, corroborados por ensayos de Bureau Veritas según Norma INEN 1108. Se llevó a cabo un levantamiento catastral actualizado mediante levantamiento topográfico, revelando crecimiento poblacional en áreas sin servicios básicos. El estudio hidráulico y poblacional se basó en encuestas en subcircuitos S7-1 y S7-2, determinando los caudales de diseño necesarios. El análisis de la red existente reveló deficiencias en parámetros hidráulicos, utilizando WaterCAD para modelación. Se constató que la red no cumplía con los niveles de presión mínimos indicados por las regulaciones de Ecuador. Se ha planteado un diseño de red que satisface los



requisitos del circuito, abordando cuestiones como filtraciones, conexiones ilegales y deterioro en las tuberías. Se sugirió un plan de mantenimiento para prevenir futuros problema. El proyecto concluye que la red actual no satisface las necesidades y normativas. La propuesta de diseño y el plan de mantenimiento buscan mejorar la eficiencia del circuito N.º 7, garantizando un suministro de agua potable óptimo y cumpliendo con estándares de calidad y presión.

A nivel nacional

(Tuero Espinal & Huamani Cahuana, 2022) En la investigación “el propósito de la investigación fue determinar la relación entre los coeficientes de decaimiento del cloro (K_b y K_w) y los niveles finales de cloro residual deben ser considerados. En los extremos de la red de suministro de agua potable.. Se utilizó el software WaterCAD para realizar simulaciones de períodos prolongados de 24 horas en los cuales los valores de la constante básica de disociación y la constante del producto iónico del agua varían y están determinados por el tipo de fluido. y material del conducto. Se adoptaron valores promedio en la práctica profesional. La investigación se basó en el método científico, siendo de tipo aplicada y de nivel explicativo. El diseño fue transversal descriptivo-correlacional. Mediante un análisis multivariante, Se hallaron que K_b tiene un impacto más significativo en la concentración final de cloro residual con un valor de 0.130 d^{-1} . Los índices de respuesta de descomposición del cloro juegan un papel crucial en el mantenimiento de un comportamiento adecuado del nivel de cloro remanente en la malla de suministro de agua potable, con un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, las condiciones hidráulicas tales como la presión y velocidad no afectan considerablemente el valor final del cloro residual libre



especialmente en zonas rurales. Además, en zonas urbanas es esencial que la red se ajuste a los estándares de la norma OS.050 y las regulaciones de agua potable para una simulación precisa del cloro residual. El incumplimiento de estos parámetros puede llevar a errores en la simulación y en la obtención de los valores del cloro residual.

A nivel local

(Vega Rimac, 2019) En su investigación tuvo el objetivo principal fue determinar cómo el coeficiente de reacción en la pared de la tubería (K_w) afecta la disminución de los niveles de cloro en la red de suministro de agua potable. De la trigésimo tercera localidad de San Miguel de Monterrey. La investigación se basó en el método científico, siendo de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y diseño correlacional, que mediante un análisis correlacional promedio resultados variados del coeficiente de reacción en masa en pared (K_b), obteniendo valores de -0.30 m/día y -0.40 m/día. Donde observó que para un factor de respuesta en la superficie de La Tubería es de -0.30 metros por día, y el índice de respuesta en la cantidad de agua es K_b . -1.490 d^{-1} la pérdida de concentración de cloro residual libre es en promedio de -0.22 mg/l. Concluyendo que el decaimiento del cloro residual varía de acuerdo a condiciones hidráulicas del sistema de abastecimiento de agua potable tales como caudal y en mejor influencia la presión y velocidad.

(Nizama Quiñones, 2019) En su investigación, el objetivo principal fue estudiar el proceso de degradación cuando el cloro interactúa con el volumen de agua (K_b) en los conductos de suministro de agua potable en San Miguel de Monterrey ubicado en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, en la región de



Ancash.. El estudio se fundamentó en el método científico, siendo de naturaleza aplicada con un enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y diseño correlacional, logrando obtener diversos resultados del coeficiente de reacción en masa de agua (K_b). de -1.49 d^{-1} , -1.510 d^{-1} , -1.515 d^{-1} , -1.525 d^{-1} con los cuales pudo determinar que la disminución del cloro restante cambia dependiendo de las condiciones de calidad del agua, como la temperatura, el pH y la turbidez. Se descubrió que para un coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) de -1.510 d^{-1} la pérdida de concentración de cloro residual libre es en promedio de -0.39 mg/l . Concluyendo que las características del agua, como el pH, la temperatura, la turbidez y la presencia de coli fecales, coli totales y bacterias heterotróficas afecta la velocidad de degradación del cloro. La disminución de la acidez y el incremento de la temperatura son factores que colaboran en la disminución del nivel de cloro restante en el agua..

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Agua potable

El agua potable se caracteriza por haber sido sometida a múltiples procesos de purificación que aseguran que sus propiedades químicas, físicas y microbiológicas cumplan de acuerdo con las normativas de calidad nacionales e internacionales. Esto asegura que el agua cumpla con los requisitos de calidad necesarios para ser apta para el consumo humano sin presentar riesgos para la salud (Reglamento nacional de edificaciones, 2006).

2.2.2 Desinfección por cloro

Este proceso implica la adición de compuestos clorados, como el hipoclorito de sodio o de calcio, al agua previamente tratada. Durante el tiempo de contacto, el cloro actúa inactivando los agentes patógenos presentes. La



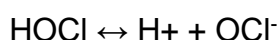
principal ventaja del cloro es que no se limita a ser un desinfectante primario, sino que también tiene otras aplicaciones como un desinfectante secundario, proporcionando protección continua durante horas o incluso días. Esto garantiza la preservación de la calidad del agua y previene el crecimiento de posibles patógenos en la red de distribución de agua potable. (Ministerio de salud, 2022)

2.2.2.1 Hipoclorito de Calcio

El hipoclorito de calcio es un desinfectante ampliamente utilizado para reducir los agentes contaminantes en el agua, lo que disminuye el riesgo de enfermedades asociadas al consumo o uso del agua, contribuyendo así a la protección de la salud. Se emplea comúnmente en el tratamiento de aguas debido a su efectividad comprobada contra diversos microorganismos, como bacterias, algas, moho, hongos y otros que representan un peligro para la salud humana. Su dosificación se realiza en forma de solución, la cual se puede aplicar mediante equipos de bombeo dosificador o sistemas de montaje local. Las soluciones de hipoclorito de calcio se encuentran en dos concentraciones: alta (60-70%) y baja (33-37%). (López Campistrous, Monier, & Labrada, 2005)

2.2.2.2 Mecanismo de acción del cloro

La capacidad desinfectante del cloro en el agua radica en su habilidad para traspasar la membrana celular de los microorganismos y modificar su sistema enzimático, lo que resulta en la eliminación del agente patógeno. Los principales agentes responsables de esta desinfección son el HOCl y el OCl⁻. El ácido hipocloroso experimenta una disociación reversible en iones hidrógeno e iones hipoclorito:



Esta interacción del cloro con el agua libera iones hidrógeno, lo cual reduce el pH del agua (Rodríguez Barradas, 2012).

2.2.2.3 Características del cloro como desinfectante:

- Los organismos patógenos se inactivan efectivamente a temperatura ambiente.
- Es de método de aplicación sencilla y económica.
- Ofrece una protección continua al agua a través de un efecto residual contra posibles contaminaciones futuras en la red de distribución.
- La evaluación de su concentración en los sistemas de distribución implica costos bajos (Cabrera Chacón, 2021).

2.2.2.4 Tiempo de residencia del cloro

El tiempo de residencia, entendido como el tiempo de residencia promedio de una sustancia en un compartimento determinado juega un papel esencial en la eficacia de la desinfección. Para asegurar una desinfección eficaz, el cloro debe mantenerse en contacto con el agua por al menos 30 minutos, permitiendo que se complete su acción (Ministerio de salud, 2022)

2.2.2.5 Cloro residual libre

Se define como la concentración de cloro que se mantiene en el agua luego de un tiempo determinado de exposición, reaccionando de forma química y biológica ya sea la existencia de cloro libre residual, que puede ser ácido hipocloroso o ion hipoclorito (Modelo de Saneamiento Básico Integral, 2018) es fundamental para prevenir el crecimiento microbiano en los sistemas de distribución de agua. No obstante, concentraciones excesivas de cloro sin usar puede causar consecuencias negativas para la salud. En Perú, las regulaciones



requieren que el agua contenga potable al menos 0,50 mg/l de cloro Libre residual., lo cual presenta un desafío en términos de mantenimiento de esos niveles. (Ministerio de salud, 2010).

2.2.2.6 Medición de cloro residual libre

El comparador colorimétrico es el equipo utilizado con el objetivo de cuantificar el cloro residual libre mediante el método colorimétrico con reactivo DPD 1, capaz de detectar niveles Ee nivel de cloro restante debe estar entre 0 y 3.5 mg/l, con indicaciones cada 0.1 mg/l, según lo establecido por el Ministerio de Salud en 2011. Está conformado por:

- Comparador
- Disco de color con un rango de 0 a 3.5 mg/l y marcas de graduación Cada 0,1 mg/l, utilizado para la medición del cloro Libre residual..
- Se requieren dos (02) tubos de ensayo con tapa de tipo tapón para contener muestras de agua, los cuales deben tener marcas que indiquen los volúmenes de 5ml y 10ml..
- Funda individual resistente y portátil de polipropileno, diseñada para ser utilizada en entornos exteriores..

El compuesto químico conocido como N.N. Dietil-p-fenilendiamina (DPD1) se emplea como elemento utilizado para medir la cantidad de cloro sin usar que se encuentra en muestras de agua. En cada unidad se incluye la cantidad exacta de reactivo necesaria para realizar el análisis 5 ml o 10 ml de agua y debe estar empaquetada herméticamente para asegurar la estabilidad del producto hasta su fecha de vencimiento (Ministerio de salud, 2011). Las presentaciones del reactivo DPD 1 incluyen:



- Sobre en polvo, para tomar muestras de agua de 5ml y 10ml..
- Envase en forma de tableta, utilizado para contener muestras de agua de 10 metros.

2.2.2.7 Factores que influyen en la cloración

Los principales factores que influyen en el proceso de tratamiento y desinfección del agua mediante cloro incluyen:

- La concentración y distribución de organismos (parámetros microbiológicos), los productos generados por su reacción con el agua, y la cantidad de sólidos disueltos o suspendidos presentes.
- La naturaleza y la dosis del desinfectante aplicado.
- La temperatura del fluido.
- El tiempo de contacto entre el cloro y el fluido
- El pH del fluido.
- La mezcla y dispersión uniforme del cloro en toda la masa del fluido.

Es importante señalar que, debido a la variedad de organismos presentes en el agua, los requisitos de concentración de cloro para su eliminación pueden variar considerablemente. Un reparto homogéneo del cloro en toda la red es indispensable para lograr una cloración efectiva de distribución (López Campistrous, Monier, & Labrada, 2005)

2.2.2.8 Cinética del cloro residual libre en redes de distribución de agua potable.

El cloro es una sustancia altamente reactiva que no actúa como conservante, debido a su capacidad de reaccionar con otras sustancias presentes en el agua, lo cual provoca una disminución de su concentración

dentro del sistema (Instituto Mexicano de tecnología del agua , 2004). Usualmente, la velocidad de reacción del cloro en las redes de distribución de agua potable disminuye de manera exponencial a medida que transcurre el tiempo.:

$$\frac{-dC}{dt} = kC$$

Al realizar la integración de la ecuación mencionada previamente, se obtiene el siguiente modelo de decaimiento exponencial:

$$C_t = C_0 e^{-Kt}$$

Donde:

C_0 = Concentración inicial del cloro residual libre.

C_t = Concentración del cloro residual libre, luego de un tiempo "t".

T = Tiempo.

K= Coeficiente de decaimiento (d^{-1}).

Esta relación se comporta como una reacción de primer orden, con un coeficiente de decaimiento "K" que depende de los coeficientes cinéticos:

- Constante cinética que describe la velocidad de reacción del cloro residual libre con el volumen de agua (K_b)
- Coeficiente cinético K_w , que indica la velocidad a la que el cloro residual libre reacciona con las paredes de la tubería.

2.2.2.9 Disminución o decaimiento de cloro en las redes de distribución de agua potable

El cloro se emplea como agente desinfectante en los sistemas de distribución de agua potable, al ser integrado directamente en las corrientes de abastecimiento o en el punto de salida de las instalaciones de procesamiento. o



en los reservorios de almacenamiento. Una vez incorporado en este punto, el cloro residual libre disminuye a medida que se desplaza a través de la red, reaccionando tanto con el agua como con las superficies de las tuberías y reservorios. Es fundamental mantener un nivel constante de desinfección en todo el sistema para prevenir la propagación de enfermedades transmitidas por el agua. (Instituto Mexicano de tecnología del agua , 2004)

Existen dos grupos de factores que determinan la reducción de cloro residual no utilizado en las tuberías de distribución de agua:

- Las condiciones hidráulicas en una red de agua potable se definen por el caudal, la presión y la velocidad del agua.
- Características del agua: Temperatura, pH, hierro, manganeso y turbiedad.

2.2.3 Sistema de abastecimiento de agua potable

Los sistemas de suministro de agua potable son estructuras hidráulicas que pueden presentar desde configuraciones sencillas hasta redes complejas. Su diseño básico consiste en una red de tuberías interconectadas, destinada a conducir y proporcionar agua a los usuarios, garantizando que se respeten los niveles de excelencia., caudal, presión y continuidad del servicio. Para optimizar su funcionamiento, estos sistemas integran diferentes componentes, estaciones de bombeo complementadas por una variedad de accesorios, incluyendo válvulas, hidrantes y equipos de medición (Trifunovic, 2006).

El propósito fundamental de una red de distribución tiene la responsabilidad de proporcionar un suministro constante de agua en cantidades

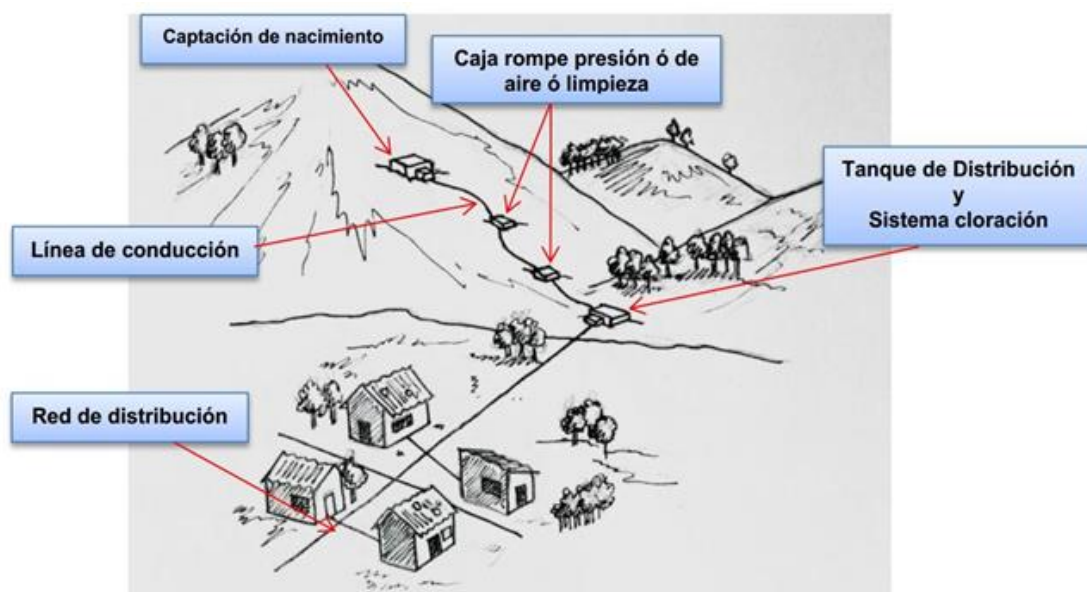
suficientes, manteniendo la calidad lograda en la potabilización (Trifunovic, 2006).

2.2.3.1 Sistema de abastecimiento de agua en el ámbito rural

En la Figura 1 se muestra una plantilla de un sistema de agua rural por gravedad común con su conjunto de componentes hidráulicos diseñados para aprovechar el potencial energético de un recurso hídrico ubicado a una cota superior. Este sistema opera bajo el principio fundamental de que el agua fluye naturalmente desde zonas de mayor a menor energía potencial, es decir, de un punto más alto a uno más bajo.

Figura 1

Sistema convencional de abastecimiento de agua potable



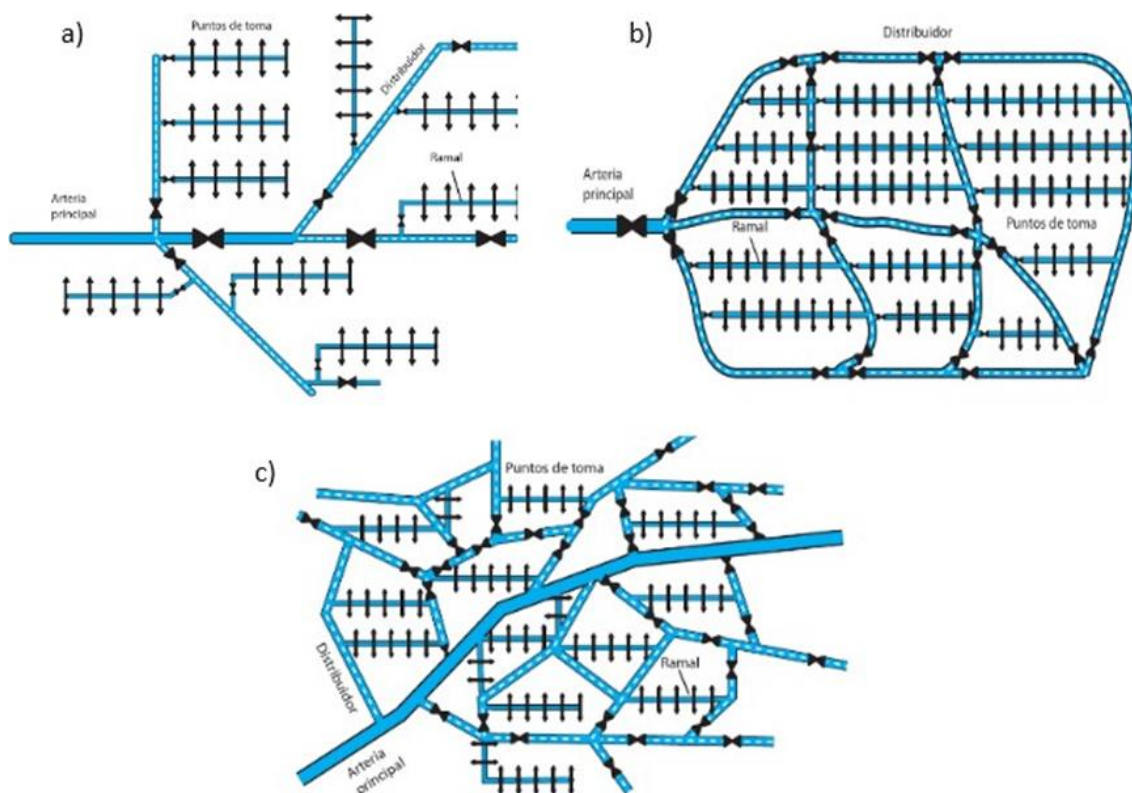
Nota. Basado en el manual que trata sobre agua potable, sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, con especial atención en la simulación hidráulica y de calidad del agua en las redes de distribución. (Agua, 2018)

2.2.3.2 Redes de distribución de agua potable

- Red mallada: Su característica principal es la formación de cuadrículas que constituyen un circuito cerrado, facilitando que cada punto de consumo disponga de múltiples rutas de flujo, como se observa en la Figura 1 (b).
- Red ramificada: Se caracteriza por una tubería principal de gran diámetro que se divide en diversas tuberías secundarias secundarias de menor sección, las cuales enlazan con los puntos de consumo en las propiedades, como se ilustra en la Figura 1 (a).
- Red mixta: Es una combinación de las redes ramificada y mallada, como se ilustra en la Figura 1 (c) (Trifunovic, 2006).

Figura 2

Estructura de los tipos de redes de distribución



Nota. Estructura de redes de distribución de agua potable (Cañero, 2016)



2.2.3.3 Reservorios de abastecimiento de agua potable

Se refiere a una construcción diseñada para contener grandes cantidades de agua, con el propósito de cumplir con las distintas necesidades de los sistemas de suministro de agua potable. El almacenamiento del agua puede realizarse tanto antes como después del proceso de tratamiento. (Rodríguez, Sawyer, & García, 2006).

2.2.4 Demanda de agua potable

La teoría, la cantidad de agua demandada (Q_d) debería ser igual a la cantidad de agua consumida por los usuarios (Q_c). No obstante, en la realidad, la cantidad demandada de agua (Q_d) incluye no solo el consumo de los usuarios, sino también las pérdidas físicas de agua en el sistema, causadas por fugas (Q_f), tal y como se puede apreciar en la expresión matemática. Por lo general, la medida necesaria se expresa en metros cúbicos por segundo (m^3/s), litros por segundo (l/s) o litros por individuo al día. (Trifunovic, 2006).

$$Q_d = Q_c + Q_f$$

2.2.5 Tipos de modelos hidráulicos en redes de distribución

Las simulaciones del comportamiento hidráulico de una red son posibles gracias a los modelos matemáticos de distribución, siendo fundamental que las condiciones observadas en campo coincidan con las calculadas a través de mediciones en campo para garantizar resultados precisos. A lo largo del tiempo, los modelos que se utilizan para analizar los sistemas de distribución han evolucionado considerablemente: inicialmente se utilizaban métodos para analizar los caudales en las redes; luego, los modelos hidráulicos se desarrollaron y expandieron en computadoras, y finalmente se han incorporado



modelos que permiten evaluar la condición del agua dentro de las redes de distribución (Alcocer Yamanaka & Tzatchkov , 2004).

2.2.6 Modelos hidráulicos más usados

Estos modelos se enfocan en las condiciones iniciales para los nodos, las tuberías, las válvulas, los tanques y las demandas horarias son fundamentales para llevar a cabo el cálculo de los flujos y las presiones en la red de distribución de agua. Para realizar este procedimiento, es necesario, Recolectar Información sobre los componentes que integrarán el modelo.

- Obtener información sobre los elementos que formarán parte del modelo.
- Simplificar la red de tuberías considerando la información disponible.
- Combinar los componentes físicos de la red en el modelo
- Calibrar el modelo con mediciones de campo

Una vez establecido el modelo hidráulico, resulta fundamental actualizarlo cada vez que haya cambios en la red de distribución. Dado que todos los componentes del sistema están interrelacionados, el modelo debe operar en cumplimiento con las leyes fundamentales de conservación de masa y energía para asegurar su correcto funcionamiento.

2.2.6.1 Conservación de masa

Según el principio fundamental, la cantidad de masa del fluido que ingresa a una tubería debe ser la misma que la que sale. En el modelo de red, las salidas del fluido se concentran en nodos o puntos de cruce específicos (Dominguez Asencio, 2021). Este principio se expresa en la siguiente ecuación:

$$\sum Q_i - U = 0$$

Dónde:

Q_i = Entrada de agua en la tubería (l^3/t)

U = agua utilizada en el nodo (l^3/t)

En simulaciones a largo plazo, es fundamental considerar el almacenamiento o la extracción de agua en los tanques. Para representar la acumulación de agua en ciertos nodos, es necesario incluir un término específico en el modelo, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\sum Q - U - \frac{ds}{dt} = 0$$

Dónde: $\frac{ds}{dt}$ = cambio en el almacenamiento (l^3/t)

2.2.6.2 Conservación de energía

El principio de conservación de la energía establece que la cantidad total de energía en un sistema se mantiene constante, lo que significa que la variación de energía entre QUÉ HACER Puntos específicos del sistema también debe ser constante, independientemente del camino seleccionado entre ellos (Tzatchkov & Alcocer-Yamanaka, 2016). En el análisis hidráulico, esta relación se representa a través de la siguiente ecuación:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + \sum hp = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum hl + \sum hm$$

Para determinar la disparidad de energía entre dos puntos de la red eléctrica, se estima sumando las adquisiciones energéticas generadas por las bombas y las pérdidas de energía ocasionadas por los accesorios y tuberías durante el transporte del fluido.

La pérdida de carga, que representa la disminución de la altura piezométrica en las tuberías, es consecuencia de la fricción y puede calcularse mediante tres fórmulas distintas (García, 2006):

- Hazen-Williams: Esta fórmula no es aplicable a líquidos distintos del agua y se utiliza para flujos turbulentos.
- La ecuación de Darcy-Weisbach es reconocida como la más precisa para el cálculo de la pérdida de carga, ya que su aplicación es válida para todos los regímenes de flujo y tipos de fluidos.
- La ecuación de Chezy-Manning es utilizada en el cálculo de la pérdida de carga en canales y tuberías de gran diámetro, donde el flujo es predominantemente turbulento.

2.2.7 Tipos de modelos hidráulicos

Existen principalmente dos tipos de modelos de simulación hidráulica, clasificados según la variable del tiempo: los modelos estáticos de flujo permanente y los modelos dinámicos de flujo no permanente.

2.2.7.1 Estáticos de flujo permanente

Estos modelos se basan en la suposición de que los caudales solicitados e inyectados en la red son constantes, es decir, no varían con el tiempo. Además, se asume que el nivel de los tanques se mantiene constante y que no se han registrado modificaciones en la operatividad del sistema, como la apertura o cierre de válvulas. No obstante, es fundamental señalar que las redes de distribución presentan un comportamiento dinámico a lo largo del tiempo. Estos modelos sirven para evaluar su desempeño en condiciones adversas, como en situaciones de caudales máximos horarios, y actúan como fundamento



para modelos más complejos, incluyendo los cuasiestáticos o aquellos que abarcan periodos prolongados (Alcocer Yamanaka & Tzatchkov , 2004)

2.2.7.2 De flujo no permanente o dinámicos

Los diseños dinámicos integran la fluctuación en El tiempo de los flujos de agua requeridos y suministrados en la red, así como las modificaciones en las condiciones operativas y los niveles de los tanques. Estos modelos facilitan la simulación de la evolución de la red a lo largo de un periodo específico, capturando las fluctuaciones y ajustes que se producen dentro del sistema. (Alcocer Yamanaka & Tzatchkov , 2004).

2.2.8 Modelos de calidad

El principal propósito de los modelos de calidad del agua es analizar el desarrollo de los indicadores de calidad desde su punto de origen en la planta de tratamiento hasta el punto de consumo final, asegurando el cumplimiento de las normativas establecidas. Estos modelos analizan el comportamiento de los parámetros de calidad a lo largo de los sistemas de distribución, verificando su conformidad con las normas vigentes (M Walski, V. Chase, A. Savic, Grayman, & Beckwith, 2003)

Estos modelos tienen aplicaciones variadas, desde el análisis de rutas de flujo hasta la optimización de la calidad del agua. Todos estos análisis se basan en procesos físicos y químicos, tales como el transporte, la mezcla y la variación de concentraciones (Alcocer Yamanaka & Tzatchkov , 2004; M Walski, V. Chase, A. Savic, Grayman, & Beckwith, 2003).

Una de las ventajas de estos modelos es su capacidad para determinar la concentración, el tiempo de permanencia y la ruta seguida por la sustancia analizada en cada punto de la red en cualquier instante. Este cálculo se aplica



tanto a sustancias conservativas, que no experimentan reacciones químicas en el sistema, como el flúor, como a sustancias no conservativas, que sí reaccionan, como el cloro (Dominguez Asencio, 2021)

La utilidad y precisión de las predicciones del modelo de calidad del agua se basan en la calibración del mismo. Para modelar sustancias no conservadoras como el cloro libre, que es el enfoque de este estudio, se requiere un modelo de reacción adecuado y su correspondiente calibración.

2.2.8.1 Beneficios de la implementación del modelo

La implementación de un modelo de calidad ofrece diversos beneficios significativos. En primer lugar, permite analizar el comportamiento del desinfectante dentro del sistema de distribución de agua se pueden implementar múltiples tácticas con el fin de asegurar la excelencia del agua. Además, proporciona herramientas ayudan a determinar la cantidad ideal de cloro en las fuentes y plantas, e incluso si se necesitan unidades adicionales de inyección secundaria. Este modelo también ayuda a identificar las posibles áreas de la red que podrían presentar problemas y determinar las acciones requeridas para solucionar dichos inconvenientes. Además, posibilita la evaluación de la calidad del agua que se obtiene al combinar varias fuentes distintas. dentro de la red de suministro, lo que es crucial para investigar las causas de cualquier disminución en la calidad del agua (Dominguez Asencio, 2021)

Además, el modelo determina la mejor ubicación para tomar muestras de la calidad del agua en la red. El modelo hidráulico que lo compone también sirve para otros proyectos, como dividir la red en zonas, definir áreas para controlar las pérdidas de agua potable y mejorar la distribución.

2.2.8.2 Modelación de las reacciones químicas

Dentro de las redes de distribución de agua potable, el agua se somete a una serie de procesos físicos y químicos, muchos de los cuales han sido poco investigados y no siempre se modelan de manera adecuada. Sin embargo, Los procesos químicos fundamentales en los modelos cinéticos que describen la reducción del cloro residual libre son el índice de reacción en masa del agua (K_b) y El índice de reacción en las superficies de la Tubería. (K_w)(Instituto Mexicano de tecnología del agua , 2004)

2.2.9 Software WaterCAD

Este software comercial proporciona información detallada sobre el funcionamiento hidráulico de una red de distribución de agua potable mediante el uso de elementos representativos como tuberías, reservorios, hidrantes y componentes híbridos, tales como bombas y válvulas de control y regulación. Cabe señalar que la versión del software no está disponible en español, lo cual puede presentar una limitación para ciertos usuarios. Para realizar el ajuste de calibración en una red de suministro de agua potable, es necesario verificar el parámetro modelado (Dominguez Asencio, 2021). En el contexto viene siendo la manifestación de cloro residual libre verificando que los datos estén en concordancia, ingresando además el valor de campo para afinar los ajustes en el programa de simulación. La calibración precisa con datos de campo es crucial, ya que los resultados del modelo dependen de estos datos para producir simulaciones confiables.

2.2.9.1 Coeficientes y orden de reacción

La determinación del orden de reacción y los coeficientes de interacción entre el soluto y el flujo en sistemas de distribución de agua. responde a la

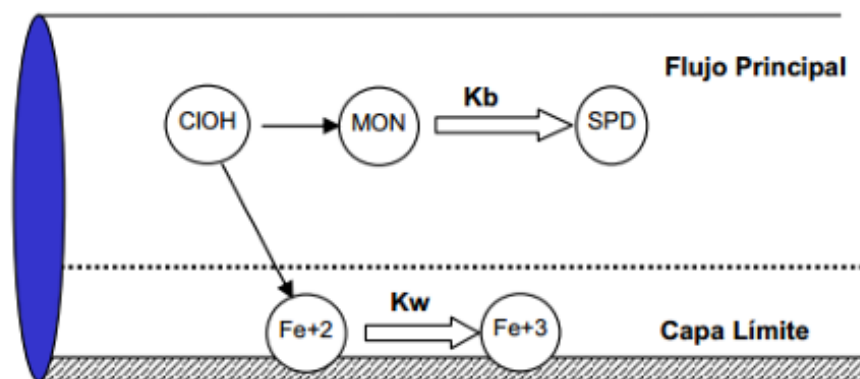
presencia de sustancias reactivas, las cuales provocan reacciones tanto en las paredes de los tanques y tanto en las paredes internas de las tuberías como en el cuerpo del agua. En numerosos modelos de calidad del agua, se utiliza un coeficiente de reacción global, que corresponde a la suma de los coeficientes de decaimiento tanto en el volumen del fluido como en la superficie interna de la tubería, como se indica en la ecuación:

$$K = K_b + K_w$$

Donde: K_b representa el coeficiente de decaimiento en el seno del fluido, mientras que K_w se refiere al decaimiento en la pared de la tubería.

Figura 3

Decaimiento cloro residual libre en redes de distribución



Nota. Obtenido del Manual de Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución

Generalmente, para obtener el coeficiente K_b , se ejecutaron pruebas de frasco en campo, como el ensayo de D.P.D. no obstante, el coeficiente K_w presenta mayores dificultades de cálculo, dado que puede variar en función de múltiples factores, tales como el valor de K_w está determinado por las



condiciones de flujo del agua, la interacción química con respecto al material de la tubería y la condición de la biocapa. Es importante tener en cuenta que el coeficiente K_w rara vez se calcula para un conducto individual, sino que es más adecuado determinarlo para toda la red en su conjunto., lo cual permite evaluar de manera más efectiva la eficiencia general del sistema de distribución (Agua, 2018).

A continuación, se muestran los valores habituales para el coeficiente de decaimiento del cloro en RELACIÓN al volumen de agua (K_b), recolectados por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

$$-0.1/\text{día} > K_b > -1.5/\text{día}$$

A diferencia del coeficiente de decaimiento en el volumen del agua (K_b), que se evalúa en función de la masa de reacción, El coeficiente de decaimiento en la pared (K_w) se mide en función de la masa de reacción de la tubería es más difícil de obtener debido a la complejidad de su determinación y depende de varios factores, como el tipo de material de la tubería, la presencia de biopelícula (que varía según los años de edad de la tubería y la clase de agua transportada) e incluso el diámetro de la tubería.

La textura rugosa de la tubería influye en el coeficiente de respuesta de su pared, por lo que algunos softwares incluyen fórmulas para estimarlo. Sin embargo, el estudio y estimación de este indicador en terreno sigue siendo complejo pueden requerir la exposición de las tuberías y otros procedimientos complejos. Por esta razón, suele recurrirse a valores teóricos obtenidos de investigaciones previa, los valores representativos para el coeficiente de degradación del cloro en la pared del conducto (K_w), que sirven como punto de referencia

$$-0.06/\text{día} > K_w > -1.52/\text{día}$$

La difusividad molecular del cloro (d) es un indicador de igual importancia, ya que, teóricamente, simboliza el nivel de libertad de movimiento que poseen las moléculas de cloro. Este parámetro es crucial para entender cómo se distribuye y transporta el cloro a través de la red de distribución. Los valores típicos de difusividad molecular del cloro se encuentran en el siguiente rango:

$$1.2 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s} < d < 1.4 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

a) Coeficiente de reacción en masa de agua (K_b)

Esta reacción que ocurre dentro del fluido puede describirse utilizando el orden de reacción "n", la ecuación siguiente ilustra la expresión global para las reacciones de un único reactivo de orden "n". (Walski et al., 2001).

$$R(C) = K_b \times C^n$$

Donde:

$R(C)$ = Velocidad de reacción.

K_b = Coeficiente de reacción masa de agua.

C = Concentración.

n = Orden de reacción.

Si el coeficiente K_b es positivo, esto indica una reacción de formación, mientras que un valor negativo sugiere una reacción de desintegración (Rossman, 2000)

El modelo de decaimiento del cloro residual comúnmente empleado es el de primer orden ($n = 1$), el cual representa una respuesta de descomposición (donde $K_b < 0$) (Elsheikh et al., 2013; Walski et al., 2001). En consecuencia, el

orden de reacción de presenta en la Figura 4 y la ecuación se simplifica de la siguiente manera:

$$C_t = C_o \times e^{-K_b \times t}$$

Donde:

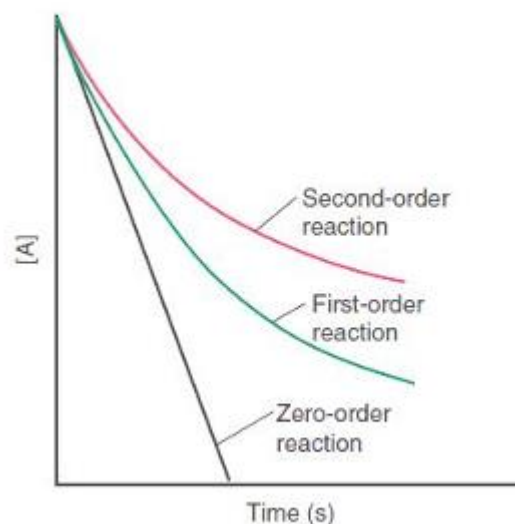
C_t = Concentración en un tiempo "t"

C_o = Concentración inicial

K_b = Coeficiente de reacción de masa de agua

Figura 4

Tendencia de la concentración y tiempos del orden de reacción



Nota. Obtenido de Simulation of Chlorine Decay in Water Distribution Networks Using EPANET–Case Study.

b) Coeficiente de reacción en pared (K_w)

La reacción ocurre en la pared de la tubería, y se ve afectada por la interacción del líquido con la zona superficial apta para la reacción. (Mostafa et al., 2013). De acuerdo con Rossman (2000), la velocidad de reacción está relacionada con la concentración del reactivo, tal como se muestra en la ecuación siguiente:



$$R(C) = \frac{A}{V} \times Kw \times C^n$$

Donde:

R(C) = Velocidad de reacción.

$\frac{A}{V}$ = Área superficial por unidad de volumen dentro de la tubería.

Kw = Coeficiente de reacción en parde de tubería (Kw).

C = Concentración.

N = Orden de reacción.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 *Agua cruda*

Se refiere al agua en su condición natural, recogida para su consumo, que no ha sido tratada. (Ministerio de salud, 2022).

2.3.2 *Agua de consumo humano*

Agua segura para beber y para todas las actividades domésticas, incluyendo la higiene personal. (Ministerio de salud, 2022).

2.3.3 *Biofilm*

Es una capa delgada de microorganismos que se adhiere y crece en las superficies internas de las tuberías, rodeada de una matriz extracelular polimérica que los protege. Ocurre cuando los microorganismos encontrados en el agua o el ambiente encuentran condiciones favorables para su desarrollo, como nutrientes, agua estancada o baja concentración de desinfectante.



2.3.4 Cloración

El propósito de aplicar cloro al agua es eliminar microorganismos o bacterias dañinas que se encuentran en el agua., con el fin de prevenir enfermedades (Ministerio de salud, 2022)

2.3.5 Cloro residual libre

El cloro residual es el volumen de cloro que se mantiene en el agua tras el proceso de cloro con los compuestos presentes en ella. Este cloro residual es importante para la desinfección del agua, ya que elimina los patógenos que pueden causar enfermedades. Se calcula sumando la concentración de ácido hipocloroso y ion hipoclorito (Ministerio de salud, 2022)

2.3.6 Cloro combinado

Es el cloro presente en el agua potable que ha reaccionado con compuestos de nitrógeno, como amoníaco, para formar cloraminas (monocloramina, dicloramina o tricloramina). Este tipo de cloro tiene una capacidad desinfectante menor en comparación con el cloro libre, pero es más estable y proporciona una protección prolongada en sistemas de distribución de larga distancia(Ministerio de salud, 2022)

2.3.7 Cloro total

El total de cloro residual se establece como la adición del cloro residual libre y el cloro residual combinado presentes en el agua potable. Representa la cantidad total de cloro disponible en el agua para garantizar la desinfección.



2.3.8 Compuesto de cloro

Todos los productos que incluyen cloro como uno de sus elementos. En la Desinfección del agua (Ministerio de salud, 2010)

2.3.9 Decaimiento

Variación de concentración: cambios en la concentración de una sustancia debido a factores mecánicos, temporales y químicos (Alcocer Yamanaka & Tzatchkov , 2004)

2.3.10 kDosis

La dosis de una sustancia se refiere a la cantidad a la que una red de distribución presenta durante un lapso de tiempo determinado. Por lo general, a mayor dosis, más probable es que se produzca un efecto adverso o beneficioso (Cabrera Chacón, 2021)



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

El trabajo de investigación que se presenta es de tipo aplicada, ya que no busca crear teorías o leyes, sino que utiliza las existentes para abordar problemas de interés social. En este estudio, se aplicarán teorías preexistentes y ecuaciones relacionadas con el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua del centro poblado de Muni, distrito de Pusi (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

3.2 Nivel de investigación

El propósito central de este estudio es analizar el declive del cloro residual libre en la red de suministro de agua potable. Se clasifica como una investigación de nivel explicativo.

3.3 Diseño de investigación

Como se indicó previamente, el propósito de esta investigación es analizar el decaimiento del cloro sobre la red de distribución de agua potable.

Con un diseño No experimental – transversal.



3.4 Método de investigación

Método inductivo – deductivo. Ya que se observarán fenómenos específicos en la red de distribución de agua potable y se recolectarán datos relacionados con el decaimiento del cloro residual libre posteriormente se formularán conexiones causales entre las condiciones hidráulicas de la red y el decaimiento del cloro residual libre, incorporando los coeficientes de reacción.

3.5 Enfoque de investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo debido a que se fundamenta en el monitoreo del cloro residual libre: se lleva a cabo la recolección y análisis de datos medibles para comprender la conducta del cloro residual libre en la red de suministro de agua potable del núcleo urbano de Muni.

3.6 Ámbito de investigación

El proyecto de investigación denominado “Análisis del decaimiento de cloro residual libre mediante WaterCAD en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.”, se realizó en el centro poblado Muni en la red de distribución con la que cuenta, cuya ubicación se muestra posteriormente en la Tabla 2.

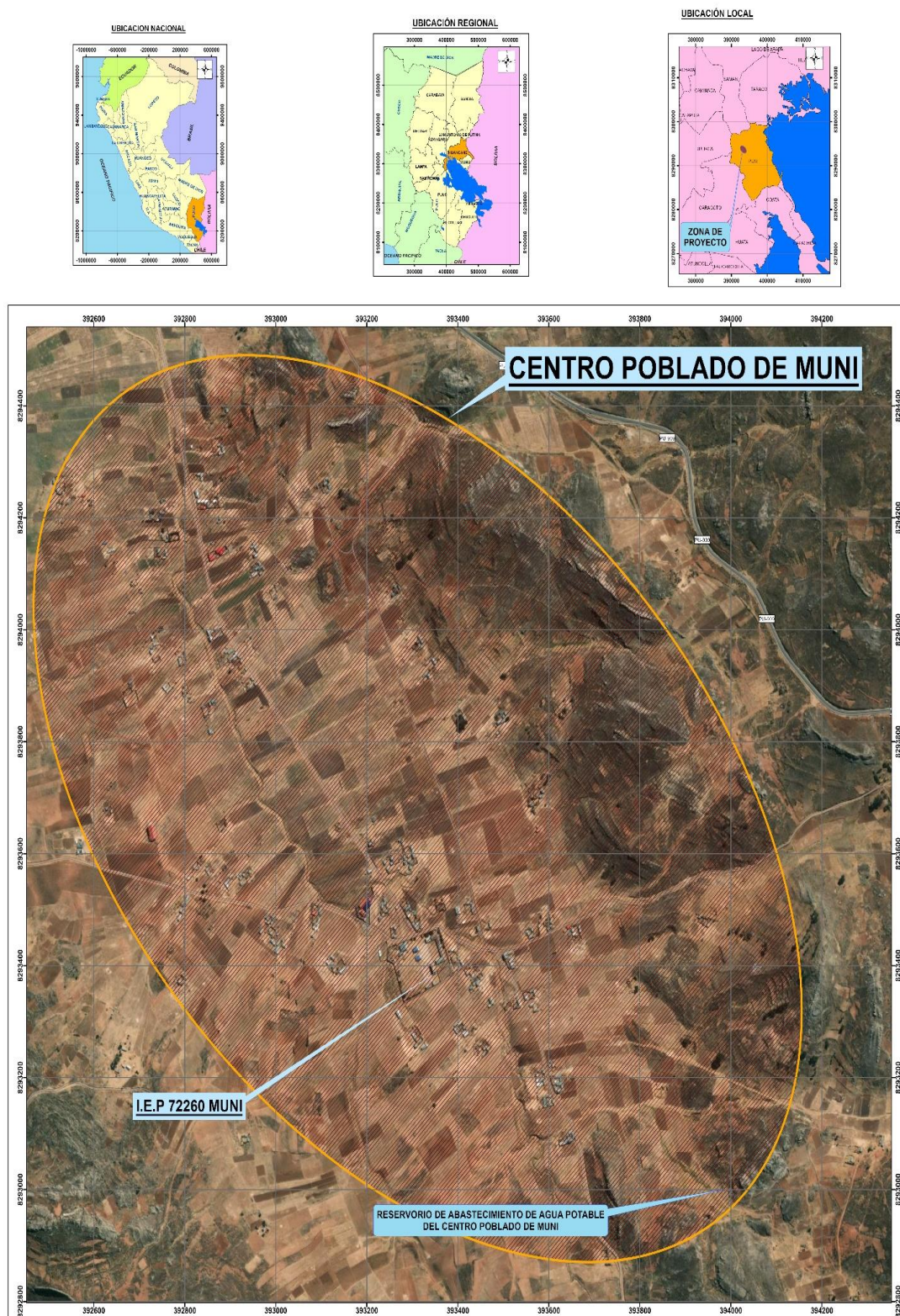
Tabla 2

Ubicación geopolítica de la zona de estudio

Ubicación política	
Departamento	Puno
Provincia	Huancané
Distrito	Pusi
Centro poblado	Muni

Figura 5

Ubicación geográfica de la zona de estudio



Nota. Obtenido de ArcGIS Pro



3.7 Población

En esta investigación, se considera que la "población" se refiere al volumen total de agua clorada en el reservorio de abastecimiento de agua potable y al total de conexiones domiciliarias (nodos) de la red de distribución de agua potable en el Centro Poblado de Muni, en el distrito de Pusi. Esto se traduce en el total de residencias que disponen del servicio de agua para consumo doméstico, que asciende a 60 conexiones domiciliarias.

3.8 Muestra

El muestreo para el desarrollo de la investigación está conformado por la cuantía de la muestra de agua del reservorio de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi, con una cantidad representativa de 250 ml de agua clorada del reservorio durante el mes de marzo, abril y mayo del 2024, dividiendo cada mes en dos periodos de toma de muestra que se darán durante el inicio y al final del momento de renovación del desinfectante. Por tanto, el tipo de muestra será no probabilística por conveniencia según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) Se indica el criterio del investigador para Escoger las muestras basándose en un factor específico.

3.9 Técnica

La técnica de observación se utilizará para validar los resultados obtenidos en la recolección y procesamiento de datos.

3.10 Instrumento

Como herramienta para la recopilación de información, se utilizará un registro diseñado específicamente para el cloro residual libre (muestra), el uso de un colorímetro (Marca Hach), DPD y un multiparámetro para determinar la temperatura.



Observacional: Que permite el proceso de muestra recogido del lugar y momentos de muestreo del agua en cada nodo de la red de distribución de agua del centro poblado de Muni.

Vigilancia en terreno: Para la realización de la recolección de aguas de muestra en el reservorio y en cada nodo, se emplearon los siguientes recursos:

- Ficha de registro de cloro residual libre.
- Tablero.
- Plumón indeleble.
- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Colorímetro digital marca Hach.
- DPD.
- Útiles de escritorio.

3.10.1 Procedimiento metodológico para el objetivo específico 1

Determinar el coeficiente de reacción en masa de agua (k_b) y su efecto en el decaimiento de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.

La determinación del coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) conlleva una fase de toma y análisis de muestras referido a la manifestación de cloro residual liberado de tal forma reconocer el efecto en el decaimiento de niveles de cloro residual disponible en la red de abastecimiento de agua para consumo en la Red de Abastecimiento de Agua Potable del núcleo urbano de Muni,. Bajo este contexto, con el propósito de determinar el coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) se definió 3 meses de estudio donde se realizo



toma de muestra del reservorio de abastecimiento de agua potable durante el mes de marzo, abril y mayo. La zona de estudio realiza control y renovación del desinfectante una vez al mes, por ello se optó por realizar un muestreo al comienzo del control del desinfectante y un segundo muestreo pasados 15 días del día de control de desinfectante. De tal forma se definieron dos periodos de toma de muestra, periodo I (inicio) y periodo II (final).

Posteriormente, se realiza una identificación de la región de investigación, específicamente del sistema de abastecimiento de agua potable con la autorización del alcalde del distrito de Pusi, quien accedió a facilitar los datos requeridos para el avance de la investigación y en coordinación con el presidente de la JASS se realizó el reconocimiento de los componentes de interés del sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni

En la Figura 6 se muestra el reservorio de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni, mismo que tiene una capacidad de 5.0 m³ con una frecuencia de mantenimiento trimestral, cuyas coordenadas UTM zona 19S son 393968 E y 8293001 N, se determinó la concentración de cloro residual libre mediante un análisis específico en el reservorio obteniendo una muestra homogénea que asegure la representación del total ya que los datos obtenidos del análisis de las muestras servirán como base para determinar el coeficiente de reacción en masa de agua (Kb) y en la Figura 7 se muestra que el reservorio cuenta con un sistema de desinfección por goteo de carga constante de doble Contenedor (cloración por goteo tradicional) utilizando como desinfectante hipoclorito de calcio (Ca(ClO)₂) que tiene una frecuencia de mantenimiento y recarga de la solución madre mensual.

Figura 6

Identificación del reservorio de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni



Figura 7

Sistema de desinfección por goteo de carga constante de doble recipiente



Durante la fase de implementación de este proyecto y su relación el procedimiento metodológico para la determinación del coeficiente de reacción en masa (K_b), se llevaron a cabo las siguientes acciones:

a. Ubicación:

La zona del estudio del proyecto de investigación se sitúa en el sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni.

b. Recolección de materiales necesarios para la toma de muestras:

Primeramente, se puso en marcha una colaboración con el encargado del laboratorio de calidad de la EPS. SEDAJULIACA S.A. con la finalidad de establecer un cronograma para la recolección de las muestras y prever los materiales necesarios para la toma de muestra, se visualiza en la Figura 8.

Figura 8

Materiales del laboratorio de calidad de la EPS SEDAJULIACA S.A.



Nota. En la figura se muestra el colorímetro¹, cooler² y frasco esterilizado³

c. Toma y análisis de muestras:

La toma de muestra tendrá lugar en el reservorio de agua potable con la finalidad de obtener una adecuada mezcla con el desinfectante (agua clorada), de tal forma garantizar el reflejo de los resultados alcanzados. Además, se llevará a cabo la recolección de muestra en un recipiente enroscado de vidrio de 250 ml esterilizado y con un material inerte al cloro, asegurando que no habrá una variación de cloro por contacto.

Figura 9

Toma de muestra del reservorio de abastecimiento del centro poblado de Muni



Posteriormente, la muestra tomada será trasladada al laboratorio de calidad de la EPS SEDA JULIACA S.A. y se medirá la concentración de cloro residual libre utilizando el colorímetro digital marca HACH con número de serie de 16030E295970 (se muestra en la Figura 10), tomando muestras de 5 ml del frasco en periodos de 1 hora por 12 horas sucesivas, los datos obtenidos se ajustarán a la ecuación expuesta en el marco teórico, permitiendo así establecer el coeficiente de reacción en la masa de agua (K_b).

Figura 10

Colorímetro marca HACH



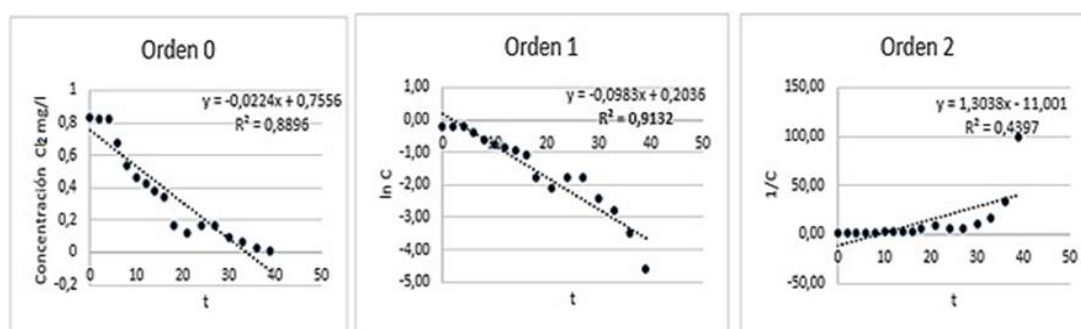
La frecuencia de análisis será bimensual durante un periodo de tres meses, con el objetivo de asegurar que la concentración de cloro alcance un estado estable en la red de distribución y que los hallazgos logrados sean confiables que se obtengan, esto según el estudio realizado por (Rodríguez, Sawyer, & García, 2006; Tzatchkov & Alcocer-Yamanaka, 2016). El estudio de investigación que constituye el análisis más exhaustivo sobre la cinética de decaimiento del cloro residual libre.

d. Trabajo de gabinete:

La Figura 11 muestra las representaciones gráficas características de las reacciones de orden cero, uno y dos, donde se observa la relación entre la concentración y el tiempo en diferentes escalas: lineal para orden cero, logarítmica para orden uno e inversa para orden dos en función del tiempo (t) para un orden dos, junto con sus coeficientes de determinación (R^2). Se construyó una gráfica de las manifestaciones de cloro residual libre en función del tiempo, empleando los datos obtenidos en laboratorio. A través de un ajuste exponencial de los datos, se calculó el coeficiente de desintegración en masa, el cual, al ser aplicado a un modelo de orden 1, permitió obtener el coeficiente de reacción en masa (K_b). Dado el tiempo de estudio de 3 meses con mediciones cada 15 días, se obtendrán un total de seis muestras, dos por mes de estudio. Además, el total de los resultados por muestra tomada será representación de la pérdida de la manifestación del cloro residual obteniendo un promedio de las 12 mediciones de cloro por muestra, finalmente se realizará un promedio mensual y promedio total, resultado que será representación del coeficiente de reacción de masa de agua (K_b).

Figura 11

Orden de reacción de decaimiento de cloro



Nota. Método gráfico para la determinación del orden de reacción (Alcocer Yamanaka & Tzatchkov , 2004)



3.10.2 Procedimiento metodológico para el objetivo específico 2

Determinar el coeficiente de reacción de pared (K_w) y las condiciones hidráulicas de mayor influencia simuladas mediante WaterCAD en el decaimiento del cloro residual libre de la red de distribución de agua potable en el cloro residual libre del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.

La determinación del coeficiente en pared (K_w) es más complicada que la del coeficiente en masa de agua (K_b), ya que depende de las características de las redes de distribución de agua potable, en particular el tipo de material, su antigüedad y rugosidad de las tuberías que tiende a aumentar la capacidad de reacción en las paredes, especialmente con el cloro y otros desinfectantes

La determinación del coeficiente de reacción en pared (K_w) se basa en la comprensión de que este coeficiente es proporcional a la tasa de reacción. La tasa de reacción está influenciada por la cantidad de superficie donde ocurre la reacción y por la velocidad a la que la sustancia reactiva se transfiere del fluido a la pared de la tubería.

La determinación de las condiciones hidráulicas se realizó conforme al diseño del modelo hidráulico en el software de WaterCAD (simulación en periodo extendido) el cual tiene funciones útiles de análisis para el desarrollo de la investigación. Para el desarrollo del objetivo se verificaron los componentes mostrados en el plano de red de distribución de agua potable, el cual fue proporcionado por la Municipalidad distrital de Pusi y que fue verificado conjuntamente con el presidente de la Junta Administradora de Servicios de



Saneamiento (JASS) quien proporcione los planos en físico de la red de suministro de agua para consumo en el núcleo urbano de Muni.

Durante la fase de implementación de este proyecto y su relación con este objetivo, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

a. Asignación de nodos:

La asignación de nodos se realizó en base al empadronamiento de los usuarios que cuentan con el servicio de agua potable, asignados a cada vivienda con el fin de mejorar el detalle en los resultados.

b. Levantamiento topográfico

Con el fin de asignar las elevaciones a los nodos propuestos y otros elementos requeridos para una adecuada simulación en el modelo hidráulico de la red de suministro de agua potable.

c. Cálculo de la variación de la demanda horaria

La demanda de agua potable presenta variaciones según la zona geográfica en estudio y las costumbres de consumo de agua de los usuarios, las cuales cambian a lo largo del día (Garzón, 2014).

Para obtener los resultados, se calcularon los caudales de salida del reservorio de almacenamiento de agua potable del Centro Poblado de Muni durante un período de 7 días. Las mediciones se ejecutaron de lunes a domingo, dado que la demanda de agua es relativamente constante durante estos días. Las mediciones se efectuaron en intervalos de 2 horas diarias.

Figura 12

Mediciones de la variación del consumo horario de agua



Las mediciones realizadas siguieron el procedimiento:

- Primeramente, se cerró la válvula que permite el ingreso de agua al depósito de agua potable del centro poblacional de Muni. Sin embargo, la válvula de salida se conserva abierta para continuar proporcionando el servicio de agua potable a los usuarios.
- Posteriormente, se realizó la medida de la altura desde la tapa del reservorio que proporciona agua limpia y potable. se comenzó registrando la altura del agua en su superficie inicial. Posteriormente, cada cinco minutos, se realizó una nueva medición de la altura hasta que se llegó al tiempo preestablecido para el experimento.

- Finalmente, se calculó el caudal promedio consumido cada 2 horas del día en litros por segundo utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_{pn} = \Delta H \times \pi \times A^2 \times t \times \frac{1000}{3600}$$

Donde:

Q_{pn} = caudal promedio consumido en la hora "n" en metros cúbicos

ΔH = diferencia de la altura inicial y final de la hora "n" en metros

A = área del tanque en metro

t = 2 horas. Las unidades resultantes son l/s.

- Se determinó la variación de la demanda horaria y máxima empleando la ecuación descrita. Además, se realizó el cálculo con el valor máximo de consumo, ya que el programa de modelación multiplica los coeficientes con la demanda ingresada. Los datos obtenidos se graficaron para construir la curva de cambio horario de la demanda a lo largo del tiempo y para Examinar los coeficientes a lo largo del tiempo, contra el objetivo de valorar el comportamiento del Consumo de agua potable..

d. Simulación de modelo hidráulico base en WaterCAD

Con los datos recopilados se procedió a establecer las condiciones recopiladas de campo en WaterCAD, de tal forma establecer el modelo hidráulico con la asignación de caudales por nodo y el trazado de tuberías de ramales principales, secundarias y conexiones prediales, para luego verificar las condiciones hidráulicas del sistema de abastecimiento de agua potable de mayor influencia en el decaimiento de cloro residual libre, como; caudal, presión y velocidad. En la Figura 13 se muestra el panel de

trabajo de WaterCAD, donde se asignan nodos por vivienda beneficiaria del servicio de distribución agua potable.

Figura 13

Plataforma de trabajo en WaterCAD de asignación de nodos y redes



Nota. Obtenido del panel de trabajo de WaterCAD

3.10.3 Procedimiento metodológico para el objetivo específico 3

Determinar el decaimiento de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi

Para calcular la pérdida de cloro residual libre en la red de suministro de agua, se creó un modelo de simulación de Calidad utilizando el software WaterCAD, partiendo del modelo de simulación hidráulico diseñado en el objetivo 2 de la presente investigación, para ello fue necesario utilizar los coeficientes de decaimiento hallados en el objetivo específico número 1.

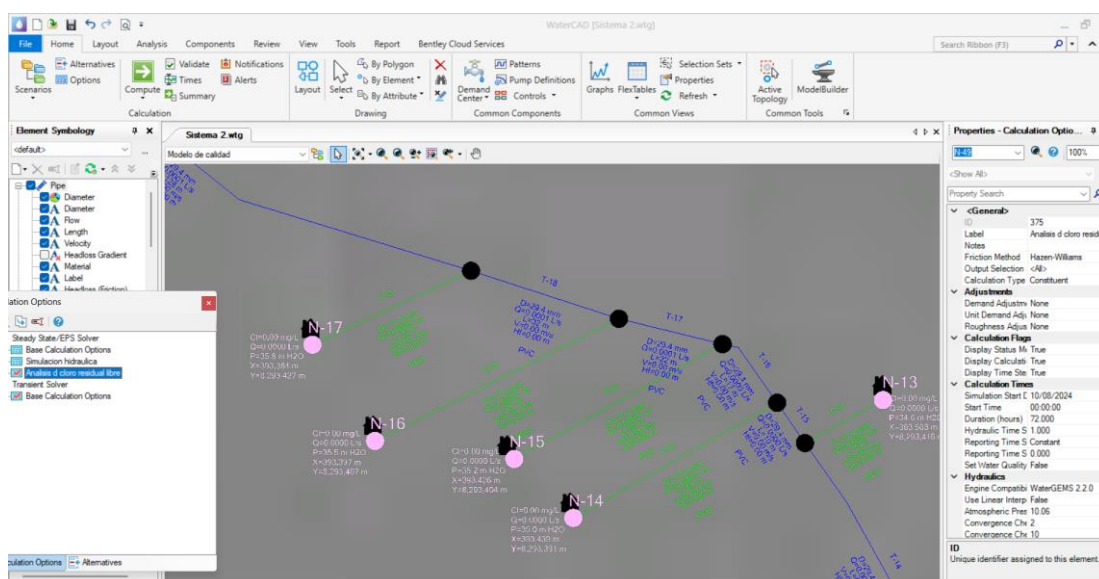
Para el desarrollo correcto del presente objetivo de la investigación, se realizaron las siguientes acciones:

a. Simulación del modelo de calidad en WaterCAD

Partiendo del plano de redes de distribución proporcionado por la Municipalidad Distrital de Pusi, posteriormente el plano fue exportado a WaterCAD y con ayuda del software de ArcGIS pro se realizó una zonificación de la red de abastecimiento de agua potable, clasificando 3 zonas de acuerdo a la longitud de las tuberías; zona cercana, zona media y zona alejada, con la finalidad de establecer mejores referentes de puntos de monitoreo. Para el diseño del modelo de calidad es necesario contar con un modelo hidráulico, de tal forma asegurar la fiabilidad de los hallazgos, en la Figura 14 se muestra el procedimiento de elaboración del modelo de calidad, con el propósito de establecer la cantidad de cloro residual libre en la red de suministro de agua potable, haciendo visible esta información en cada uno de los nodos asignados.

Figura 14

Modelo de calidad en WaterCAD



Nota. Obtenido de la base de datos de WaterCAD

b. Coeficientes de decaimiento del cloro residual libre en waterCAD.

En la Figura 15 se muestran los datos necesarios para simular la manifestación de cloro residual libre en la red de distribución de Muni y se definen los coeficientes de reacción en masa (K_b) y en pared (K_w) y se establecen las unidades para expresar en la simulación. Además, en la Figura 15 se muestra que el valor de la difusividad relativa se considera como un dato necesario, su valor se determina en base a la difusividad relativa del cloro (Baños Caballero, 2016)

Figura 15

Panel de ingreso de datos necesarios para simulación en WaterCAD

The screenshot shows the 'Constituents' dialog box in WaterCAD. The 'Label' list on the left contains 'Cloro residual Libre'. The 'Properties' tab is active, showing the following settings:

- Constituent Properties:**
 - Diffusivity: 1.400e-009 m²/s
 - Unlimited Concentration?
 - Concentration Limit: 0.00 mg/L
- Bulk Reaction:**
 - Bulk Reaction Order: 1
 - Bulk Reaction Rate: 0.000 (mg/L)⁽¹⁻ⁿ⁾/day
- Wall Reaction:**
 - Wall Reaction Order: First Order
 - First Order Wall Reaction Rate: 0.0000 m/day
 - Is Roughness Correlated?

Buttons for 'Close' and 'Help' are visible at the bottom right.

Nota. Obtenido del panel de de la herramienta constituyentes en WaterCAD

c. Calibración de la simulación del modelo de calidad en WaterCAD

Para calibrar el modelo de calidad, que obtiene resultados específicamente del cloro residual libre presente en la red de distribución del núcleo de población de Muni, se requiere modificar los coeficientes de decaimiento del cloro residual libre. de K_b y K_w , de tal forma que los valores se buscan que los hallazgos logrados a través de la simulación del modelo de calidad coincidan con las mediciones realizadas en los nodos de la red de distribución de agua potable. Se establecieron 30 puntos de control que fueron establecidos por tipo de zona para asegurar la representación del mismo, donde los datos fueron tabulados para posteriormente establecer el nivel de relación con los datos del proceso de modelamiento en WaterCAD, cabe señalar que el control y monitoreo es esencial para establecer correcciones o una mejor calibración al modelo de calidad de WaterCAD.

Figura 16

Toma de muestra domiciliaria – nodo 47



d. Validación del modelo de calidad en WaterCAD

Para la validación del modelo de calidad, se establecieron 30 puntos de muestro, que estratégicamente se dividieron en tres zonas para una mejor representatividad de resultados, zona cercana, zona media y zona alejada, de tal forma obtener mayor representatividad del total de conexiones domiciliarias. Es imprescindible recolectar muestras en estos lugares de la red de suministro de agua potable, Evaluar sus niveles de cloro residual libre y posteriormente adquirir los resultados logrados con los valores simulados.

Figura 17

Toma de muestra del reservorio de abastecimiento de agua potable



Figura 18

Análisis de la concentración inicial de cloro residual libre del reservorio





CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados

4.1.1 *Resultados del objetivo específico 1*

Determinar el coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) y su efecto en el decaimiento de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la concentración de cloro residual libre (mg/l) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) obtenida del análisis de la muestra tomada del reservorio de abastecimiento de agua potable en el mes de marzo correspondiente al primer periodo, donde se puede notar que el cloro residual libre disminuye con mayor frecuencia en tiempos más prolongados, obteniendo un máximo de pérdida de concentración del 0.07 mg/l y un mínimo de 0.02 mg/l. La pérdida de la manifestación de cloro residual libre se da pasada el intervalo 9 de medición donde la temperatura aumento a 16 $^{\circ}\text{C}$. Los hallazgos logrados están en función de la hora de análisis (hora de muestro) e intervalo de tiempo y la secuencia realizada por cada intervalo de tiempo.

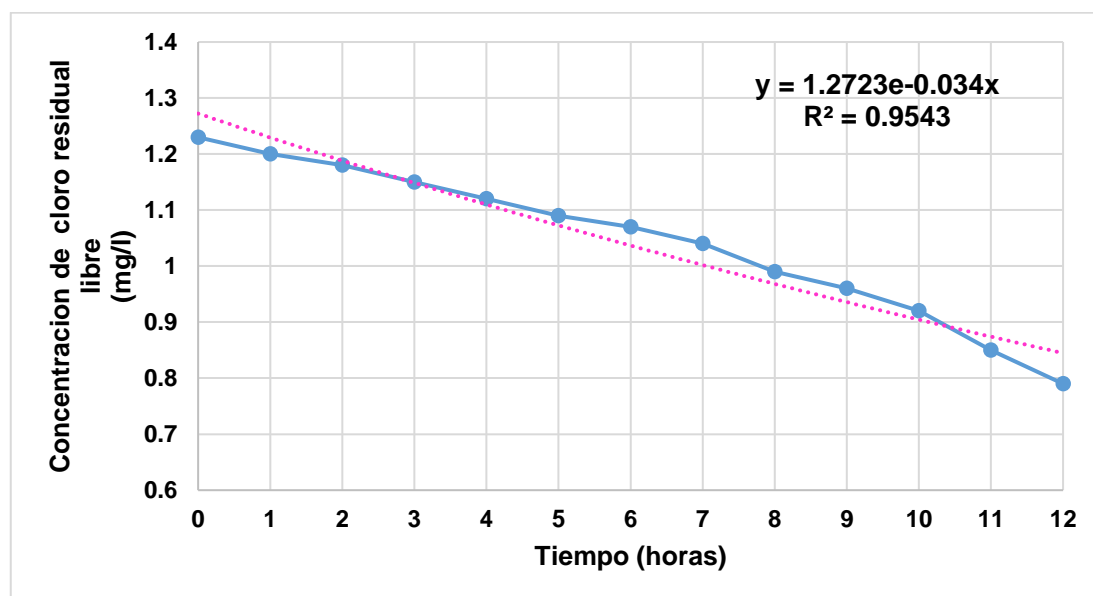
Tabla 3*Mediciones obtenidas en la etapa I del mes de marzo*

Muestra	Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura °C
1	06:00	0	1.23	15
1	07:00	1	1.20	15
1	08:00	2	1.18	15
1	09:00	3	1.15	15
1	10:00	4	1.12	16
1	11:00	5	1.09	15
1	12:00	6	1.07	15
1	13:00	7	1.04	15
1	14:00	8	0.99	15
1	15:00	9	0.96	15
1	16:00	10	0.92	16
1	17:00	11	0.85	15
1	18:00	12	0.79	15

En la Figura 19 se puede observar como resultado un coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) de -0.034 h^{-1} , el valor tomado representa la pérdida de la manifestación de cloro residual libre por hora transcurrida. Ya que el software WaterCAD nos pide el valor en días, se realiza la conversión obteniendo un valor de -0.816 día^{-1} y su curva exponencial tiene un coeficiente de regresión R^2 de 0.9132. El signo negativo indica la reducción de la manifestación de cloro residual libre se determina según el tiempo proyectado en el tiempo estimado. Además, se observa una línea de tendencia exponencial en los datos, a partir de la cual se puede determinar el coeficiente de desintegración de masa.

Figura 19

Tendencia del decaimiento de cloro residual libre en la etapa I del mes de marzo



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la concentración de cloro residual libre (mg/l) y temperatura (°C) obtenida del análisis de la muestra tomada del reservorio durante el mes de marzo, que forma parte del segundo periodo de análisis del sistema de abastecimiento de agua potable, se pudo observar la concentración de cloro residual libre en el agua disminuye con mayor frecuencia que en el periodo I, obteniendo un máximo de pérdida de concentración del 0.06 mg/l y un mínimo de 0.01 mg/l con una media de 0.04 mg/l. Los hallazgos logrados están en función de la hora de análisis (hora de muestro) e intervalo de tiempo y la secuencia realizada por cada intervalo de tiempo.

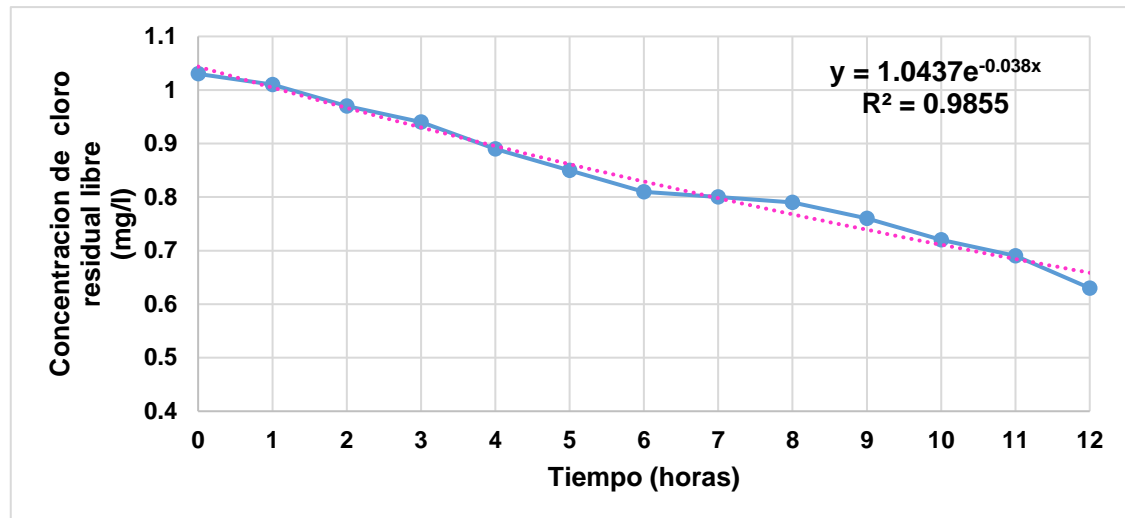
**Tabla 4***Mediciones obtenidas en la etapa II del mes de marzo*

Muestra	Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura °C
1	06:00	0	1.03	16
1	07:00	1	1.01	16
1	08:00	2	0.97	16
1	09:00	3	0.94	16
1	10:00	4	0.89	16
1	11:00	5	0.85	16
1	12:00	6	0.81	16
1	13:00	7	0.80	16
1	14:00	8	0.79	16
1	15:00	9	0.76	16
1	16:00	10	0.72	16
1	17:00	11	0.69	16
1	18:00	12	0.63	16

En la Figura 20 se puede observar como resultado un coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) de -0.038 h^{-1} , el valor tomado representa la pérdida de la manifestación de cloro residual libre por hora transcurrida, ya que el software WaterCAD nos pide el valor en días, se realiza la conversión obteniendo un valor de -0.912 día^{-1} y que presenta un coeficiente de regresión de ($R^2 = 0.9855$). La señal negativa señala una disminución en la manifestación de cloro residual libre en relación al tiempo previsto. Además, los datos muestran una línea de tendencia exponencial, a partir de la cual se puede calcular el coeficiente de desintegración de masa.

Figura 20

Decaimiento de cloro residual libre en la etapa II del mes de marzo



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

La Tabla 5 muestra los resultados de los niveles de cloro residual libre (mg/l) y temperatura (°C) obtenida del promedio de los resultados derivados en el mes de marzo correspondiente al primer y segundo periodo, donde se puede observar que se tiene una pérdida máxima de manifestación de cloro residual libre de 0.06 mg/l y existe una media significativa de 0.05 mg/l. Los resultados derivados son el promedio del mes y están en función de la hora de análisis (hora de muestro) e intervalo de tiempo y la secuencia realizada por cada intervalo de tiempo.

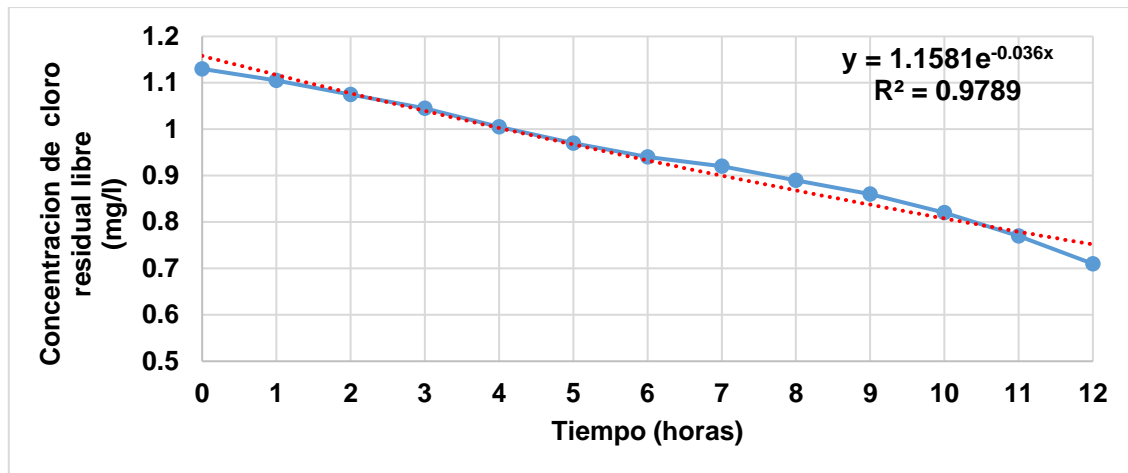
**Tabla 5***Promedio de mediciones obtenidas del mes de marzo*

Muestra	Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura °C
1	06:00	0	1.13	16
1	07:00	1	1.105	16
1	08:00	2	1.075	16
1	09:00	3	1.045	16
1	10:00	4	1.005	16
1	11:00	5	0.97	16
1	12:00	6	0.94	16
1	13:00	7	0.92	16
1	14:00	8	0.89	16
1	15:00	9	0.86	16
1	16:00	10	0.82	16
1	17:00	11	0.77	16
1	18:00	12	0.71	16

La Figura 21 manifiesta los resultado promedio del mes de marzo, donde el coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) es de -0.036 h^{-1} , el valor tomado representa la perdida de la manifestacion de cloro residual libre por hora transcurrida, ya que el software WaterCAD nos pide el valor en días, se realiza la conversión obteniendo un valor de -0.864 dia^{-1} y que tiene un coeficiente de regresión en la curva exponencial de ($R^2 = 0.9789$). El signo negativo señala la disminuciónde la manifestacion de cloro residual libre según el tiempo previsto. Además, los datos muestran una línea de tendencia exponencial, a partir de la cual se puede calcular el coeficiente de desintegración de masa.

Figura 21

Tendencia del decaimiento de cloro residual libre del mes de marzo



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

La Tabla 6 evidencia los resultados derivados de la concentración de cloro residual libre (mg/l) y temperatura (°C) obtenida del análisis de la muestra tomada del reservorio de abastecimiento de agua potable en el mes de abril correspondiente al primer periodo, donde se puede notar que el cloro residual libre, disminuye con mayor frecuencia que en el mes de marzo, obteniendo un máximo de pérdida de concentración del 0.09 mg/l y un mínimo de 0.03 mg/l con una media de 0.05 mg/l. Los resultados obtenidos están en función de la hora de análisis (hora de muestro) e intervalo de tiempo y la secuencia realizada por cada intervalo de tiempo.

Tabla 6

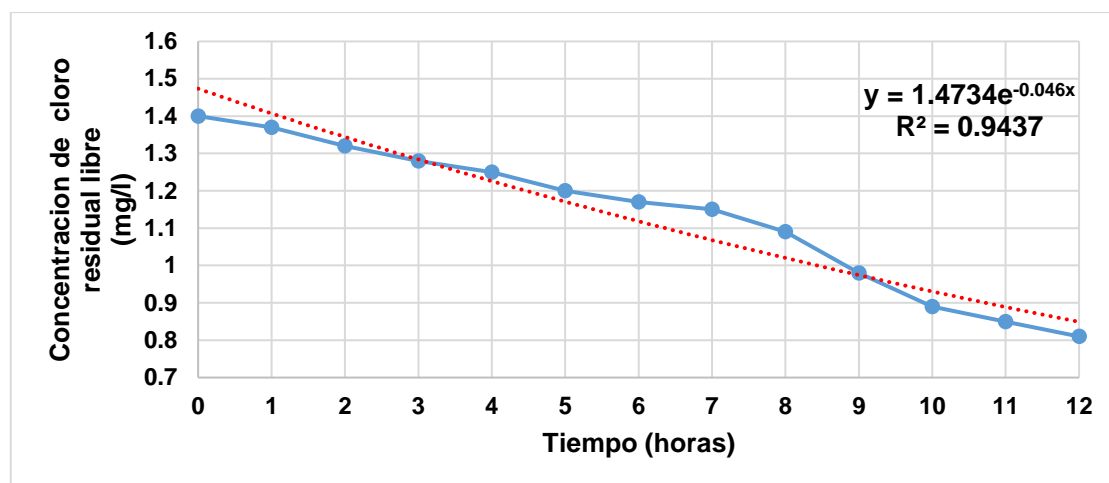
Mediciones obtenidas en la etapa I del mes de abril

Muestra	Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura °C
1	06:00	0	1.40	15
1	07:00	1	1.37	14
1	08:00	2	1.32	14
1	09:00	3	1.28	14
1	10:00	4	1.25	14
1	11:00	5	1.20	14
1	12:00	6	1.17	14
1	13:00	7	1.15	14
1	14:00	8	1.09	14
1	15:00	9	0.98	14
1	16:00	10	0.89	14
1	17:00	11	0.85	14
1	18:00	12	0.81	14

En la Figura 22 se puede observar como resultado un coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) de -0.046 h^{-1} , el valor tomado representa la pérdida de la manifestación de cloro residual libre por hora transcurrida, ya que el software WaterCAD nos pide el valor en días, se realiza la conversión obteniendo un valor de -1.104 día^{-1} y que presenta un coeficiente de regresión de ($R^2 = 0.9437$). El signo negativo señala la disminución de la manifestación de cloro residual libre según el tiempo previsto.

Figura 22

Tendencia del decaimiento de cloro residual libre en la etapa I del mes de abril



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

La Tabla 7 evidencia los hallazgos de la concentración de cloro residual libre (mg/l) y temperatura (°C) obtenida del análisis de la muestra tomada del reservorio de abastecimiento de agua potable en el mes de abril correspondiente al segundo periodo, donde se puede evidenciar que el cloro residual libre disminuye con menor frecuencia que en el periodo I, obteniendo un máximo de pérdida de concentración del 0.04 mg/l y un mínimo de 0.02 mg/l con una media de 0.04 mg/l. Los resultados derivados están en función de la hora de análisis (hora de muestro) e intervalo de tiempo y la secuencia realizada por cada intervalo de tiempo.

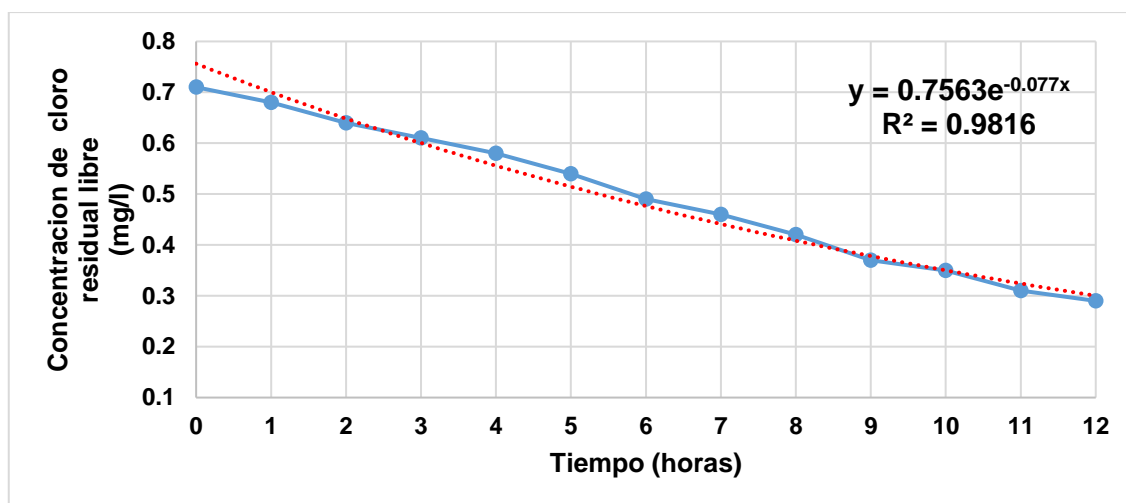
Tabla 7*Mediciones obtenidas en la etapa II del mes de abril*

Muestra	Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura °C
1	06:00	0	0.71	15
1	07:00	1	0.68	15
1	08:00	2	0.64	15
1	09:00	3	0.61	15
1	10:00	4	0.58	15
1	11:00	5	0.54	15
1	12:00	6	0.49	15
1	13:00	7	0.46	15
1	14:00	8	0.42	15
1	15:00	9	0.37	15
1	16:00	10	0.35	15
1	17:00	11	0.31	15
1	18:00	12	0.29	15

En la Figura 23 se puede observar como resultado un coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) de -0.077 h^{-1} , el valor tomado representa la pérdida de la manifestación de cloro residual libre por hora transcurrida, ya que el software WaterCAD nos pide el valor en días, se realiza la conversión obteniendo un valor de -1.848 día^{-1} y que tiene un coeficiente de regresión en la curva exponencial de ($R^2 = 0.9816$). El signo negativo señala el descenso la manifestación de cloro residual libre según el tiempo previsto. Además, la información presenta una línea de tendencia exponencial, que permite determinar el coeficiente de desintegración de la masa.

Figura 23

Tendencia del decaimiento de cloro residual libre en la etapa II del mes de abril



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

La Tabla 8 manifiesta los resultados de la concentración de cloro residual libre (mg/l) y temperatura (°C) obtenida del promedio de los resultados derivados en el mes de abril correspondiente al primer y segundo periodo, donde se puede observar que se tiene una pérdida máxima de concentración de cloro residual libre de 0.06 mg/l y existe una media significativa de 0.05 mg/l. Los resultados obtenidos son el promedio del mes y están en función de la hora de análisis (hora de muestro) e intervalo de tiempo y la secuencia realizada por cada intervalo de tiempo.

Tabla 8

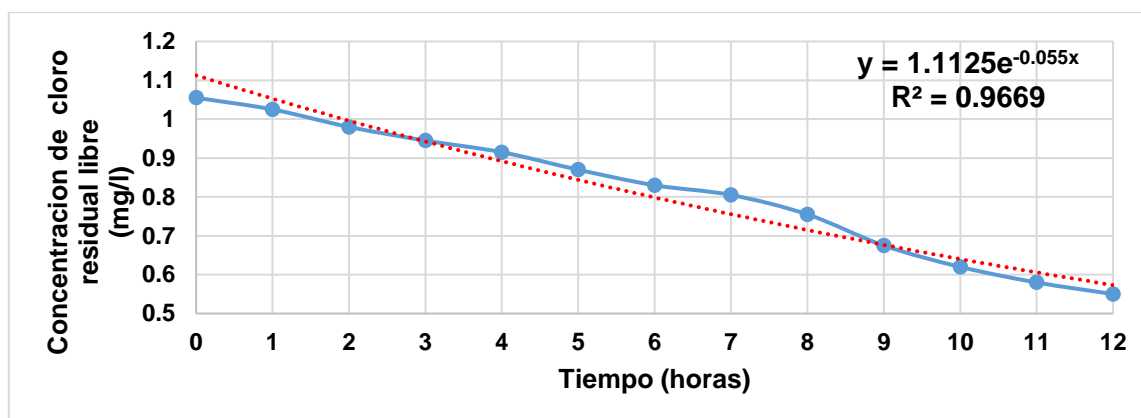
Promedio de mediciones obtenidas del mes de abril

Muestra	Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura °C
1	06:00	0	1.055	15
1	07:00	1	1.025	15
1	08:00	2	0.98	15
1	09:00	3	0.945	15
1	10:00	4	0.915	15
1	11:00	5	0.87	15
1	12:00	6	0.83	15
1	13:00	7	0.805	15
1	14:00	8	0.755	15
1	15:00	9	0.675	15
1	16:00	10	0.62	15
1	17:00	11	0.58	15
1	18:00	12	0.55	15

La Figura 24 manifiesta el resultado promedio del mes de abril, donde el coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) es de -0.055 h^{-1} , el valor tomado representa la pérdida de la manifestación de cloro residual libre por hora transcurrida, ya que el software WaterCAD nos pide el valor en días, se realiza la conversión obteniendo un valor de -1.32 día^{-1} y que tiene un coeficiente de regresión en la curva exponencial de ($R^2 = 0.9669$). El signo negativo señala la disminución de la manifestación de cloro residual libre según el tiempo previsto.

Figura 24

Tendencia del decaimiento de cloro residual libre del mes de abril



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

La Tabla 9 se evidencia los resultados de la concentración de cloro residual libre (mg/l) y temperatura (°C) obtenida del análisis de la muestra tomada del reservorio de abastecimiento de agua potable en el mes de mayo correspondiente al primer periodo, donde se evidencia que el cloro residual libre disminuye con menor frecuencia que en el mes de marzo y abril, esto debido a la disminución de la temperatura, obteniendo un máximo de pérdida de concentración del 0.04 mg/l y un mínimo de 0.02 mg/l. Los resultados logrados están en función de la hora de análisis (hora de muestro) e intervalo de tiempo y la secuencia realizada por cada intervalo de tiempo.

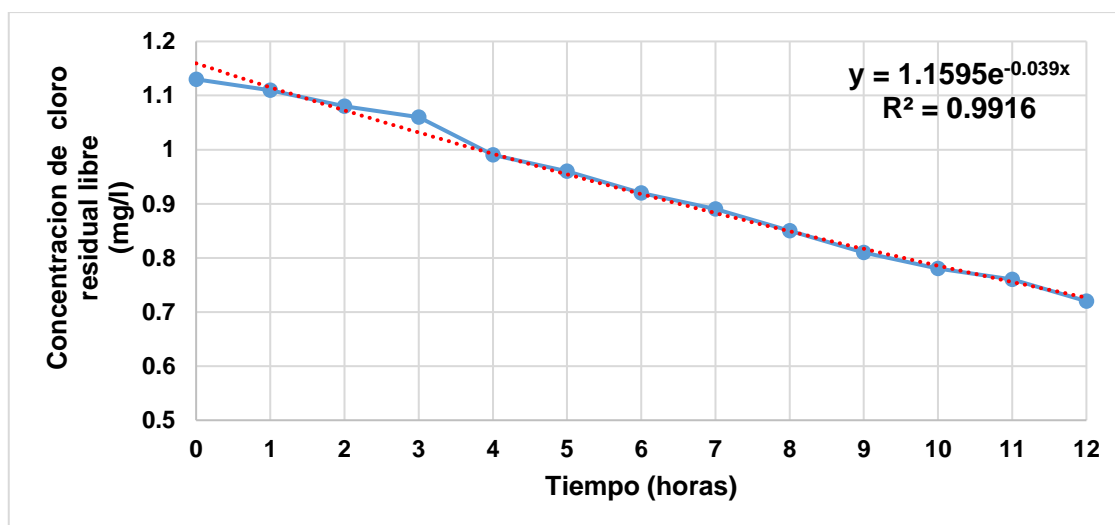
Tabla 9*Mediciones obtenidas en la etapa I del mes de mayo*

Muestra	Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura °C
1	06:00	0	1.13	14
1	07:00	1	1.11	14
1	08:00	2	1.08	14
1	09:00	3	1.06	14
1	10:00	4	0.99	14
1	11:00	5	0.96	14
1	12:00	6	0.92	14
1	13:00	7	0.89	14
1	14:00	8	0.85	14
1	15:00	9	0.81	14
1	16:00	10	0.78	14
1	17:00	11	0.76	14
1	18:00	12	0.72	14

En la Figura 25 se puede observar como resultado un coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) de -0.039 h^{-1} , el valor tomado representa la pérdida de la manifestación de cloro residual libre por hora transcurrida, ya que el software WaterCAD nos pide el valor en días, se realiza la conversión obteniendo un valor de -0.936 día^{-1} y que tiene un coeficiente de regresión en la curva exponencial de ($R^2 = 0.9916$). El signo negativo indica la reducción de la manifestación de cloro residual libre en función del tiempo estimado. Además, se muestra una línea de tendencia exponencial que nos permite obtener el coeficiente de desintegración de masa.

Figura 25

Tendencia del decaimiento de cloro residual libre en la etapa I del mes de mayo



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

La Tabla 10 se evidencia los resultados de la concentración de cloro residual libre (mg/l) y temperatura (°C) obtenida del análisis de la muestra tomada del reservorio de abastecimiento de agua potable en el mes mayo correspondiente al segundo periodo, donde se evidencia que el cloro residual libre disminuye con mayor frecuencia que en el periodo I, obteniendo un máximo de pérdida de concentración del 0.07 mg/l y un mínimo de 0.02 mg/l, debido a que las concentraciones iniciales de cloro residual son inferiores, dando evidencia de que a menores concentraciones habrá mayores frecuencias de pérdidas.

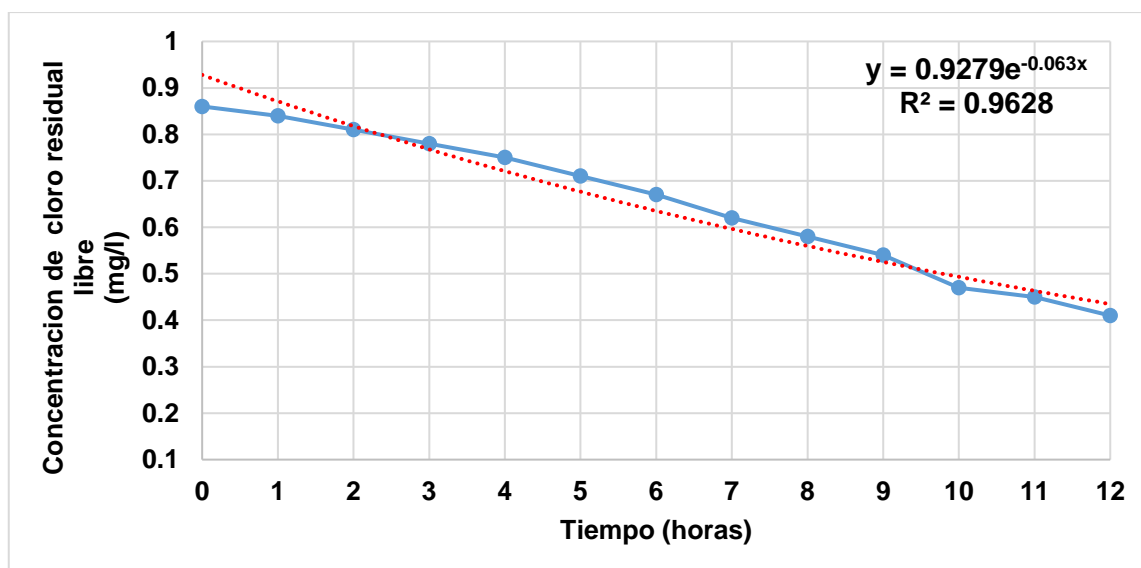
**Tabla 10***Mediciones obtenidas en la etapa II del mes de mayo*

Muestra	Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura °C
1	06:00	0	0.86	14
1	07:00	1	0.84	14
1	08:00	2	0.81	14
1	09:00	3	0.78	14
1	10:00	4	0.75	14
1	11:00	5	0.71	14
1	12:00	6	0.67	14
1	13:00	7	0.62	14
1	14:00	8	0.58	14
1	15:00	9	0.54	14
1	16:00	10	0.47	14
1	17:00	11	0.45	14
1	18:00	12	0.41	14

En la Figura 26 se puede observar como resultado un coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) de -0.063 h^{-1} , el valor tomado representa la pérdida de la manifestación de cloro residual libre por hora transcurrida, ya que el software WaterCAD nos pide el valor en días, se realiza la conversión obteniendo un valor de -1.512 día^{-1} que presenta un coeficiente de regresión de ($R^2 = 0.9628$) en la curva exponencial. El signo negativo señala la disminución de la manifestación de cloro residual libre según el tiempo previsto.

Figura 26

Tendencia del decaimiento de cloro residual en la etapa II del mes de mayo



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

La Tabla 11 manifiesta los resultados de la concentración de cloro residual libre (mg/l) y temperatura (°C) obtenida del promedio de los resultados del mes de mayo correspondiente al primer y segundo periodo, donde se puede observar que se tiene una pérdida máxima de la manifestación de cloro residual libre de 0.04 mg/l y existe una media significativa de 0.03 mg/l. Los resultados derivados son el promedio del mes y están en función de la hora de análisis (hora de muestro) e intervalo de tiempo y la secuencia realizada por cada intervalo de tiempo.

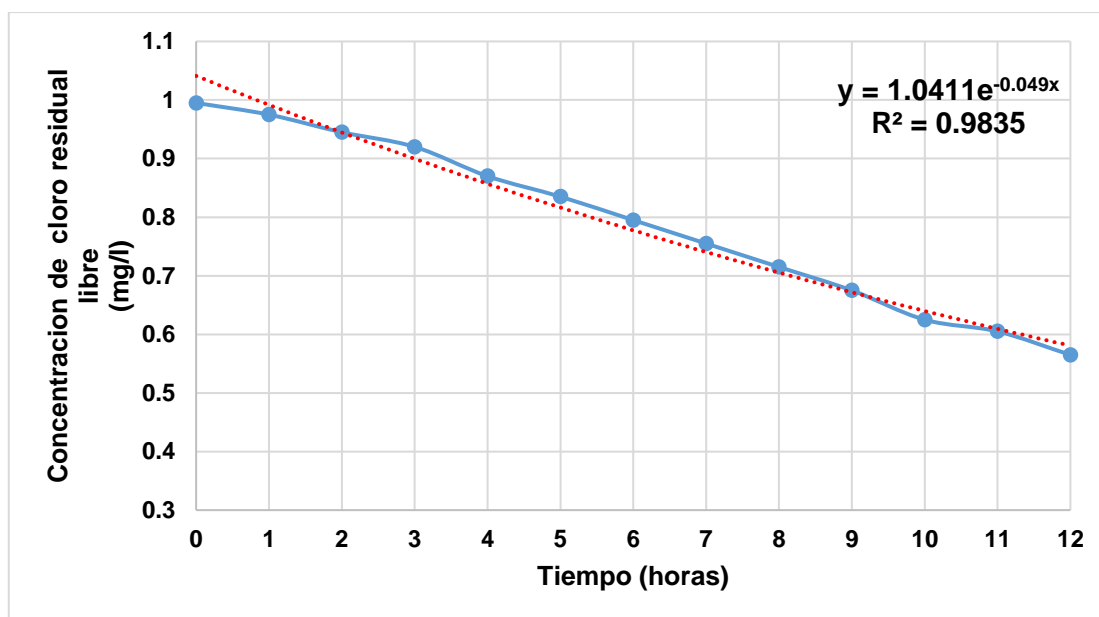
Tabla 11*Promedio de mediciones obtenidas del mes de mayo*

Muestra	Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura °C
1	06:00	0	0.995	14
1	07:00	1	0.975	14
1	08:00	2	0.945	14
1	09:00	3	0.92	14
1	10:00	4	0.87	14
1	11:00	5	0.835	14
1	12:00	6	0.795	14
1	13:00	7	0.755	14
1	14:00	8	0.715	14
1	15:00	9	0.675	14
1	16:00	10	0.625	14
1	17:00	11	0.605	14
1	18:00	12	0.565	14

La Figura 27 manifiesta el resultado promedio del mes de mayo, donde el coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) es de -0.049 h^{-1} , el valor tomado representa la pérdida de la manifestación de cloro residual libre por hora transcurrida, ya que el software WaterCAD nos pide el valor en días, se realiza la conversión obteniendo un valor de -1.176 día^{-1} y que tiene un coeficiente de regresión en la curva exponencial de ($R^2 = 0.9835$). El signo negativo señala la disminución de la manifestación de cloro residual libre según el tiempo previsto. Adicionalmente, se presenta una línea exponencial de la que se deriva el coeficiente de desintegración de masa.

Figura 27

Tendencia del decaimiento de cloro residual libre del mes de mayo



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

La Tabla 12 manifiesta los resultados de la concentración de cloro residual libre (mg/l) y temperatura (°C) obtenida del análisis de los resultados derivados en el mes mar, abril y mayo correspondiente al promedio mensual hallado. Cabe señalar que el promedio fue realizado con la finalidad de establecer el coeficiente de reacción en masa (Kb) como valor representativo de la zona de estudio.

Tabla 12

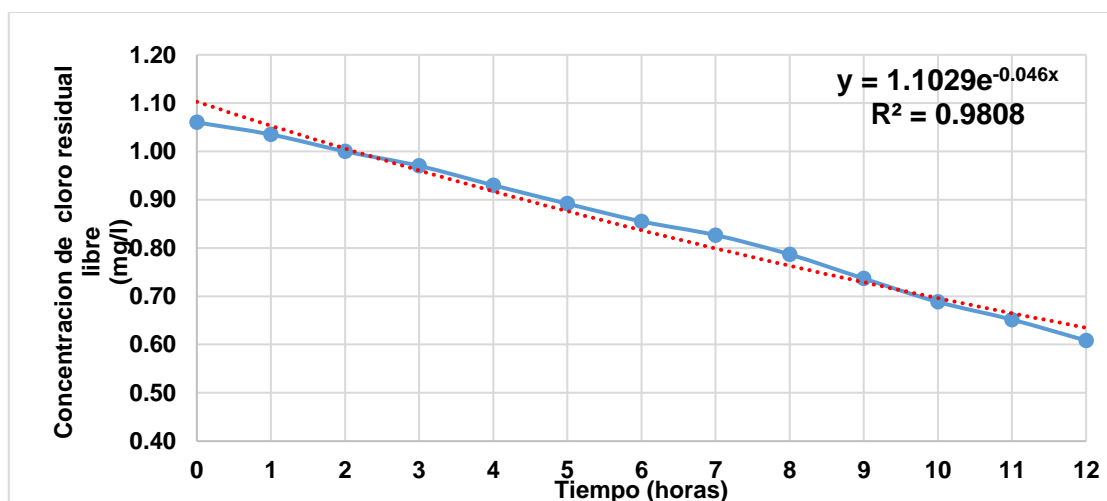
Promedio general de mediciones obtenidas en el mes de marzo, abril y mayo

Muestra	Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura °C
1	06:00	0	1.06	15
1	07:00	1	1.04	15
1	08:00	2	1.00	15
1	09:00	3	0.97	15
1	10:00	4	0.93	15
1	11:00	5	0.89	15
1	12:00	6	0.86	15
1	13:00	7	0.83	15
1	14:00	8	0.79	15
1	15:00	9	0.74	15
1	16:00	10	0.69	15
2	17:00	11	0.65	15
3	18:00	12	0.61	15

Finalmente, la Figura 28 manifiesta el resultado promedio del mes de marzo, abril y mayo, donde el coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) es de -0.046 h^{-1} , el valor tomado representa la pérdida de la concentración de cloro residual libre por hora transcurrida, ya que el software WaterCAD nos pide el valor en días, se realiza la conversión obteniendo un valor de -1.104 día^{-1} y que tiene un coeficiente de regresión en la curva exponencial de ($R^2 = 0.908$). El signo negativo señala la disminución de la manifestación de cloro residual libre según el tiempo previsto. Adicionalmente, se presenta una línea de tendencia exponencial, que permite determinar el coeficiente de desintegración de la masa.

Figura 28

Tendencia del decaimiento de cloro residual libre



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

En la Tabla 13 se muestra el coeficiente de reacción de masa del agua (k_b) que indica el decaimiento de la concentración del cloro residual libre conforme al tiempo K_b (h) y K_b (día). Además, se detalla el promedio mensual y general, obteniendo un coeficiente de decaimiento de masa de agua (K_b) de 1.104 d^{-1} , el cual fue obtenido de las gráficas que muestran la línea con tendencia exponencial obteniendo un promedio durante los meses de estudio.

Durante el tiempo de estudio se pudo observar que el coeficiente de reacción en masa es directamente proporcional a la temperatura, ya que a mayores temperaturas del fluido mayor será el decaimiento del cloro residual libre por el coeficiente de reacción en masa (K_b)

Tabla 13

Promedio general de coeficiente de decaimiento de masa de agua (Kb)

Mes	Kb(h)	Kb(d)
Marzo	0.036	0.864
Abril	0.055	1.320
Mayo	0.049	1.176
Promedio	0.046	1.104*

*Nota. *Es el valor final del coeficiente de reacción en masa (Kb)*

4.1.2 Resultados del objetivo específico 2

Determinar el coeficiente de reacción de pared (Kw) y las condiciones hidráulicas de mayor influencia simuladas mediante WaterCAD en el decaimiento del cloro residual libre de la red de distribución de agua potable en el cloro residual libre del centro poblado de Muni, distrito de Pusi

En la determinación del coeficiente de reacción en pared (Kw) por su complejidad en el estudio, se asumió que el coeficiente de reacción en pared (Kw) era el mismo para todas las tuberías de la red, ya que las redes de distribución de agua potable están compuestas en general por tuberías de PVC. Adicionalmente, fundamentándonos en la investigación sobre la Modelización de la desintegración del cloro residual libre en sistemas de abastecimiento de agua potable mediante WaterCAD, se determinó que $Kw = -0.020$ m/día, se utilizó este valor para reacciones de primer orden en la simulación del modelo de calidad en WaterCAD. (Monteiro et al., 2014)

La Tabla 14 muestra el propietario de la vivienda beneficiaria del suministro de agua potable, el nodo asignado correspondiente al código de vivienda de la red de distribución del centro poblado de Muni con el fin de mejorar el detalle en los resultados, elevación del predio o vivienda y la ubicación en coordenadas UTM.

Tabla 14

Padrón de usuarios beneficiarios del suministro de agua potable

Nombres y Apellidos	Código de vivienda	Nodo asignado	Elevación	Coordenadas UTM	
				E	N
Juan Quispe Flores	1	1	3,860.00	393626	8293102
Fortunato Larico Estofanero	2	2	3,860.00	393620	8293115
Marcelino Huanca Gutierrez	3	3	3,860.00	393582	8293165
Eduarda Zela Maraza	4	4	3,860.00	393611	8293197
Pascualina Zela Maraza	5	5	3,860.00	393566	8293194
Teodora Zela Maraza	6	6	3,860.00	393605	8293217
Julia Zela Maraza	7	7	3,860.00	393597	8293233
Martin Zela Maraza	8	8	3,860.00	393543	8293266
Esperanza Apaza Chaiña	9	9	3,860.00	393528	8293297
Jose Mamani Sucapuca	10	10	3,860.00	393558	8293330
Paula Sucapuca Mamani	11	11	3,860.00	393511	8293328
Julia Quispe Colca	12	12	3,860.00	393542	8293363
Avito Guzman Sucapuca Sucapuca	13	13	3,859.61	393503	8293416
Bernandino Flores Mamani	14	14	3,859.24	393439	8293391
Teodora Quispe Montalvo	15	15	3,859.00	393426	8293404
Candelaria Cruz Zapana	16	16	3,858.69	393397	8293407
I.E.P. Muni	17	17	3,858.37	393384	8293427
Carmelo Ilaquita Mamani	18	18	3,857.44	393309	8293449
Cesar Concepcion Quispe Gutierrez	19	19	3,856.74	393249	8293463
Maxima Sucapuca Quispe	20	20	3,856.20	393217	8293486
Justino Mamani Quispe	21	21	3,855.76	393187	8293502
Maria Salome Quiste Gutierrez	22	22	3,855.20	393087	8293489
Antonio Quispe Maraza	23	23	3,855.12	393074	8293495
Fermina Apaza Montalvo	24	24	3,854.87	393035	8293500
Pedro Sucapuca Quispe	25	25	3,857.08	392997	8293459
Gregorio Paucar Colca	26	26	3,857.61	392954	8293472
Breseida Benita Ccapa Huancoco	27	27	3,856.20	392918	8293548
Paula Condori Gutierrez	28	28	3,855.97	392905	8293562
Tecla Quispe Sucapuca	29	29	3,858.88	392860	8293501
Alfredo Bernandino Medina Molina	30	30	3,857.06	392843	8293567
Edgar Uriel Medina Quispe	31	31	3,860.00	392809	8293513



Edith Medina Quispe	32	32	3,859.99	392807	8293570
Ruben Sergio Quispe Mamani	33	33	3,856.28	393237	8293498
Juana Mamani De Quispe	34	34	3,855.53	393232	8293569
Leonardo Gutierrez Abado	35	35	3,855.10	393186	8293568
Wily Abaelardo Quispe Sucapuca	36	36	3,855.15	393218	8293595
Jaime Ideneo Quispe Sucapuca	37	37	3,854.64	393189	8293618
Calixto Quispe Montalvo	38	38	3,854.12	393143	8293626
Juliana Ilaquita De Gutierrez	39	39	3,853.71	393127	8293653
Dionicia Alvares Gonzalo	40	40	3,849.80	392907	8293838
Paulina Cruz De Ilaquita	41	41	3,849.54	392938	8293894
Benito Ilaquita Pacompia	42	42	3,849.34	392929	8293907
Teofilo Ilaquita Pacompia	43	43	3,849.01	392915	8293927
Pastor Ilaquita Pacompia	44	44	3,848.74	392905	8293943
Serafina Ilaquita Pacompia	45	45	3,848.58	392897	8293952
Sergio David Quispe Sucapuca	46	46	3,848.53	392920	8293980
Gregorio Cruz Apaza	47	47	3,847.83	392853	8293986
Marleni Sumari Gutierrez	48	48	3,846.56	392865	8294131
Dina Rita Sumari Gutierrez	49	49	3,845.86	392797	8294133
Eusebia Estofanero Gutierrez	50	50	3,846.50	392856	8294150
Miguel Maraza Condori	51	51	3,845.63	392802	8294161
Sabino Maraza Quispe	52	52	3,846.49	392841	8294180
Elsa Yolanda Maraza Quispe	53	53	3,847.96	392859	8294201
Ilario Chambilla Flores	54	54	3,844.65	392743	8294204
Nieves Gutierrez Mamani	55	55	3,847.89	392832	8294231
Felix Quispe Aquise	56	56	3,844.48	392742	8294227
Flora Gutierrez Mamami	57	57	3,849.19	392830	8294248
Soledad Estofanero Condori	58	58	3,850.31	392822	8294276
Antonio Estofanero Mamani	59	59	3,850.55	392805	8294321
Doris Estofanero Condori	60	60	3,851.29	392803	8294354

4.1.2.1 Variación horaria de la demanda en 24 horas

La Tabla 15 muestra los resultados que fueron obtenidos durante a medición del caudal de salida del reservorio de abastecimiento de agua potable correspondiente a 24 horas con un intervalo de medición de 2 horas. Cabe señalar que los resultados mostrados son el promedio obtenido de los resultados del tiempo total en la zona de estudio y están en relación con el coeficiente de modelación que será ingresado en WaterCAD para simular la variación horaria de consumo.

Tabla 15*Caudal de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni*

Hora (H)	Caudal (l/s)	Coefficiente de modelación (K2)
00:00	0	0.00
02:00	0.01	0.01
04:00	0.16	0.24
06:00	0.48	0.72
08:00	0.67	1.00*
10:00	0.23	0.34
12:00	0.22	0.33
14:00	0.18	0.27
16:00	0.31	0.46
18:00	0.24	0.36
20:00	0.15	0.22
22:00	0.01	0.01
24:00	0	0.00

Nota. *Coeficiente que representa el máximo caudal de salida

De los resultados derivados se observa que el caudal máximo de salida del reservorio fue de 0.67 l/s a las 08:00 horas, dicho resultado representa el intervalo de la variación del caudal de entre las 06:00 horas hasta un pico de las 08:00 horas y se establece que el coeficiente de modelamiento correspondiente es 1, ya que este mismo es factor de multiplicación del caudal máximo.

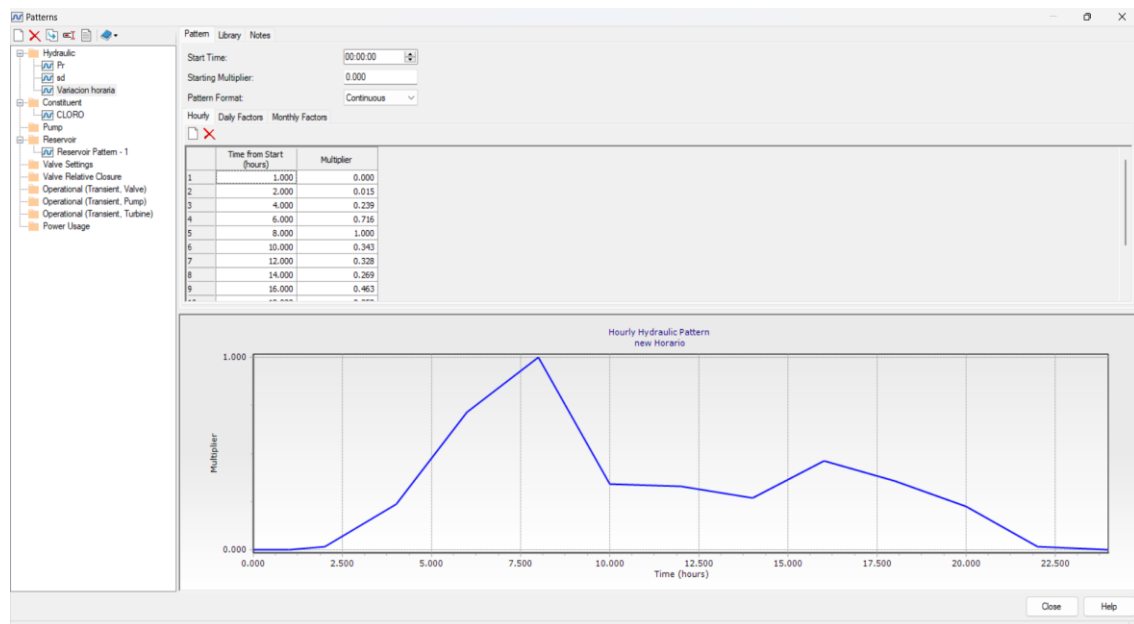
4.1.2.2 Simulación del modelo hidráulico en WaterCAD

En la Figura 29 se muestran los datos de variación horaria y la curva de variación horaria de consumo construida a partir de los resultados obtenidos en las mediciones de caudal de salida del reservorio de abastecimiento de agua potable. Además, el gráfico muestra la tendencia del coeficiente de cálculo que permite identificar los períodos de consumo máximo de 0.67 l/s, un consumo medio de 0.22 l/s y consumo bajo 0.01 l/s. Los datos hallados son necesarios durante simulaciones en periodo extendido, de modo que los resultados en la

simulación del modelo hidráulico serán una representación numérica de la demanda total durante un período de 24 horas.

Figura 29

Herramienta patrones de WaterCAD



Nota. Gráfico generado y procesado en WaterCAD

4.1.2.3 Primera simulación del modelo hidráulico en WaterCAD

En la Tabla 16 se exhiben los resultados de presión calculada de los nodos correspondientes asignados a la red de distribución de agua potable por la simulación del modelo hidráulico en WaterCAD presentado en intervalos de 3 horas transcurridas a lo largo de 24:00 horas, donde se puede observar que la presión mínima fue de 8.9 m.c.a correspondiente al nodo 60 y se presenta una máxima de 49.7 m.c.a correspondiente al nodo 56. Cabe señalar que los resultados obtenidos cumplen con los descrito en la normativa que indica una presión mínima de 5 m.c.a y una máxima de 60 m.c.a.

Tabla 16

Condiciones hidráulicas en nodos de la primera simulación hidráulica

N° de nodo	Condiciones hidráulicas en Nodos	Tiempo (Horas)								
		00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	23:59
N-1	Presión mínima m.c.a	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	34	31.2	32.9	33.7 0.003	33.3	33.6 0.003	34.2	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-2	Presión mínima m.c.a	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	34	30.8	32.7	33.6 0.003	33.2	33.5 0.003	34.2	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-3	Presión mínima m.c.a	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.9	29.2	32	33.3 0.003	32.7	33.2 0.003	34.1	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-4	Presión mínima m.c.a	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.8	28.8	31.8	33.2 0.003	32.6	33.2 0.003	34.1	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-5	Presión mínima m.c.a	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.8	28.4	31.6	33.2 0.003	32.4	33.1 0.003	34.1	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-6	Presión mínima m.c.a	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.8	28.2	31.5	33.1 0.003	32.4	33 0.003	34.1	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-7	Presión mínima m.c.a	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5



	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.8	27.8	31.4	33 0.003	32.3	33 0.003	34.1	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-8	Presión mínima m.c.a	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.7	26.7	30.9	32.8 0.003	31.9	32.8 0.003	34.1	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-9	Presión mínima m.c.a	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.6	26	30.6	32.7 0.003	31.7	32.6 0.003	34.1	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-10	Presión mínima m.c.a	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.6	25.5	30.4	32.6 0.003	31.6	32.5 0.003	34.1	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-11	Presión mínima m.c.a	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.6	25.2	30.2	32.6 0.003	31.5	32.5 0.003	34.1	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-12	Presión mínima m.c.a	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.6	24.8	30	32.5 0.003	31.3	32.4 0.003	34.1	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-13	Presión mínima m.c.a	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3
	Presión máxima m.c.a	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6
	Presión calculada m.c.a	34.6	33.9	24.1	29.9	32.7 0.003	31.4	32.6 0.003	34.5	34.6
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-14	Presión mínima m.c.a	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4
	Presión máxima m.c.a	35	35	35	35	35	35	35	35	35



	Presión calculada m.c.a	35	34.2	24.3	30.2	33 0.003	31.7	32.9 0.003	34.8	35
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-15	Presión mínima m.c.a	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3
	Presión máxima m.c.a	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2
	Presión calculada m.c.a	35.2	34.5	24.2	30.3	33.2 0.003	31.9	33.1 0.003	35.1	35.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-16	Presión mínima m.c.a	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1
	Presión máxima m.c.a	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5
	Presión calculada m.c.a	35.5	34.7	24.2	30.5	33.4 0.003	32.1	33.3 0.003	35.4	35.5
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-17	Presión mínima m.c.a	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7
	Presión máxima m.c.a	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8
	Presión calculada m.c.a	35.8	35	24	30.6	33.7 0.003	32.2	33.5 0.003	35.7	35.8
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-18	Presión mínima m.c.a	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Presión máxima m.c.a	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8
	Presión calculada m.c.a	36.8	35.8	23	30.6	34.3 0.003	32.6	34.1 0.003	36.6	36.8
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-19	Presión mínima m.c.a	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
	Presión máxima m.c.a	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
	Presión calculada m.c.a	37.5	36.5	23.2	31.2	34.9 0.003	33.1	34.7 0.003	37.3	37.5
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-20	Presión mínima m.c.a	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4
	Presión máxima m.c.a	38	38	38	38	38	38	38	38	38
	Presión calculada m.c.a	38	37	23.5	31.6	35.4 0.003	33.6	35.2 0.003	37.8	38
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-21	Presión mínima m.c.a	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
	Presión máxima m.c.a	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4



	Presión calculada m.c.a	38.4	37.5	23.8	32	35.8 0.003	34	35.6 0.003	38.3	38.4
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-22	Presión mínima m.c.a	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
	Presión máxima m.c.a	39	39	39	39	39	39	39	39	39
	Presión calculada m.c.a	39	38	24	32.4	36.3 0.003	34.4	36.1 0.003	38.8	39
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7
N-23	Presión máxima m.c.a	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1
	Presión calculada m.c.a	39.1	38.1	24.1	32.4	36.3 0.003	34.5	36.2 0.003	38.9	39.1
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8
	N-24	Presión máxima m.c.a	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3	39.3
Presión calculada m.c.a		39.3	38.3	24.2	32.6	36.6 0.003	34.7	36.4 0.003	39.2	39.3
Caudal L/s		0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
Presión mínima m.c.a		16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
N-25		Presión máxima m.c.a	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1
	Presión calculada m.c.a	37.1	36.1	21.9	30.4	34.4 0.003	32.5	34.2 0.003	37	37.1
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8
	N-26	Presión máxima m.c.a	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6
Presión calculada m.c.a		36.6	35.6	21.3	29.8	33.8 0.003	31.9	33.6 0.003	36.4	36.6
Caudal L/s		0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
Presión mínima m.c.a		17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
N-27		Presión máxima m.c.a	38	38	38	38	38	38	38	38
	Presión calculada m.c.a	38	37	22.6	31.2	35.2 0.003	33.3	35 0.003	37.8	38
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3
	N-28	Presión máxima m.c.a	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2



	Presión calculada m.c.a	38.2	37.2	22.8	31.4	35.4 0.003	33.5	35.2 0.003	38.1	38.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-29	Presión mínima m.c.a	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
	Presión máxima m.c.a	35.3	35.3	35.3	35.3	35.3	35.3	35.3	35.3	35.3
	Presión calculada m.c.a	35.3	34.3	19.9	28.5	32.5 0.003	30.6	32.3 0.003	35.2	35.3
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2
N-30	Presión máxima m.c.a	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1
	Presión calculada m.c.a	37.1	36.1	21.7	30.3	34.3 0.003	32.5	34.2 0.003	37	37.1
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
	N-31	Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
Presión calculada m.c.a		34.2	33.2	18.8	27.4	31.4 0.003	29.5	31.2 0.003	34	34.2
Caudal L/s		0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
Presión mínima m.c.a		13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
N-32		Presión máxima m.c.a	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
	Presión calculada m.c.a	34.2	33.2	18.8	27.4	31.4 0.003	29.5	31.2 0.003	34	34.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
	N-33	Presión máxima m.c.a	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9
Presión calculada m.c.a		37.9	36.9	22.6	31.1	35.1 0.003	33.3	34.9 0.003	37.8	37.9
Caudal L/s		0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
Presión mínima m.c.a		16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
N-34		Presión máxima m.c.a	38.7	38.7	38.7	38.7	38.7	38.7	38.7	38.7
	Presión calculada m.c.a	38.7	37.5	22	31.3	35.6 0.003	33.6	35.4 0.003	38.5	38.7
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
	N-35	Presión máxima m.c.a	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1



	Presión calculada m.c.a	39.1	37.9	22	31.5	36 0.003	33.9	35.8 0.003	38.9	39.1
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-36	Presión mínima m.c.a	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6
	Presión máxima m.c.a	39	39	39	39	39	39	39	39	39
	Presión calculada m.c.a	39	37.9	21.8	31.4	35.9 0.003	33.8	35.7 0.003	38.9	39
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3
N-37	Presión máxima m.c.a	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5
	Presión calculada m.c.a	39.5	38.4	21.7	31.6	36.3 0.003	34.1	36.1 0.003	39.4	39.5
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
	N-38	Presión máxima m.c.a	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1
Presión calculada m.c.a		40.1	38.8	21.7	31.9	36.7 0.003	34.5	36.5 0.003	39.9	40.1
Caudal L/s		0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
Presión mínima m.c.a		15	15	15	15	15	15	15	15	15
N-39		Presión máxima m.c.a	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5
	Presión calculada m.c.a	40.5	39.2	21.7	32.2	37.1 0.003	34.8	36.8 0.003	40.3	40.5
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
	N-40	Presión máxima m.c.a	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4
Presión calculada m.c.a		44.4	42.9	21.9	34.4	40.3 0.003	37.5	40 0.003	44.1	44.4
Caudal L/s		0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
Presión mínima m.c.a		13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
N-41		Presión máxima m.c.a	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6
	Presión calculada m.c.a	44.6	43.1	21.8	34.5	40.5 0.003	37.7	40.2 0.003	44.4	44.6
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	N-42	Presión máxima m.c.a	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8



	Presión calculada m.c.a	44.8	43.3	21.8	34.6	40.7 0.003	37.8	40.4 0.003	44.6	44.8
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-43	Presión mínima m.c.a	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	Presión máxima m.c.a	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2
	Presión calculada m.c.a	45.2	43.6	21.9	34.8	40.9 0.003	38.1	40.7 0.003	44.9	45.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
N-44	Presión máxima m.c.a	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4
	Presión calculada m.c.a	45.4	43.9	22	35	41.2 0.003	38.3	40.9 0.003	45.2	45.4
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
	Presión máxima m.c.a	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6
N-45	Presión calculada m.c.a	45.6	44	22	35.2	41.3 0.003	38.4	41 0.003	45.4	45.6
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	Presión máxima m.c.a	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6
	Presión calculada m.c.a	45.6	44.1	22	35.2	41.4 0.003	38.4	41.1 0.003	45.4	45.7
N-46	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
	Presión máxima m.c.a	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3
	Presión calculada m.c.a	46.3	44.7	22.4	35.7	42 0.003	39.1	41.7 0.003	46.1	46.3
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-47	Presión mínima m.c.a	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1
	Presión máxima m.c.a	47.6	47.6	47.6	47.6	47.6	47.6	47.6	47.6	47.6
	Presión calculada m.c.a	47.6	46	23	36.7	43.1 0.003	40.1	42.8 0.003	47.4	47.6
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
	Presión mínima m.c.a	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
N-49	Presión máxima m.c.a	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3
	Presión calculada m.c.a	48.3	46.7	23.6	37.4	43.8	40.8	43.5	48.1	48.3



	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	0.003 8	0.005	0.003 9	0.0008	0
N-50	Presión mínima m.c.a	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	Presión máxima m.c.a	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7
	Presión calculada m.c.a	47.7	46	22.9	36.7	43.2 0.003	40.1	42.9 0.003	47.4	47.7
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-51	Presión mínima m.c.a	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8
	Presión máxima m.c.a	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5
	Presión calculada m.c.a	48.5	46.9	23.7	37.5	44 0.003	41	43.7 0.003	48.3	48.5
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-52	Presión mínima m.c.a	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
	Presión máxima m.c.a	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7
	Presión calculada m.c.a	47.7	46	22.8	36.7	43.2 0.003	40.1	42.9 0.003	47.4	47.7
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-53	Presión mínima m.c.a	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4
	Presión máxima m.c.a	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2
	Presión calculada m.c.a	46.2	44.6	21.3	35.2	41.7 0.003	38.6	41.4 0.003	46	46.2
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-54	Presión mínima m.c.a	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6
	Presión máxima m.c.a	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
	Presión calculada m.c.a	49.5	47.9	24.6	38.5	45 0.003	41.9	44.7 0.003	49.3	49.5
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-55	Presión mínima m.c.a	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4
	Presión máxima m.c.a	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3
	Presión calculada m.c.a	46.3	44.6	21.3	35.2	41.8 0.003	38.7	41.4 0.003	46	46.3
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-56	Presión mínima m.c.a	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8
	Presión máxima m.c.a	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7
	Presión calculada m.c.a	49.7	48	24.7	38.6	45.2 0.003	42.1	44.9 0.003	49.4	49.7
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0

N-57	Presión mínima m.c.a	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1
	Presión máxima m.c.a	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Presión calculada m.c.a	45	43.3	20	33.9	40.4	37.4	40.1	44.7	45
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-58	Presión mínima m.c.a	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9
	Presión máxima m.c.a	43.9	43.9	43.9	43.9	43.9	43.9	43.9	43.9	43.9
	Presión calculada m.c.a	43.9	42.2	18.9	32.8	39.3	36.3	39	43.6	43.9
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-59	Presión mínima m.c.a	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7
	Presión máxima m.c.a	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6
	Presión calculada m.c.a	43.6	42	18.6	32.6	39.1	36	38.8	43.4	43.6
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0
N-60	Presión mínima m.c.a	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9
	Presión máxima m.c.a	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9
	Presión calculada m.c.a	42.9	41.2	17.9	31.8	38.4	35.3	38.1	42.6	42.9
	Caudal L/s	0.0001	0.0022	0.0094	0.0061	8	0.005	9	0.0008	0

Nota. Datos procesados y generados en WaterCAD

La Tabla 17 exhibe los resultados de velocidad, caudal, longitud y diámetro correspondientes a las tuberías. Donde se observa que la velocidad mínima en un horario de consumo medio fue de 0.25 m/s y máxima de 0.81 m/s con un caudal máximo de 0.5669 l/s.

Tabla 17

Condiciones hidráulicas en tuberías de la primera simulación hidráulica

Tubería	Condiciones hidráulicas en tuberías	Tiempo (Horas)								
		00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	23:59
T -1	Caudal (l/s)	0.0054	0.1316	0.5669	0.3654	0.2257	0.2982	0.2337	0.0484	0.0054
	Velocidad (m/s)	0	0.12	0.5	0.32	0.2	0.26	0.21	0.04	0
	Diámetro (mm)	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
	Longitud (m)	334	334	334	334	334	334	334	334	334
T -2	Caudal (l/s)	0.0054	0.1316	0.5669	0.3654	0.2257	0.2982	0.2337	0.0484	0.0054



	Velocidad (m/s)	0.01	0.19	0.84	0.54	0.33	0.44	0.34	0.07	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	19	19	19	19	19	19	19	19	19
T -3	Caudal (l/s)	0.0053	0.1295	0.5574	0.3593	0.2219	0.2932	0.2298	0.0476	0.0053
	Velocidad (m/s)	0.01	0.19	0.82	0.53	0.33	0.43	0.34	0.07	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	14	14	14	14	14	14	14	14	14
T -4	Caudal (l/s)	0.0052	0.1273	0.548	0.3532	0.2181	0.2883	0.2259	0.0467	0.0052
	Velocidad (m/s)	0.01	0.19	0.81	0.52	0.32	0.42	0.33	0.07	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	62	62	62	62	62	62	62	62	62
T -5	Caudal (l/s)	0.0051	0.1251	0.5385	0.3471	0.2144	0.2833	0.222	0.0459	0.0051
	Velocidad (m/s)	0.01	0.18	0.79	0.51	0.32	0.42	0.33	0.07	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	17	17	17	17	17	17	17	17	17
T -6	Caudal (l/s)	0.005	0.1229	0.5291	0.341	0.2106	0.2783	0.2181	0.0451	0.005
	Velocidad (m/s)	0.01	0.18	0.78	0.5	0.31	0.41	0.32	0.07	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
T -7	Caudal (l/s)	0.0049	0.1207	0.5196	0.3349	0.2069	0.2734	0.2143	0.0443	0.0049
	Velocidad (m/s)	0.01	0.18	0.77	0.49	0.3	0.4	0.32	0.07	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	11	11	11	11	11	11	11	11	11
T -8	Caudal (l/s)	0.0048	0.1185	0.5102	0.3288	0.2031	0.2684	0.2104	0.0435	0.0048
	Velocidad (m/s)	0.01	0.17	0.75	0.48	0.3	0.4	0.31	0.06	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	17	17	17	17	17	17	17	17	17
T -9	Caudal (l/s)	0.0047	0.1163	0.5007	0.3227	0.1993	0.2634	0.2065	0.0427	0.0047
	Velocidad (m/s)	0.01	0.17	0.74	0.48	0.29	0.39	0.3	0.06	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	48	48	48	48	48	48	48	48	48
T -10	Caudal (l/s)	0.0047	0.1141	0.4913	0.3167	0.1956	0.2584	0.2026	0.0419	0.0047
	Velocidad (m/s)	0.01	0.17	0.72	0.47	0.29	0.38	0.3	0.06	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	36	36	36	36	36	36	36	36	36
T -11	Caudal (l/s)	0.0046	0.1119	0.4818	0.3106	0.1918	0.2535	0.1987	0.0411	0.0046
	Velocidad (m/s)	0.01	0.16	0.71	0.46	0.28	0.37	0.29	0.06	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T -12	Caudal (l/s)	0.0045	0.1097	0.4724	0.3045	0.1881	0.2485	0.1948	0.0403	0.0045
	Velocidad (m/s)	0.01	0.16	0.7	0.45	0.28	0.37	0.29	0.06	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
T -13	Caudal (l/s)	0.0044	0.1075	0.4629	0.2984	0.1843	0.2435	0.1909	0.0395	0.0044
	Velocidad (m/s)	0.01	0.16	0.68	0.44	0.27	0.36	0.28	0.06	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	21	21	21	21	21	21	21	21	21



T -14	Caudal (l/s)	0.0043	0.1053	0.4535	0.2923	0.1805	0.2386	0.187	0.0387	0.0043
	Velocidad (m/s)	0.01	0.16	0.67	0.43	0.27	0.35	0.28	0.06	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	62	62	62	62	62	62	62	62	62
T -15	Caudal (l/s)	0.0042	0.1031	0.444	0.2862	0.1768	0.2336	0.1831	0.0379	0.0042
	Velocidad (m/s)	0.01	0.15	0.65	0.42	0.26	0.34	0.27	0.06	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
T -16	Caudal (l/s)	0.0041	0.1009	0.4346	0.2801	0.173	0.2286	0.1792	0.0371	0.0041
	Velocidad (m/s)	0.01	0.15	0.64	0.41	0.25	0.34	0.26	0.05	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	17	17	17	17	17	17	17	17	17
T -17	Caudal (l/s)	0.004	0.0987	0.4251	0.274	0.1693	0.2237	0.1753	0.0363	0.004
	Velocidad (m/s)	0.01	0.15	0.63	0.4	0.25	0.33	0.26	0.05	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	22	22	22	22	22	22	22	22	22
T -18	Caudal (l/s)	0.0039	0.0965	0.4157	0.2679	0.1655	0.2187	0.1714	0.0355	0.0039
	Velocidad (m/s)	0.01	0.14	0.61	0.39	0.24	0.32	0.25	0.05	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	32	32	32	32	32	32	32	32	32
T -19	Caudal (l/s)	0.0039	0.0943	0.4063	0.2619	0.1617	0.2137	0.1675	0.0347	0.0039
	Velocidad (m/s)	0.01	0.14	0.6	0.39	0.24	0.31	0.25	0.05	0.01
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	128	128	128	128	128	128	128	128	128
T -20	Caudal (l/s)	0.0013	0.0307	0.1323	0.0853	0.0527	0.0696	0.0545	0.0113	0.0006
	Velocidad (m/s)	0	0.07	0.32	0.21	0.13	0.17	0.13	0.03	0
	Diámetro (mm)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
	Longitud (m)	9	9	9	9	9	9	9	9	9
T -21	Caudal (l/s)	0.0013	0.0307	0.1323	0.0853	0.0527	0.0696	0.0545	0.0113	0.0006
	Velocidad (m/s)	0	0.07	0.32	0.21	0.13	0.17	0.13	0.03	0
	Diámetro (mm)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	Longitud (m)	50	50	50	50	50	50	50	50	50
T -22	Caudal (l/s)	0.0012	0.0285	0.1228	0.0792	0.0489	0.0646	0.0506	0.0105	0.0006
	Velocidad (m/s)	0	0.07	0.3	0.19	0.12	0.16	0.12	0.03	0
	Diámetro (mm)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	Longitud (m)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
T -23	Caudal (l/s)	0.0011	0.0263	0.1134	0.0731	0.0451	0.0596	0.0467	0.0097	0.0005
	Velocidad (m/s)	0	0.06	0.28	0.18	0.11	0.14	0.11	0.02	0
	Diámetro (mm)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	Longitud (m)	35	35	35	35	35	35	35	35	35
T -24	Caudal (l/s)	0.001	0.0241	0.1039	0.067	0.0414	0.0547	0.0429	0.0089	0.0005
	Velocidad (m/s)	0	0.06	0.25	0.16	0.1	0.13	0.1	0.02	0
	Diámetro (mm)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	Longitud (m)	88	88	88	88	88	88	88	88	88

Nota. Datos procesados y generados en WaterCAD



Los valores obtenidos referente a la velocidad, muestran que a partir del tramo 18 de tubería están por debajo de la normativa que especifica una velocidad mínima de 0.60 m/s y una máxima de 3.0 m/s. Además, en un horario de consumo medio la velocidad máxima es de 0.84 m/s y mínima de 0.16 m/s

4.1.3 Resultados del objetivo específico 3

Determinar el decaimiento de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi

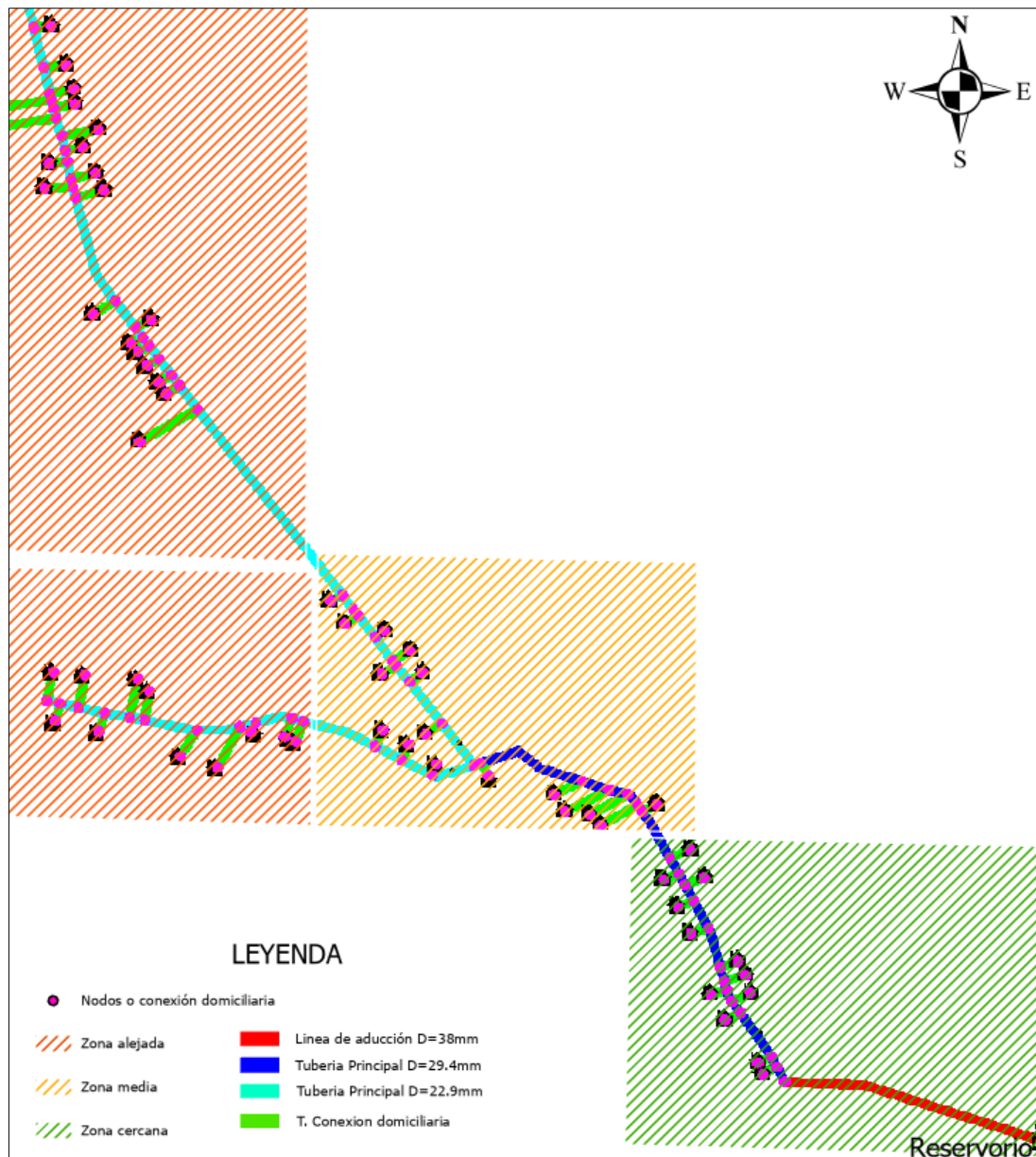
4.1.3.1 Resultados de simulación del modelo de Calidad

a) Modelo base de calidad

La Figura 30 muestra un mejor referente del plano de redes de distribución de agua potable zonificada y donde se priorizarán puntos de muestreo, clasificando 3 zonas de acuerdo a la longitud de las tuberías; zona cercana, zona media y zona alejada, donde la zona cercana cuenta con 12 conexiones domiciliarias, la zona media 16 y la zona alejada 32 conexiones domiciliarias.

Figura 30

Zonificación de la red distribución de agua potable del centro poblado de Muni



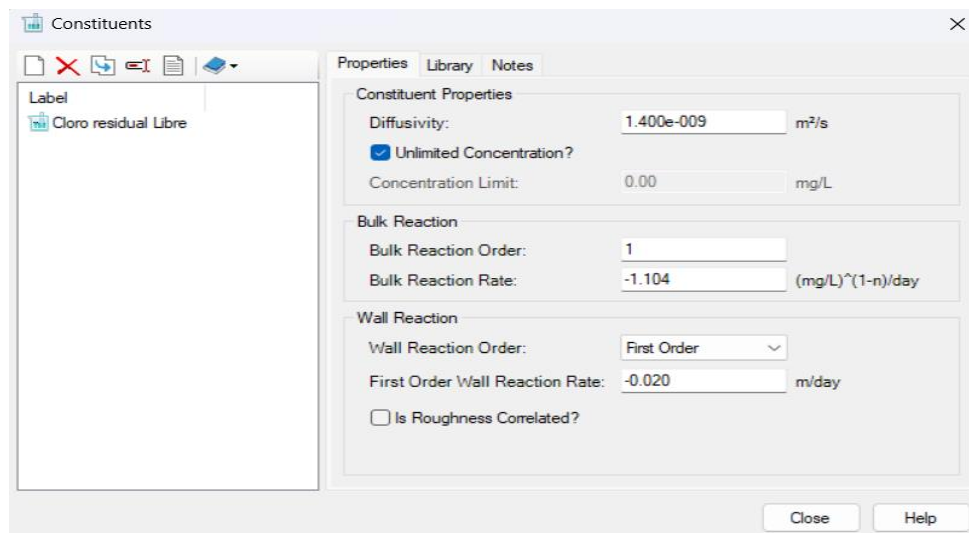
Nota. Gráfico generado en ArcGIS Pro

La Figura 31 presentan los resultados iniciales de la simulación del modelo de calidad en WaterCAD, donde se emplearon los coeficientes de reacción en primer orden. Se obtuvieron valores de -1.104 para el Coeficiente de reacción con la masa de agua (K_b) y de -0.020 para el coeficiente de reacción con la pared de la tubería (K_w). en un horario de consumo de las 08:00 horas y con una

manifestación inicial de 0.80 mg/l en el reservorio de abastecimiento de agua potable, se muestran en la Figura 32, donde se representa un gráfico de la concentración de cloro en 30 Nodos o conexiones domiciliarias remotas de la red de abastecimiento de agua potable, que muestra la estabilización del cloro después de las 9:00 horas de simulación por tal motivo la simulación se tomará en cuenta después de 24:00 horas. De acuerdo a la simulación, la manifestación de cloro residual libre máxima fue de 0.78 mg/l que se hizo presente en el nodo N°1 en un horario de las 7:00 horas que simula una demanda elevada y que pertenece a la zona cercana y la manifestación mínima fue de 0.34 mg/l en un horario de las 4:00 horas que simula una demanda de caudal mínimo y que se hizo presente en el nodo N° 60 correspondiente a la zona lejana de la red de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni.

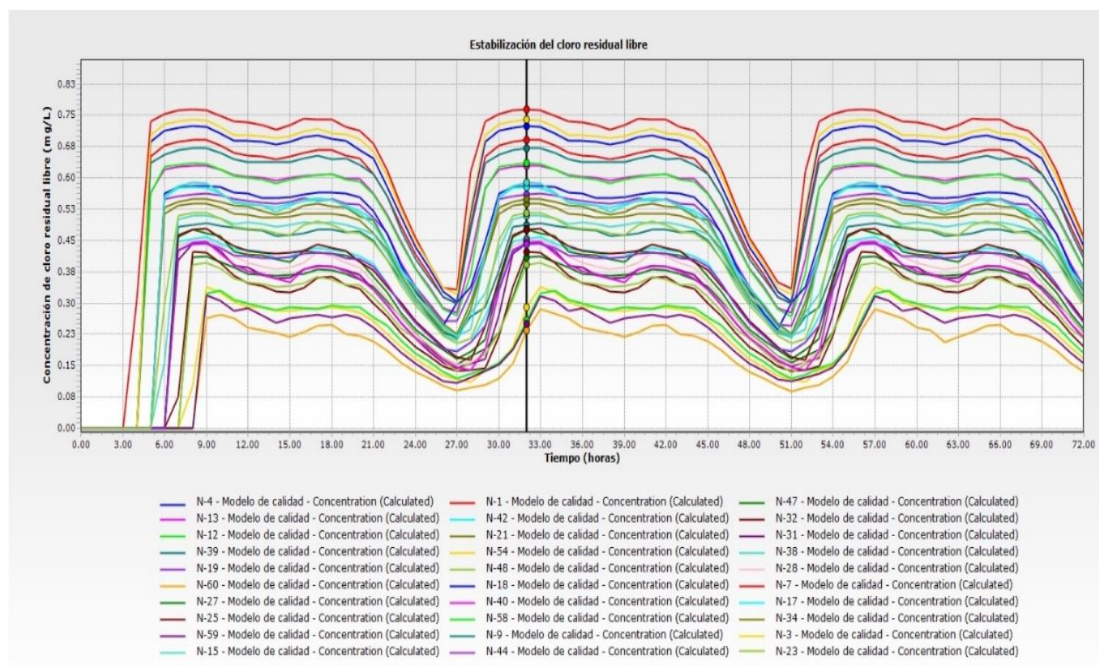
Figura 31

Herramienta de ingreso de factores de constituyentes de WaterCAD



Nota. Gráfico generado y procesado en WaterCAD

Figura 32

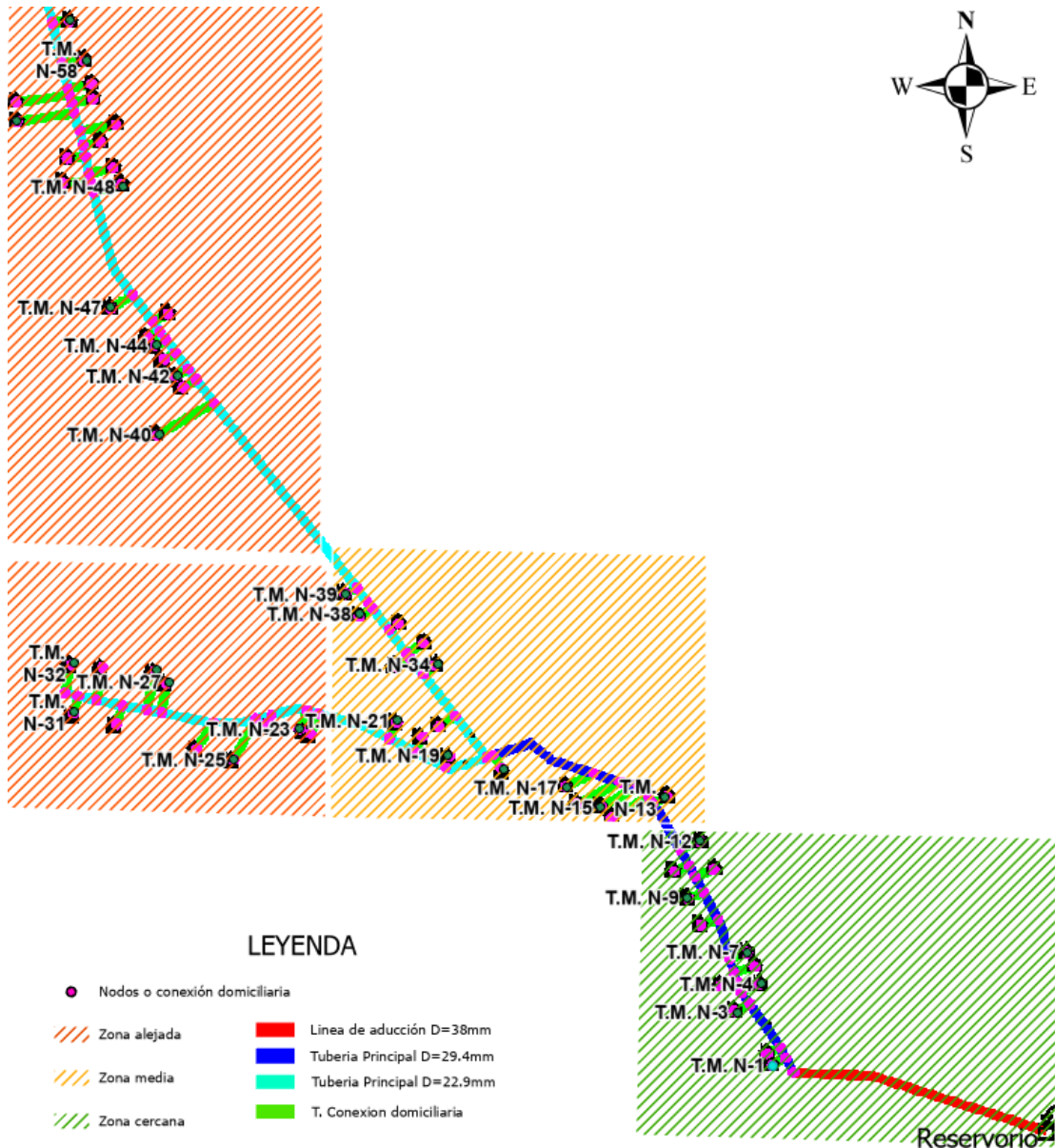
Estabilización del cloro residual libre

Nota. Gráfico generado y procesado en WaterCAD

De acuerdo con la primera simulación del modelo de calidad en WaterCAD se seleccionaron 30 puntos monitoreo que se muestran en la Figura 33, los puntos de toma de muestra fueron definidos de acuerdo a un muestreo no probalístico, donde se seleccionaron puntos de mayor relevancia para el estudio, definiendo puntos de toma de muestra para las 3 zonas establecidas, un total de 15 puntos para la zona alejada, 9 para la zona media y 6 para la zona cercana. Cabe señalar que los puntos seleccionados fueron los que proporcionaron mayor factibilidad para el estudio, ya que muchos de los beneficiarios del abastecimiento de agua potable desconfiaban de la finalidad del estudio.

Figura 33

Puntos de toma de muestra de la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni



Nota. Gráfico generado en ArcGIS Pro

Según el análisis de la recolección de muestras efectuada en los puntos de monitoreo, en la Tabla 18 se presentan los hallazgos de las mediciones de la concentración de cloro residual libre realizadas en el mes de mayo. De acuerdo con el análisis realizado, se evidencian valores de cloro residual libre

que se sitúan por debajo de los límites establecidos en la mayoría de los nodos, especialmente en aquellos ubicados en la zona periférica de la red de distribución de agua potable. Es importante destacar que la cantidad inicial de cloro residual libre en el depósito era de 0.80 mg/l.

Tabla 18

Resultados del monitoreo de cloro residual libre en la red de distribución del centro poblado de Muni

Punto de muestra	Nodo	Hora de muestra	Cloro residual libre en campo (mg/l)
Juan Quispe Flores	1	09:00	0.70
Pascualina Zela Maraza	3	09:10	0.67
Carmelo Ilaquita Mamani	4	09:20	0.67
Cesar Quispe Gutierrez	7	09:30	0.62
Ruben Sergio Quispe Mamani	9	09:40	0.62
Dionicia Alvares Gonzalo	12	09:50	0.60
Benito Ilaquita Pacompia	13	10:00	0.56
Teofilo Ilaquita Pacompia	15	10:10	0.53
Serafina Ilaquita Pacompia	17	10:20	0.50
Sabino Maraza Quispe	18	10:30	0.45
Mario Ilaquita Chambi	19	10:40	0.45
Tomasa Ilaquita Chambi	21	10:50	0.42
Julio Estofanero Gutierrez	34	11:00	0.48
Justino Estofanero Alvares	38	11:10	0.45
Renita Cruz Cali	39	11:20	0.38
Luis Estofanero Maraza	23	11:30	0.46
Maria Larico Mamani	25	11:40	0.42
Marcelino Huanca Gutierrez	27	11:50	0.36
Eduarda Zela Maraza	28	12:00	0.30
Jose Mamani Sucapuca	31	12:10	0.30
Paula Sucapuca Mamani	32	12:20	0.27
Jaime Ideneo Quispe Sucapuca	40	12:30	0.16
Calixto Quispe Montalvo	42	12:40	0.18
Juliana Ilaquita Gutierrez	44	12:50	0.15
Dionicia Alvares Gonzalo	47	13:00	0.10
Paulina Cruz De Ilaquita	48	13:10	0.10
Nieves Gutierrez Mamani	54	13:20	0.00
Felix Quispe Aquise	58	13:30	0.00
Flora Gutierrez Mamami	59	13:40	0.00
Pedro Sucapuca Sucapuca	60	13:50	0.00



De acuerdo a los valores de concentración de cloro residual libre obtenidos de las mediciones en campo, se realizó la simulación del modelo de calidad en WaterCAD con un periodo extendido de 72:00 horas, donde la estabilización de la concentración del cloro se dio a partir de las 06:00 horas y por tal motivo se consideraron datos a partir de las 24:00 horas de simulación, la Tabla 19 muestra los datos de la concentración de cloro residual libre simulada con un horario igual a cuando se realizó el monitoreo en campo y con la misma concentración inicial en el reservorio de abastecimiento de agua potable. De tal forma se establecieron las condiciones reales en el modelo de calidad. Además, se presentan los errores calculados por cada nodo de muestreo y se establece que es necesaria una calibración del modelo de calidad ya que los datos obtenidos en la simulación de concentración de cloro residual libre aún están alejados de la realidad.

Tabla 19

Resultados de la concentración de cloro residual libre hallado en campo y simulado

NODO	HORA DE MUESTRA	CLORO RESIDUAL LIBRE EN CAMPO (mg/l)	CLORO RESIDUAL LIBRE SIMULADO (mg/l)	ERROR (mg/l)
1	09:00	0.70	0.78	0.08
3	09:10	0.67	0.77	0.10
4	09:20	0.67	0.75	0.08
7	09:30	0.62	0.74	0.12
9	09:40	0.62	0.74	0.12
12	09:50	0.60	0.72	0.12
13	10:00	0.56	0.72	0.16
15	10:10	0.53	0.67	0.14
17	10:20	0.50	0.67	0.17
18	10:30	0.45	0.70	0.25
19	10:40	0.45	0.69	0.24
21	10:50	0.42	0.64	0.22
34	11:00	0.48	0.65	0.17
38	11:10	0.45	0.65	0.20
39	11:20	0.38	0.66	0.28
23	11:30	0.46	0.59	0.13
25	11:40	0.42	0.55	0.13
27	11:50	0.36	0.54	0.18
28	12:00	0.30	0.51	0.21
31	12:10	0.30	0.47	0.17

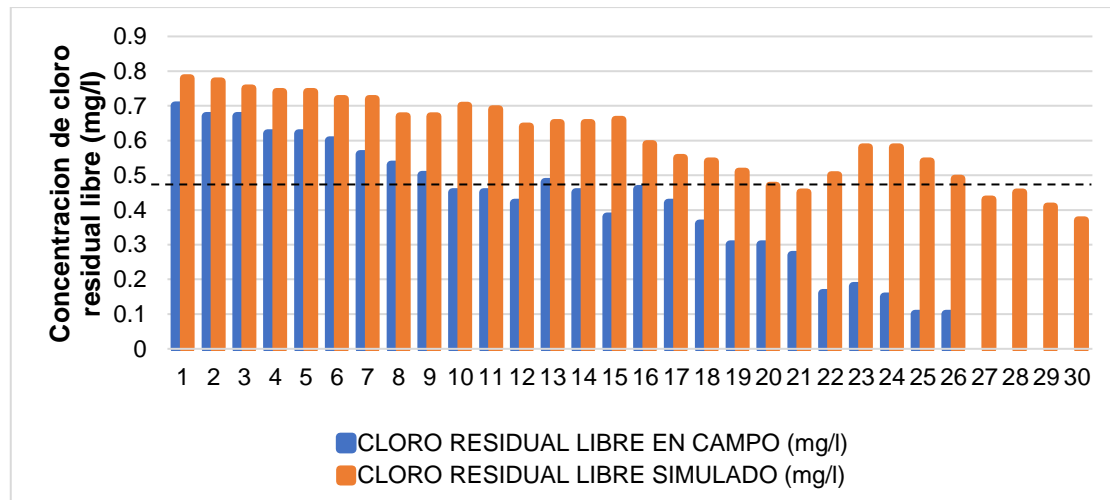


32	12:20	0.27	0.45	0.18
40	12:30	0.16	0.50	0.34
42	12:40	0.18	0.58	0.40
44	12:50	0.15	0.58	0.43
47	13:00	0.10	0.54	0.44
48	13:10	0.10	0.49	0.39
54	13:20	0.00	0.43	0.43
58	13:30	0.00	0.45	0.45
59	13:40	0.00	0.41	0.41
60	13:50	0.00	0.37	0.37

La Figura 34 evidencia un gráfico de barras que compara los valores de la manifestación de cloro residual libre obtenidos del análisis en campo y obtenidos en la primera simulación del modelo de calidad en WaterCAD. La diferencia mínima entre las manifestaciones de cloro residual libre en campo y las calculadas a partir de la primera simulación es de 0.08 mg/l y una máxima de 0.45 mg/l, con la diferencia obtenida es necesaria una calibración del modelo de calidad ya que se encuentran mayores diferencias conforme el tramo de tubería sea más largo, es por ello que es necesario ajustar el valor del coeficiente en pared (k_w). Además, se puede observar que, de los 30 puntos de muestreo, en 21 puntos se hallaron valores de cloro residual libre por debajo de la normativa (0.5 mg/l) y 10 puntos por debajo de la condición del 0.3 mg/l que establece la normativa y supera el 10% del total.

Figura 34

Comparación del cloro residual simulado y hallado en campo



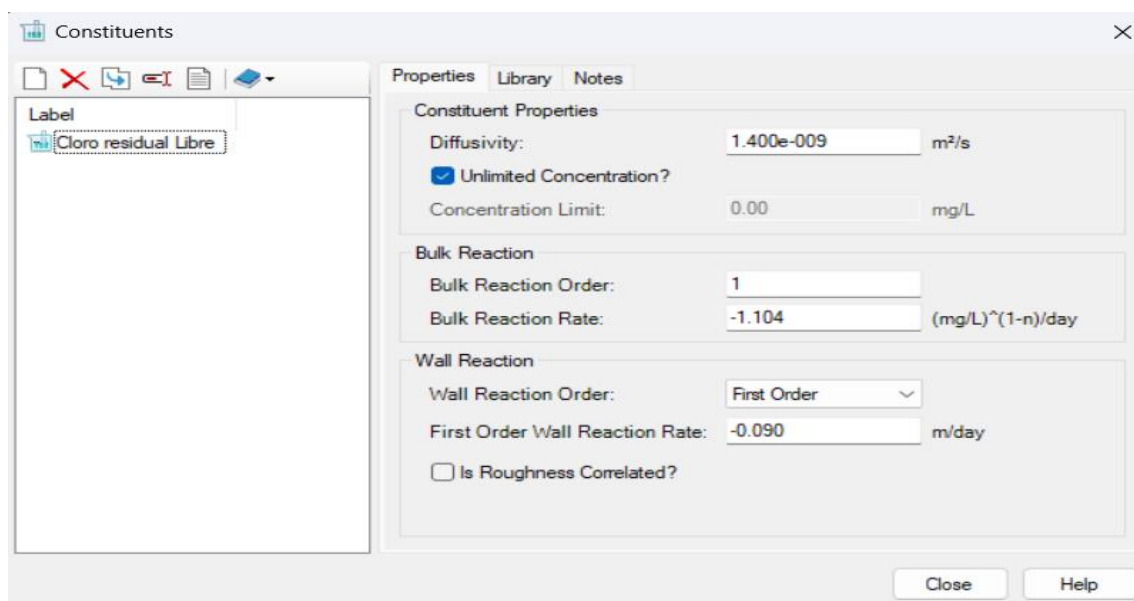
Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

Segunda simulación en el modelo de calidad de WaterCAD

La Tabla 20 manifiesta los valores de niveles de cloro residual libre medidas in situ y los calculados en la segunda simulación del modelo de calidad en WaterCAD junto con el cálculo del error para cada nodo. Cabe señalar que para la segunda simulación se utilizaron los coeficientes reacción en primer orden que se muestran la Figura 35, con un coeficiente de reacción de masa de agua (K_b) = -1.104 d^{-1} y coeficiente de reacción con la pared de la tubería (K_w) = -0.090 m/día . Además, los valores de error obtenidos en la segunda simulación del modelo de calidad en WaterCAD son inferiores en comparación con los resultados de la primera simulación, estableciendo un valor de diferencia mínimo de 0.00 mg/l y un máximo de 0.15 mg/l .

Figura 35

Valores de calibración en la herramienta constituyente de WaterCAD



Nota. Gráfico generado y procesado en WaterCAD

Tabla 20

Segunda simulación del modelo de calidad con el nuevo valor de Kw.

NODO	HORA DE MUESTRA	CLORO RESIDUAL LIBRE EN CAMPO (mg/l)	CLORO RESIDUAL LIBRE SIMULADO (mg/l)	ERROR (mg/l)
1	09:00	0.70	0.73	0.03
3	09:10	0.67	0.72	0.05
4	09:20	0.67	0.69	0.02
7	09:30	0.62	0.67	0.05
9	09:40	0.62	0.66	0.04
12	09:50	0.60	0.61	0.01
13	10:00	0.56	0.60	0.04
15	10:10	0.53	0.53	0.00
17	10:20	0.50	0.53	0.03
18	10:30	0.45	0.52	0.07
19	10:40	0.45	0.49	0.04
21	10:50	0.42	0.42	0.00
34	11:00	0.48	0.46	-0.02
38	11:10	0.45	0.42	-0.03
39	11:20	0.38	0.42	0.04
23	11:30	0.46	0.35	-0.11
25	11:40	0.42	0.30	-0.12
27	11:50	0.36	0.27	-0.09
28	12:00	0.30	0.25	-0.05
31	12:10	0.30	0.23	-0.07

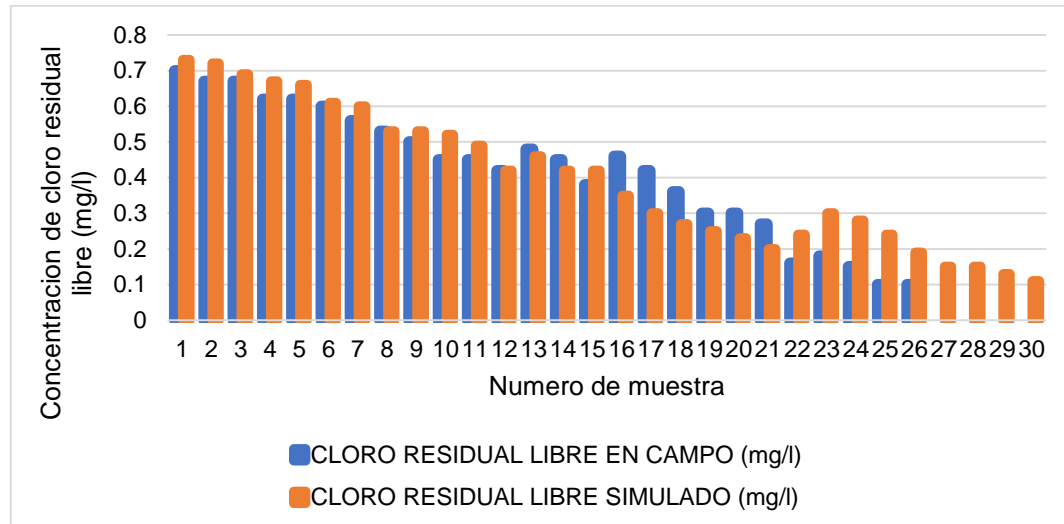


32	12:20	0.27	0.20	-0.07
40	12:30	0.16	0.24	0.08
42	12:40	0.18	0.30	0.12
44	12:50	0.15	0.28	0.13
47	13:00	0.10	0.24	0.14
48	13:10	0.10	0.19	0.09
54	13:20	0.00	0.15	0.15
58	13:30	0.00	0.15	0.15
59	13:40	0.00	0.13	0.13
60	13:50	0.00	0.11	0.11

La Figura 36 presenta un diagrama de barras que contrasta los niveles de concentración de cloro residual libre derivados de la evaluación en terreno con aquellos obtenidos en la segunda ejecución del modelo de calidad en WaterCAD. La discrepancia entre las concentraciones de cloro residual medidas y las estimadas varió entre 0,003 mg/l y 0,063 mg/l, lo cual sugiere una alta concordancia entre los datos del modelo y las observaciones en terreno.

Figura 36

Nueva comparación del cloro residual libre simulado en el modelo de calidad de WaterCAD y hallado en campo.



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

4.1.3.2 Monitoreo de cloro residual para la validación del modelo

La Tabla 21 manifiesta los datos del segundo monitoreo donde se registran los resultados de las mediciones de la manifestación de cloro residual libre in situ, realizadas en el mes de mayo, el cual fue necesario para la validación de los datos obtenidos en cuanto a la manifestación de cloro residual libre calculadas en la simulación del modelo de calidad de WaterCAD. De acuerdo al análisis realizado se encuentran valores de manifestación de cloro residual libre que están por debajo de la normativa, correspondiente a nodos que están ubicados en la zona alejada del sistema de abastecimiento de agua potable. Cabe señalar que la concentración inicial de cloro residual libre en el reservorio fue de 1.10 mg/l y con una temperatura promedio de 13°C.

Tabla 21

Resultados del segundo monitoreo de la concentración de cloro residual libre

PUNTO DE MUESTRA	NODO	HORA DE MUESTRA	CLORO RESIDUAL LIBRE EN CAMPO (mg/l)
Juan Quispe Flores	1	09:00	0.99
Pascualina Zela Maraza	3	09:10	0.95
Carmelo Ilaquita Mamani	4	09:20	0.93
Cesar Quispe Gutierrez	7	09:30	0.86
Ruben Sergio Quispe Mamani	9	09:40	0.85
Dionicia Alvares Gonzalo	12	09:50	0.80
Benito Ilaquita Pacompia	13	10:00	0.80
Teofilo Ilaquita Pacompia	15	10:10	0.71
Serafina Ilaquita Pacompia	17	10:20	0.67
Sabino Maraza Quispe	18	10:30	0.66
Mario Ilaquita Chambi	19	10:40	0.63
Tomasa Ilaquita Chambi	21	10:50	0.56
Julio Estofanero Gutierrez	34	11:00	0.52
Justino Estofanero Alvares	38	11:10	0.49
Renita Cruz Cali	39	11:20	0.48
Luis Estofanero Maraza	23	11:30	0.54
Maria Larico Mamani	25	11:40	0.47
Marcelino Huanca Gutierrez	27	11:50	0.36
Eduarda Zela Maraza	28	12:00	0.32
Jose Mamani Sucapuca	31	12:10	0.30
Paula Sucapuca Mamani	32	12:20	0.30
Jaime Ideneo Quispe Sucapuca	40	12:30	0.29
Calixto Quispe Montalvo	42	12:40	0.28
Juliana Ilaquita Gutierrez	44	12:50	0.27
Dionicia Alvares Gonzalo	47	13:00	0.24
Paulina Cruz De Ilaquita	48	13:10	0.19
Nieves Gutierrez Mamani	54	13:20	0.15
Felix Quispe Aquise	58	13:30	0.11
Flora Gutierrez Mamami	59	13:40	0.09
Pedro Sucapuca Sucapuca	60	13:50	0.00

4.1.3.3 Resultados de la simulación

La Tabla 22 evidencia la cantidad de cloro medida in situ y el valor de manifestación de cloro residual libre calculado en la simulación del modelo de calidad de WaterCAD, al igual que el cálculo del error para cada nodo. Los valores de error obtenidos en la simulación del modelo de calidad son bajos, obteniendo una diferencia mínima de 0.02 mg/l y una diferencia máxima de 0.16

mg/l habiéndose determinado una correlación de Pearson de 0.974 lo que confirma que el modelo de calidad de toda la red de distribución de agua potable está calibrado para coincidir con precisión con las mediciones in situ.

Tabla 22

Resultados de la concentración del cloro residual libre hallado en campo y simulado en el modelo de calidad de WaterCAD

NODO	HORA DE MUESTRA	CLORO RESIDUAL LIBRE EN CAMPO (mg/l)	CLORO RESIDUAL LIBRE SIMULADO (mg/l)	ERROR (mg/l)
1	09:00	0.99	1.01	0.02
3	09:10	0.95	0.98	0.03
4	09:20	0.93	0.96	0.03
7	09:30	0.86	0.92	0.06
9	09:40	0.85	0.90	0.05
12	09:50	0.80	0.85	0.05
13	10:00	0.80	0.84	0.04
15	10:10	0.71	0.74	0.03
17	10:20	0.67	0.73	0.06
18	10:30	0.66	0.73	0.07
19	10:40	0.63	0.68	0.05
21	10:50	0.56	0.60	0.04
34	11:00	0.52	0.65	0.13
38	11:10	0.49	0.59	0.10
39	11:20	0.48	0.59	0.11
23	11:30	0.54	0.50	-0.04
25	11:40	0.47	0.41	-0.06
27	11:50	0.36	0.38	0.02
28	12:00	0.32	0.35	0.03
31	12:10	0.30	0.32	0.02
32	12:20	0.30	0.28	-0.02
40	12:30	0.29	0.34	0.05
42	12:40	0.28	0.42	0.14
44	12:50	0.27	0.42	0.15
47	13:00	0.24	0.35	0.11
48	13:10	0.19	0.27	0.08
54	13:20	0.15	0.22	0.07
58	13:30	0.11	0.21	0.10
59	13:40	0.09	0.18	0.09
60	13:50	0.00	0.16	0.16

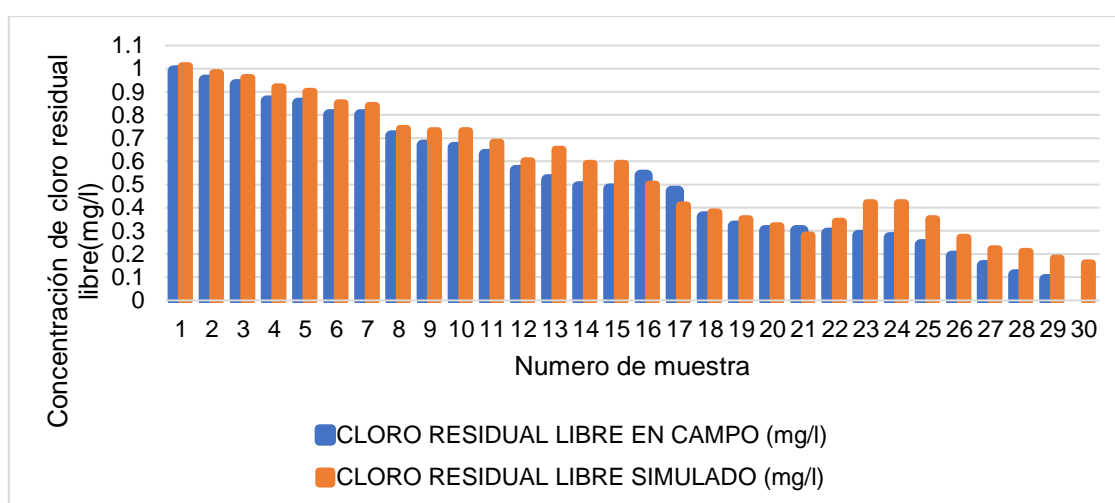
La Figura 37 se evidencia un gráfico de barras que compara los valores de cloro observados de validación y los valores de cloro obtenidos en el modelo

de simulación de masa fueron calculados. La disparidad entre las concentraciones de cloro residual medidas y las estimadas varió entre.

0,004 mg/l y 0,198 mg/l, lo que apunta a que el modelo de masa estaba correctamente calibrado.

Figura 37

Comparación del cloro residual libre hallado en campo y el simulado



Nota. Gráfico generado y procesado en Microsoft Excel

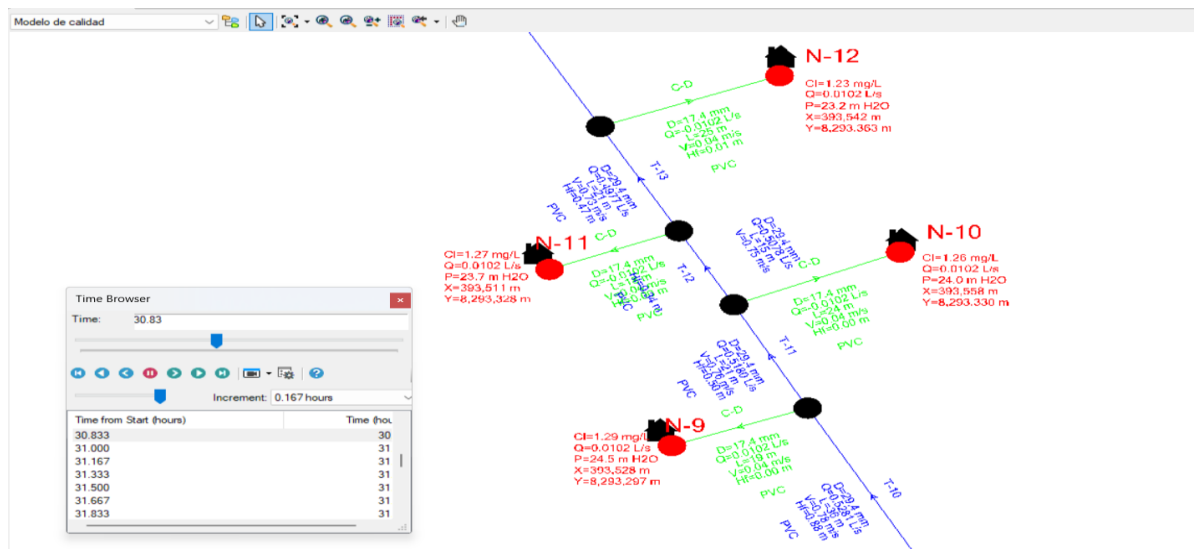
4.1.3.4 Monitoreo digital de calidad del suministro de agua potable

Con el modelo de calidad calibrado se pudo estimar la concentración inicial de cloro residual libre en el reservorio de abastecimiento de agua potable, donde a través de análisis y pruebas según a la dosificación habitual. Se estableció que la concentración mínima inicial en el reservorio de abastecimiento de agua potable debería de ser 1.3 mg/l y máxima de 1.8mg/l. A continuación, se presentan los resultados obtenidos con una concentración inicial de cloro residual libre de 1.5 mg/l, en un horario de consumo medio, siendo este de las 06:50 horas.

Para tener una lectura correcta a continuación se presentan 3 figuras que se establecen de acuerdo a las zonas pre definidas.

Figura 38

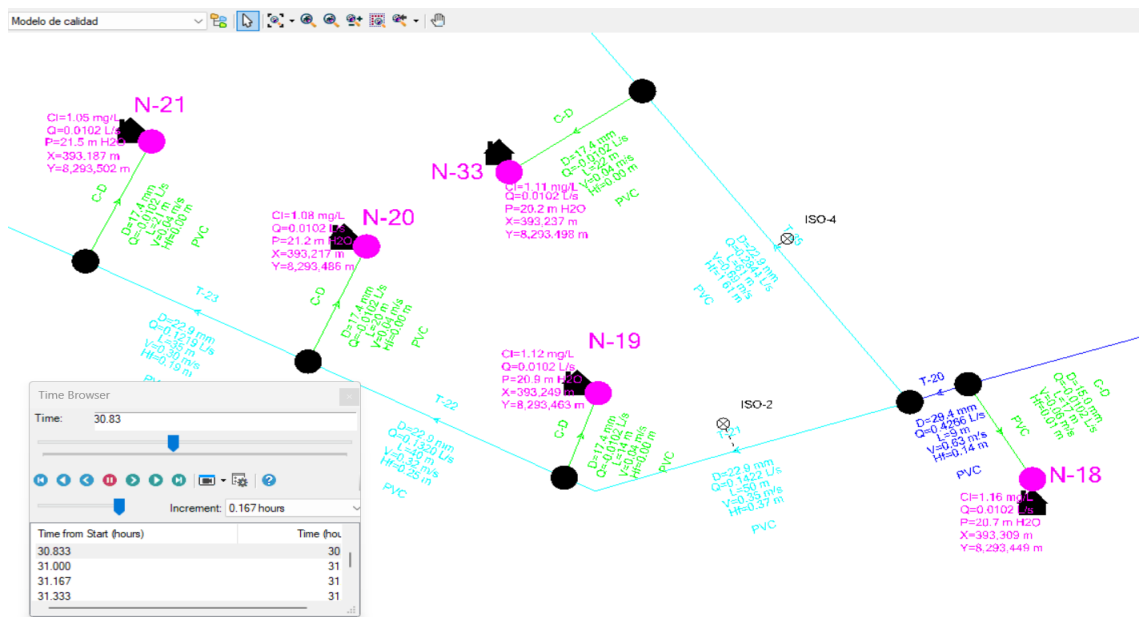
Modelo de calidad – zona cercana



Nota. Gráfico generado y procesado en WaterCAD

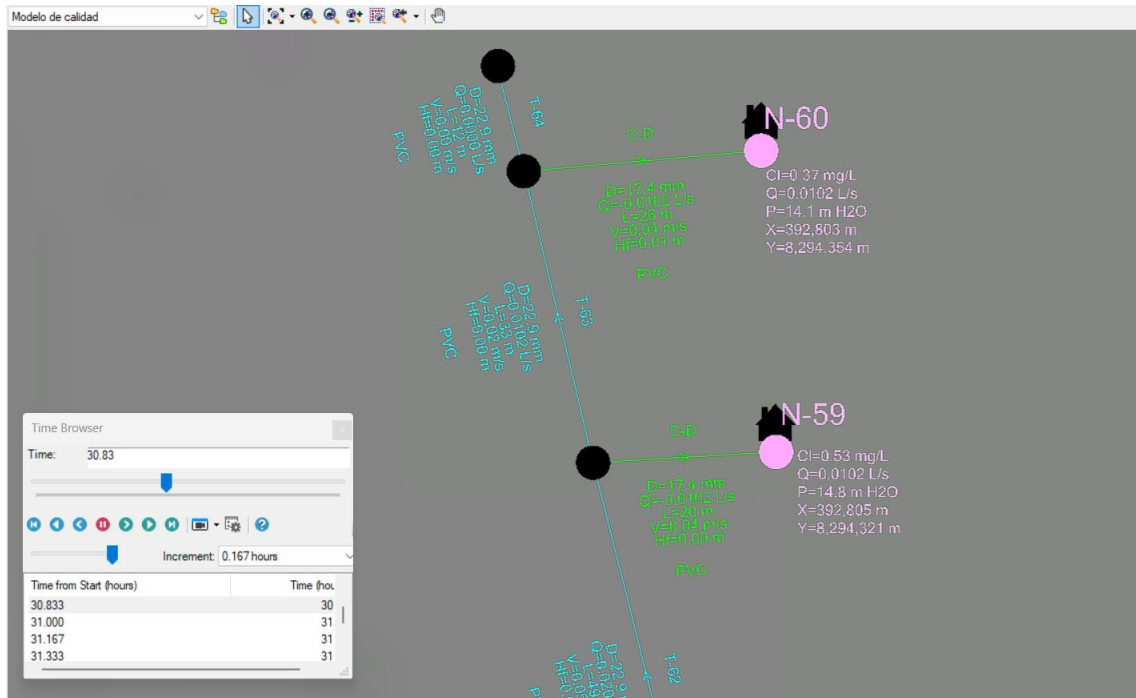
Figura 39

Modelo de calidad – Zona media



Nota. Gráfico generado y procesado en WaterCAD

Figura 40

Modelo de calidad – zona alejada

4.1.4 Resultado de la prueba de hipótesis

a. Prueba regresión lineal múltiple para hipótesis general

Planteamiento de hipótesis

H₀: Los coeficientes de reacción influyen significativamente en el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.

H₁: Los coeficientes de reacción no influyen significativamente en el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.

Los valores de la concentración de cloro residual libre fueron obtenidos de cada nodo correspondiente, definida por los valores del coeficiente de reacción en masa de agua ($K_b = -1.104 \text{ d}^{-1}$), coeficiente de reacción en pared ($K_w = -0.090$

m/día), una concentración inicial de cloro residual libre en el reservorio de 1.00 mg/l y la presión correspondiente a cada nodo. Realizando la simulación en el modelo de calidad de WaterCAD en un horario de bajo consumo establecido a las 05:00 horas se obtuvieron los valores de la concentración de cloro residual libre correspondiente a cada nodo, tal como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23

Valores obtenido de la simulación en el modelo de calidad con 05:00 horas

Nodo	Presión (m.c.a)	Coefficiente de reacción en pared (Kw)	Coefficiente de reacción en masa de agua (Kb)	Concentración de cloro residual libre (mg/l)
49	33.4	-0.95	-0.38	0.03
32	24.8	-0.94	-0.43	0.03
13	28.2	-0.52	-0.20	0.38
50	32.7	-0.95	-0.38	0.03
31	24.8	-0.93	-0.41	0.04
12	28.5	-0.51	-0.21	0.38
48	32.7	-0.95	-0.38	0.03
29	26.0	-0.91	-0.38	0.06
40	30.8	-0.93	-0.38	0.04
11	28.7	-0.48	-0.11	0.46
28	28.9	-0.92	-0.38	0.05
14	28.4	-0.58	-0.31	0.29
30	27.8	-0.94	-0.41	0.04
10	28.9	-0.46	-0.11	0.48
27	28.7	-0.88	-0.37	0.07
9	29.1	-0.43	-0.08	0.52
45	31.4	-0.91	-0.35	0.06
25	27.9	-0.84	-0.35	0.11
5	30.6	-0.3	-0.07	0.66
44	31.2	-0.89	-0.34	0.07
26	27.3	-0.83	-0.35	0.11
1	32.3	-0.14	-0.03	0.83
6	30.5	-0.35	-0.08	0.59
43	31.1	-0.88	-0.34	0.08
23	29.9	-0.81	-0.32	0.12
3	31.1	-0.23	-0.05	0.73
42	30.9	-0.87	-0.34	0.09
24	30.1	-0.8	-0.32	0.13
2	32.1	-0.18	-0.04	0.79
41	30.8	-0.87	-0.33	0.09
22	29.9	-0.79	-0.32	0.14
60	27.8	-0.98	-0.47	0.01
39	29.1	-0.83	-0.32	0.11
21	29.5	-0.68	-0.32	0.22
38	29.0	-0.80	-0.32	0.14
20	29.2	-0.67	-0.31	0.22
7	30.2	-0.37	-0.08	0.57
57	29.9	-0.96	-0.41	0.02
37	28.7	-0.70	-0.32	0.20



19	28.8	-0.65	-0.31	0.24
58	28.8	-0.97	-0.43	0.02
36	28.6	-0.72	-0.32	0.19
18	28.4	-0.62	-0.30	0.26
56	34.6	-0.97	-0.43	0.02
55	31.2	-0.96	-0.40	0.03
34	28.6	-0.67	-0.31	0.22
17	28.6	-0.62	-0.31	0.26
53	31.2	-0.95	-0.40	0.03
4	30.8	-0.28	-0.06	0.68
16	28.6	-0.61	-0.31	0.27
54	34.4	-0.97	-0.43	0.02
46	31.3	-0.92	-0.37	0.05
33	28.6	-0.66	-0.31	0.24
15	28.5	-0.60	-0.31	0.27
59	28.5	-0.97	-0.43	0.02
35	28.7	-0.68	-0.31	0.22
51	33.5	-0.95	-0.38	0.03
8	29.6	-0.40	-0.08	0.55
52	32.7	-0.95	-0.39	0.03
47	31.9	-0.94	-0.37	0.03

Nota. Resultados generados por WaterCAD

Ingresando los datos en el software SPSS la Tabla 24 presenta las variables de entrada empleadas en el análisis de regresión. El método de inclusión o exclusión de las variables independientes (predictoras) en la explicación de la variable dependiente fue de selección por pasos, aplicando un criterio de probabilidad basado en el estadístico F, donde una variable era incluida si su contribución estadística resultaba significativa ($p \leq 0.050$) y era excluida si dejaba de ser significativo ($p \geq 0,100$). Donde las tres variables predictoras, coeficiente de reacción Kw, Kb y la presión demuestran una influencia significativa sobre el decaimiento del cloro residual libre en la red de agua potable, lo cual respalda la hipótesis inicial que plantea la relación de estas variables con la concentración de cloro residual en el sistema.

Tabla 24*Variables entradas/eliminadas*

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Coeficiente de reacción en pared (Kw)	-	Por pasos (Criterios: Probabilidad-de-F-para-entrar $\leq .050$, Probabilidad-de-F-para-eliminar $\geq .100$).
2	Coeficiente de reacción en masa (Kb)	-	Por pasos (Criterios: Probabilidad-de-F-para-entrar $\leq .050$, Probabilidad-de-F-para-eliminar $\geq .100$).
3	Presión (m.c.a)	-	Por pasos (Criterios: Probabilidad-de-F-para-entrar $\leq .050$, Probabilidad-de-F-para-eliminar $\geq .100$).

Nota. Resultados obtenidos de software SPSS

La Tabla 25 manifiesta el análisis de los resultados en SPSS revela que la inclusión progresiva de los coeficientes de reacción en pared (Kw) y en masa de agua (Kb), así como la presión m.c.a, incrementa significativamente la capacidad predictiva del modelo sobre la manifestación de cloro residual libre. Inicialmente, el coeficiente de reacción en pared (Kw) muestra una compensación fuerte con la concentración final de cloro residual, con un valor de R de 0.989 y un error estándar de estimación de 0.03340, indicando un modelo preciso en su predicción. Al agregar el coeficiente de reacción en masa de agua (Kb), la proporción aumenta a 0.993, reflejando una relación aún más *completa*, y el valor de R cuadrado asciende a 0.986, lo que implica que el modelo ahora explica el 98.6% de la variabilidad en la manifestación de cloro libre residual. Este ajuste mejora aún más la precisión al incorporar la presión m.c.a como predictor adicional, la compensación alcanza su punto máximo, con un valor de R de 0.994, y el valor de R cuadrado sube a 0.988, lo que indica que el modelo explica el 98.8% de la variabilidad.

Tabla 25*Resumen de modelo*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	.989 ^a	0.978	0.978	0.0334
2	.993 ^b	0.986	0.986	0.02648
3	.994 ^c	0.988	0.987	0.02552

a. Predictores: (Constante), Coeficiente de reacción en pared

b. Predictores: (Constante), Coeficiente de reacción en pared, Coeficiente de reacción en masa

c. Predictores: (Constante), Coeficiente de reacción en pared, Coeficiente de reacción en masa, Presión m.c.a

Nota. Resultados obtenidos de software de SPSS

El análisis ANOVA presentado en la Tabla 26 examina la significancia de los modelos de regresión, donde el coeficiente de reacción en pared (Kw) tiene la mayor influencia en la concentración de cloro residual libre con una regresión de 2.884, seguido por el coeficiente de reacción en masa de agua (Kb) con una regresión de 2.909, y, en menor grado, la presión m.c.a con una regresión de 2.912. La combinación de estos tres predictores ofrece una mejor explicación para la variabilidad en el decaimiento del cloro en la red de agua potable, con Kw y Kb como los factores más determinantes.

Tabla 26*Análisis ANOVA*

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	2.884	1	2.884	2585.432	<.001 ^b
	Residuo	0.065	58	0.001		
	Total	2.949	59			
2	Regresión	2.909	2	1.454	2074.258	<.001 ^c
	Residuo	0.040	57	0.001		
	Total	2.949	59			
3	Regresión	2.912	3	0.971	1490.573	<.001 ^d
	Residuo	0.036	56	0.001		
	Total	2.949	59			

-
- a. Variable dependiente: Concentración de cloro residual libre
b. Predictores: (Constante), Coeficiente de reacción en pared
c. Predictores: (Constante), Coeficiente de reacción en pared, Coeficiente de reacción en masa
d. Predictores: (Constante), Coeficiente de reacción en pared, Coeficiente de reacción en masa, Presión m.c.a
-

Nota. Resultados obtenidos de software de SPSS

La Tabla 27 manifiesta que el coeficiente de reacción en pared (K_w) destaca con un valor de 0.699, lo que sugiere que, por cada unidad adicional en K_w , la manifestación de cloro libre residual incrementa en 0.699 unidades, con una beta estandarizada de 0.739 y una significancia ($t = 13.841$, $p < 0.001$). Asimismo, el coeficiente de reacción en masa (K_b) también tiene un efecto positivo, aunque menor en comparación con K_w , con un incremento de 0.491 unidades y una significancia estadística ($t = 4.937$, $p < 0.001$), lo cual confirma su rol en el decaimiento del cloro. Finalmente, la presión en agua muestra una influencia menos significativa ($B = 0.004$), pero influyente ($t = 2.317$, $p = 0.024$), indicando que incluso pequeños cambios en la presión pueden contribuir al modelo.

Tabla 27

Coefficientes

Modelo	Coeficientes ^a					95.0% intervalo de confianza para B	
	Coeficientes no estandarizados B	Desv. Error	Coeficientes estandarizados Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1 (Constante)	0.751	0.051		14.677	0.000	0.649	0.854
Coeficiente de reacción en pared	0.699	0.051	0.739	13.841	0.000	0.598	0.801
Coeficiente de reacción en masa	0.491	0.099	0.264	4.937	0.000	0.292	0.690
Presión m.c.a	0.004	0.002	0.037	2.317	0.024	0.001	0.008

Nota. Resultados obtenidos de software de SPSS



Los hallazgos derivados para el análisis estadístico, cumpliendo con los parámetros concretos en las etapas proporcionan evidencia suficiente para aceptar la hipótesis nula. Esta hipótesis propone que los coeficientes de reacción influyen significativamente en el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi. Los resultados específicos refuerzan esta hipótesis, mostrando cómo el coeficiente de reacción en pared (K_w) presenta un impacto considerable en el aumento de la manifestación de cloro residual, mientras que el coeficiente de reacción en masa (K_b) también contribuye de manera positiva, aunque en menor medida. La presión en agua, si bien tiene un efecto menor, aún aporta al modelo

4.2 Discusión de resultados

Según los hallazgos de este estudio sobre el impacto de los coeficientes de reacción en la disminución del cloro residual en las redes de agua potable, se determinó un Coeficiente de reacción de masa de agua (K_b) de -1.104 d^{-1} en condiciones de una temperatura promedio de 15 °C (Nizama Quiñones, 2019) por su parte obtuvo resultados variados del coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) de -1.49 d^{-1} , -1.510 d^{-1} , -1.515 d^{-1} , -1.525 d^{-1} con los cuales pudo determinar que el decaimiento del cloro residual varía de acuerdo a condiciones de calidad del agua, tales como la temperatura, pH y turbiedad. Este resultado concuerda con lo que se halló, ya que se mantiene un valor negativo que indica una reducción del cloro residual libre por efecto del coeficiente de reacción de masa de agua (K_b). Sin embargo, existe una variabilidad en los resultados obtenidos producto de que en la presente investigación se optó por hallar el valor del coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) con pruebas realizadas en laboratorio, evaluando el decaimiento de la manifestación de cloro residual libre



en intervalos de tiempo. Cabe señalar que las zonas de estudio se encuentran en lugares distintos, lo que implica que la calidad de agua es variable, en caso de ambas investigaciones se desconocen los parámetros de calidad correspondientes. Esto genera diferencias en el coeficiente de reacción en masa del agua (K_b) el cual varía según las características propias del fluido de estudio.

En la presente investigación se obtuvo como resultado del coeficiente de reacción en pared (K_w) un valor de -0.090 m/día con una temperatura en promedio de 15 °C, con un tipo de material de tubería de PVC, diámetros de 38 mm en la línea de aducción y $22,9$ mm a $29,4$ mm en la red de distribución, una presión mínima de 8.9 m.c.a con una máxima de 49.7 m.c.a, un caudal de abastecimiento máximo de 0.57 l/s. (Vega Rimac, 2019) por su parte promedio resultados variados del coeficiente de reacción en masa en pared (K_b), obteniendo valores de -0.30 m/día y -0.40 m/día con los cuales pudo determinar que el decaimiento del cloro residual varía de acuerdo a condiciones de hidráulicas del sistema de abastecimiento de agua potable tales como caudal, presión y velocidad. Este resultado concuerda con lo que se halló, ya que se mantiene un valor negativo que indica una reducción del cloro residual libre por efecto del coeficiente de reacción en pared (K_w). Sin embargo, existe una variabilidad significativa en los resultados obtenidos, producto de que la pérdida de manifestación de cloro por contacto en pared de tubería, depende de las condiciones hidráulicas tales como el caudal, presión y velocidad que están en función del tipo de material de tubería, diámetro, longitud, etc. Cabe señalar que las zonas de estudio se encuentran en lugares distintos, lo que implica que las características físicas del abastecimiento de agua potable son variables. Esto



genera diferencias en el coeficiente de reacción en pared (K_w) el cual varía según las condiciones hidráulicas correspondiente.

En el marco de este estudio, se determinó que la disminución de la concentración de cloro residual libre en la red de Distribución de agua potable, esta influido por el coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) que su vez depende de condiciones de calidad del fluido de estudio y el coeficiente de reacción en pared (K_w) que su vez depende de las condiciones hidráulicas del sistema de abastecimiento de agua potable, determinando un coeficiente de decaimiento variable dependiendo de las condiciones mencionadas, en el estudio se determinó que el coeficiente en pared (K_w) es el más influyente en la pérdida de manifestación de cloro residual libre con un valor de -0.090 m/día a diferencia del coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) del que se obtuvo un valor de -1.104 d⁻¹, resultados que se obtuvieron con una temperatura de 15 °C, un tipo de material de tubería de PVC, diámetro de 38 mm con una longitud de 334 m en la línea de aducción, $22,9$ mm en los ramales secundarios y $29,4$ mm en el ramal principal una presión mínima de 8.9 m.c.a con una máxima de 49.7 m.c.a, un caudal de abastecimiento máximo de 0.57 l/s con una velocidad máxima de 0.84 m/s. Con los resultados mencionados y el análisis realizado se evidencio que la presión no influye significativamente en el decaimiento de la manifestación de cloro residual libre al contrario que el caudal, determinando que cuanto más continuo sea el consumo de agua potable menor será el tiempo de retención y menor será la pérdida de concentración de cloro, por el contrario, a menor consumo continuo mayores serán los tiempos de retención del fluido en las tuberías y mayor será la pérdida de manifestación de cloro residual libre. Sin embargo, (Turo Espinal & Huamani Cahuana, 2022) en su investigación, se



obtuvieron valores del coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) y un valor del coeficiente de reacción en pared de 0.79 m/día. Tras analizar los resultados, se determina que el coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) tiene un impacto significativo en la disminución de la concentración de cloro residual libre. Se deduce que los coeficientes de reacción de degradación del cloro son los mismos que los de decaimiento tienen una influencia positiva en el comportamiento del cloro residual en la red de distribución de agua potable. En la presente investigación, se observaron discrepancias en comparación con otros estudios previos. Se identificó que el factor de mayor relevancia es el coeficiente de reacción en pared (K_w), en contraste con las conclusiones de investigaciones anteriores a un coeficiente de reacción en masa (K_b) ya definido y hallado en laboratorio. Cabe señalar que en la zona de estudio de la presente investigación fue rural y se encontraron valores bajos en la manifestación inicial de cloro residual libre en el reservorio de abastecimiento, lo que produciría mayor desarrollo de biofil por falta de cloro en las redes de distribución de agua potable, la cual se desarrollaría con mayor intensidad conforme la distancia sea más lejana, en la presente investigación se zonificó el red de estudio, obteniendo que en la zona alejada es donde menor concentración de cloro residual se encuentra y donde mayores pérdidas de concentración de cloro residual se dan.



CONCLUSIONES

PRIMERA: De acuerdo a los resultados logrados en la determinación del coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) se obtuvo un valor de -1.104 d^{-1} obteniendo un valor negativo que indica una reducción de la concentración de cloro residual libre por efecto del coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) que se dio a una temperatura de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ del cual se estableció que influye significativamente en el decaimiento de la manifestación de cloro residual libre. Sin embargo, el valor obtenido es variable y está en función de las características del fluido y del tipo de desinfectante.

SEGUNDA: Los resultados obtenidos muestran un coeficiente de reacción en pared (K_w) el valor de -0.090 m/día obteniendo un valor negativo que indica una reducción de la manifestación de cloro residual libre por efecto del coeficiente de reacción en pared (K_w) que se dio a una temperatura de $15 \text{ }^\circ\text{C}$, un tipo de material de tubería de PVC, diámetro de 38 mm con una longitud de 334 m en la línea de aducción, 22.9 mm en los ramales secundarios y 29.4 mm en el ramal principal, una presión mínima de 8.9 m.c.a con una máxima de 49.7 m.c.a , un caudal de abastecimiento máximo de 0.57 l/s con una velocidad máxima de m/s en la red de distribución de agua potable, de tal forma se estableció que el coeficiente de reacción en pared (K_w) influye significativamente en el decaimiento de la manifestación de cloro residual libre al contrario de la presión, que siendo condición hidráulica se obtuvo un valor de significancia de 0.024 en la prueba de hipótesis estableciendo que la presión no



influye significativamente en el decaimiento de la manifestación de cloro residual libre.

TERCERA: De acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación del decaimiento de la manifestación de cloro residual libre en el software de WaterCAD donde se obtuvo un decaimiento promedio de 0.22 mg/l por nodo (conexión domiciliar) producto del coeficiente de reacción en masa (K_b) y coeficiente de reacción en pared (K_w), se evidencia que mientras mayor sea el tiempo de retención del fluido dentro de las tuberías, mayor será la pérdida de manifestación de cloro residual libre por efecto del coeficiente de reacción en masa de agua (K_b) y mientras mayor sea la longitud de las tuberías, mayor será la pérdida de manifestación de cloro residual libre por efecto del coeficiente de reacción en pared (K_w). Además, el modelo de calidad y el monitoreo en campo reveló que la manifestación inicial de cloro de 0.9 mg/l en el reservorio de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni no es suficiente para cumplir con lo dispuesto en el D.S. N°031-2010-MINAM, el cual estipula que las muestras recolectadas en cualquier punto de la red de distribución no deben presentar una Concentración inferior a 0,5 mg/l.



RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda a futuros investigadores realizar un análisis físico – químico y microbiológico con un periodo mensual, de tal forma definir la calidad estacionaria de la fuente de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Muni, con la finalidad de relacionar los cambios existentes en el coeficiente de reacción en masa de agua (K_b). Además, realizar un estudio exhaustivo con un numero de muestras considerable a diversas temperaturas para evaluar su comportamiento y su influencia en la manifestacion final del cloro residual libre.

SEGUNDA: Se recomienda a tesistas de interés en el tema que para poder llevar a cabo experimentos para determinar el valor teórico del coeficiente de reacción en pared (K_w) y así verificar su similitud con el valor experimental obtenido. Se sugiere llevar a cabo mediciones de caudal en la salida del depósito de suministro. de agua potable durante un tiempo más prolongado con la finalidad de obtener una curva de variación horaria de tendencia más exacta.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agua, C. N. (2018). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución. México Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución. México.*
- Aguilar Sigüenza, J. M. (2015). *Modelación para evaluar cloro residual en la Red principal del Sistema de Agua potable de Buena Vista, cantón Pasaje, Provincia de El Oro.* Unidad Academica de Ingenieria civil, Ecuador.
- Aguirre Huaquisto, M., & Huaman Aguilar, J. (2020). *Cloración por goteo para mejorar la calidad del agua y la salubridad en Camjata, Puno 2020.* Tesis, Universiad Cesar Vallejo.
- Alcocer Yamanaka, V., & Tzatchkov , V. (2004). *Decaimiento del cloro por reacción con el agua.* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Almanza, H., & Jos, H. (2019). *Calibración de cloro residual en sistemas de distribución de agua potable.* Medellin, Colombia.
- Baños Caballero, D. (2016). *Modelación y simulación de la calidad del agua en la red de abastecimiento municipal de Alcantarilla.* Cartagena.
- Cabrera Chacón, C. F. (2021). *Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado para la Dosificación.* Tesis, Universidad Tecnologica del Perú, Lima.
- Dominguez Asencio, L. F. (2021). *Modelamiento de la calidad de agua potable en la en la red de distribuacion de la parroquia Chandy mediante el uso*



del programa waterCAD. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.

Félez Santafé, M. (2009). *Estado actual del proceso de tratamiento biológico. Descripción de los métodos utilizados y sus principios fundamentales.* Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación.*

Jiménez Terán, J. M. (2017). *Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. México.* Universidad Veracruzana.

Ministerio de salud. (2022). *Guía técnica para la cloración del agua en caso de verificar que el cloro residual libre sea menor a 0.5 ppm.* Lima, Perú.

Moreno Añorve, F., & López, R. (1991). *Determinación de cloro residual.* Instituto Mexicano De Tecnología Del Agua. Obtenido de <https://www.ircwash.org/sites/default/files/245.11-91AD-9089.pdf>

Nizama Quiñones, J. C. (2019). *Determinación de la disminución de cloro mediante la interacción con el volumen de agua en las tuberías del sistema de distribución de agua potable en la localidad de San Miguel de Monterrey, distrito de Independencia, Huaraz, Ancash.* Tesis, Huaraz.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). *Guía para juntas administradoras de agua y saneamiento (JASS) y entidades afines.*

Pérez Chanca, R. E., & Ramos Castellanos, G. (2018). *Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de.* Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.



- Quito Vivanco , A. E. (2020). *Estudio de calidad de agua y modelación hidráulico del sistema de distribución del C7 aplicando WaterCad de la ciudad de Jipijapa*. Universidad Estatal Del Sur De Manabi, Ecuador.
- Ramos Castellanos, G., & Pérez Chanca, R. E. (2018). *Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de*. Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- Reascos Chamorro, B., & Yar Saavedra, B. (2010). *Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón cotacachi y propuesta de medidas correctivas*. Tesis, Universidad Técnica del Norte. Obtenido de Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/>
- Reglamento nacional de edificaciones, (.2.-V. (2006). *OS.20 Plantas de tratamiento de agua para consumo humano*.
- Rodríguez Barradas, E. (2012). *Variabilidad temporal de cloro residual y presencia de Fe, Cu y Mn en una red de distribución de agua potable en ciudad del Carmen, Campeche*. Universidad Autónoma del Carmen, Mexico.
- Rodríguez, S., Sawyer, R., & García, M. (2006). *Abastecimiento comunal por gravedad con tratamiento*.
- Sánchez, L. D., Rodríguez, S., Escobar, J. C., & Torres, P. (2010). *Modelación del cloro residual y subproductos de la desinfección en un sector piloto del sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Cali*. Instituto Cinara, Universidad del Valle.



- Savic, D., Kapelan, Z., & Jonkergouw, P. (2009). *Quo vadis water distribution model calibration?* (T. & Francis, Ed.) Urban Water Journal. doi:10.1080/15730620802613380
- Trifunovic, N. (2006). *Introduction to Urban Water Distribution*. London: Taylor & Francis. doi:<https://doi.org/10.1201/9780203964699>
- Tuero Espinal, D., & Huamani Cahuana, K. M. (2022). *Simulación de cloro residual mediante el software Watercad en la red de distribución de la comunidad campesina de Sacsamarca, distrito de Huancavelica, 2021*. Universidad Continental.
- Tzatchkov, V. G., & Alcocer-Yamanaka, V. H. (2016). Modelación de la variación del consumo de agua.
- Ulloa Flores, S. I., & Inca Luján, H. A. (2018). *Modelamiento y simulación de la concentración de cloro residual en la red de agua del caserío de Pueblo Nuevo - Santiago de Chuco*. Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Vega Rimac, G. (2019). *Evaluación de la reducción de cloro en función del coeficiente de reacción en la pared de la tubería, dentro de las redes de distribución de agua potable en la localidad de San Miguel de Monterrey*. Tesis, Huaraz.
- Vidal, R., Martínez, F., & Ayza, M. (1994). *Aplicaciones de los modelos de calidad en la simulación de las redes de distribución de agua potable*. Ingeniería Del Agua. Obtenido de <https://doi.org/10.4995/ia.1994.2644>



ANEXOS



Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI

Problema	Objetivos	Hipótesis	variables	Metodología	Técnicas e instrumentos
<p>Problema general: ¿Cuánto influyen los coeficientes de reacción de decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi?</p> <p>Problemas específicos: ¿Cuál es la influencia del coeficiente de reacción de masa de agua (Kb) en el decaimiento del cloro residual libre de la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi?</p> <p>¿Cuál es la influencia del coeficiente de reacción en pared (Kw) en el decaimiento de cloro residual libre del centro poblado de Muni, distrito de Pusi?</p> <p>¿Cuál es el decaimiento de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi?</p>	<p>Objetivo general: Analizar la influencia de los coeficientes de reacción de decaimiento del cloro residual libre en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.</p> <p>Objetivo específicos: Determinar el coeficiente de reacción de masa de agua (Kb) y su efecto en el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.</p> <p>Determinar el coeficiente de reacción de pared (Kw) y las condiciones hidráulicas de mayor influencia simuladas mediante WaterCAD en el decaimiento del cloro residual libre de la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.</p> <p>Determinar el decaimiento de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.</p>	<p>Hipótesis general: Los coeficientes de reacción influyen significativamente en el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.</p> <p>Hipótesis específicas: El coeficiente de reacción de masa de agua (Kb) afecta considerablemente el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.</p> <p>El coeficiente de reacción en pared (Kw) y las condiciones hidráulicas de mayor relevancia afecta considerablemente el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.</p> <p>El coeficiente de decaimiento de cloro residual libre influye considerablemente en el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable del centro poblado de Muni, distrito de Pusi.</p>	<p>Variable dependiente: Cloro residual libre</p> <p>Variable independiente: Redes de distribución</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de investigación: Explicativo</p> <p>Diseño de investigación: No experimental – transversal</p> <p>Método de investigación: Método inductivo – deductivo</p>	<p>Técnicas: Observacional</p> <p>Instrumentos: Ficha de registro de cloro residual</p> <p>Colorímetro digital marca Hach</p> <p>Multiparámetro marca Hach</p> <p>WaterCAD</p>

Anexo 2: Validación

VALIDACION DE INSTRUMENTO

VALIDACIÓN DE SOFTWARE DE ANÁLISIS DE SUSTANCIAS CONSERVATIVAS Y NO CONSERVATIVAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN CON WATERCAD

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	FRANK ELVIS PERALTA TICONA

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81–100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					99%
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					97%
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					98%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98%
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					99%
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					98%
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					99%
8. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					96%
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					98%

III. OPINION DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación.....
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación.....

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

98.00%



Erik Rodrigo Quispe Llanos
ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
CIP N° 346089



VALIDACION DE INSTRUMENTO

VALIDACIÓN DE SOFTWARE DE ANÁLISIS DE SUSTANCIAS CONSERVATIVAS Y NO CONSERVATIVAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN CON WATERCAD

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	FRANK ELVIS PERALTA TICONA

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81–100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					98%
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					97%
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					98%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98%
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					99%
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					98%
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					99%
8. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					98%
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					98%

III. OPINION DE APLICATIBILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación.....
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación.....

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

98.11%



Y. P.
 Erika Yesabella Uscamayta Paricela
 INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL
 Reg. CIP. 265742



VALIDACION DE INSTRUMENTO

VALIDACIÓN DE SOFTWARE DE ANÁLISIS DE SUSTANCIAS CONSERVATIVAS Y NO CONSERVATIVAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN CON WATERCAD

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	FRANK ELVIS PERALTA TICONA

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81–100%
10. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					98%
11. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					97%
12. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					98%
13. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					96%
14. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					99%
15. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					98%
16. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					99%
17. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					98%
18. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					98%

III. OPINION DE APLICATIBILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación.....
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación.....

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

97.89%



Maryestefany Fely Heredia Panca
 ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
 CIP: N° 345583



**Anexo 3: RESULTADOS DE ANALISIS
CLORO RESIDUAL SEDA JULIACA**



"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

Pusi, 25 de marzo del 2024.

CARTA N° 01-2024-DCCIA

Señor:

FRANK ELVIS PERALTA TICONA

ASUNTO: AUTORIZACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES EN CAMPO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Presente. -

Tengo a bien dirigirme a usted a fin de saludarlo cordialmente y por medio de la presente autorizo al investigador Bach. en Ingeniería Sanitaria y Ambiental Frank Elvis Peralta Ticona, responsable del Proyecto de tesis titulado: "ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI". Teniendo en cuenta que, el objetivo de esta investigación es analizar la influencia de los coeficientes de reacción en el decaimiento del cloro residual libre en las redes de distribución de agua potable. Para recopilar los datos necesarios y realizar estudios de campo.

Por lo que, la información obtenida será utilizada solo con fines de esta investigación, por lo que permito la recopilación de información y realizar estudios de campo.

Sin otro en particular, hago propicia la oportunidad para expresarle mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PUSI
Ing. Vladimiro Sánchez Aquise
en su Gerencia de SERVICIOS PUBLICOS Y MEDIO AMBIENTE

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PUSI
Ing. Rodrigo Cruz Calapuja
GERENTE MUNICIPAL
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU RE. N° 251615

Abog. ISAC CCACASACA YANA
Secretario General de la MUP
DNI. N° 46294881

ANALISIS DE CLORO RESIDUAL LIBRE PERIODO MARZO

Fecha: 02 - 03 - 2024

Hora: 05:00

Etapa I - Marzo							
N° de muestra	Ubicación			Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura (°C)
	Lugar de toma muestra	Coordenadas UTM - Z 19S					
		E	N				
1	Reservorio de abastecimiento de agua potable del C.P Muni	393968	8293001	06:00	0	1.23	15
				07:00	1	1.20	15
				08:00	2	1.18	15
				09:00	3	1.15	15
				10:00	4	1.12	16
				11:00	5	1.09	15
				12:00	6	1.07	15
				13:00	7	1.04	15
				14:00	8	0.99	15
				15:00	9	0.96	15
				16:00	10	0.92	16
				17:00	11	0.85	15
18:00	12	0.75	15				



Fecha: 21 - 03 - 2024

Hora: 05:00

Etapa II - Marzo							
N° de muestra	Ubicación			Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura (°C)
	Lugar de toma muestra	Coordenadas UTM - Z 19S					
		E	N				
1	Reservorio de abastecimiento de agua potable del C.P Muni	393968	8293001	06:00	0	1.03	16
				07:00	1	1.01	16
				08:00	2	0.97	16
				09:00	3	0.94	16
				10:00	4	0.89	16
				11:00	5	0.85	16
				12:00	6	0.81	16
				13:00	7	0.80	16
				14:00	8	0.79	16
				15:00	9	0.76	16
				16:00	10	0.72	16
				17:00	11	0.69	16
18:00	12	0.63	16				

ANÁLISIS DE CLORO RESIDUAL LIBRE PERIODO ABRIL

Fecha: 02 - 04 - 2024

Hora: 05:00

Etapa I - Abril							
N° de muestra	Ubicación			Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura (°C)
	Lugar de toma muestra	Coordenadas UTM - Z 19S					
		E	N				
1	Reservorio de abastecimiento de agua potable del C.P Muni	393968	8293001	06:00	0	0.71	15
				07:00	1	0.68	15
				08:00	2	0.64	15
				09:00	3	0.61	15
				10:00	4	0.58	15
				11:00	5	0.54	15
				12:00	6	0.49	15
				13:00	7	0.46	15
				14:00	8	0.42	15
				15:00	9	0.37	15
				16:00	10	0.35	15
				17:00	11	0.31	15
18:00	12	0.29	15				



[Handwritten signature]

Fecha: 17 - 04 - 2024

Hora: 05:00

Etapa II - Abril							
N° de muestra	Ubicación			Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura (°C)
	Lugar de toma muestra	Coordenadas UTM - Z 19S					
		E	N				
1	Reservorio de abastecimiento de agua potable del C.P Muni	393968	8293001	06:00	0	1.40	15
				07:00	1	1.37	14
				08:00	2	1.32	14
				09:00	3	1.28	14
				10:00	4	1.25	14
				11:00	5	1.20	14
				12:00	6	1.17	14
				13:00	7	1.15	14
				14:00	8	1.09	14
				15:00	9	0.98	14
				16:00	10	0.89	14
				17:00	11	0.85	14
18:00	12	0.81	14				

ANÁLISIS DE CLORO RESIDUAL LIBRE PERIODO MAYO

Fecha: 02 - 03 - 2024

Hora: 05:00

Etapa I - Mayo							
N° de muestra	Ubicación		Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura (°C)	
	Lugar de toma muestra	Coordenadas UTM - Z 19S					
		E					N
1	Reservorio de abastecimiento de agua potable del C.P Muni	393968	8293001	06:00	0	1.13	14
				07:00	1	1.11	14
				08:00	2	1.08	14
				09:00	3	1.05	14
				10:00	4	0.99	14
				11:00	5	0.96	14
				12:00	6	0.92	15
				13:00	7	0.89	14
				14:00	8	0.85	14
				15:00	9	0.81	14
				16:00	10	0.78	14
				17:00	11	0.75	14
18:00	12	0.72	14				



Fecha: 18 - 05 - 2024

Hora: 05:00

Etapa II - Mayo							
N° de muestra	Ubicación		Hora de análisis	Tiempo (h)	Cloro residual libre (mg/l)	Temperatura (°C)	
	Lugar de toma muestra	Coordenadas UTM - Z 19S					
		E					N
1	Reservorio de abastecimiento de agua potable del C.P Muni	393968	8293001	06:00	0	0.86	14
				07:00	1	0.84	14
				08:00	2	0.81	14
				09:00	3	0.78	14
				10:00	4	0.75	14
				11:00	5	0.71	14
				12:00	6	0.67	15
				13:00	7	0.62	14
				14:00	8	0.58	14
				15:00	9	0.54	14
				16:00	10	0.47	14
				17:00	11	0.45	14
18:00	12	0.41	14				



Anexo 4: LABORATORIO DE CALIBRACIÓN



Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Certificate of Calibration N° CLC-1911-009-23

Cliente: EPS SEDE JULIACA
Customer

Dirección: JR. MARIANO PANDIA NRO. 383
Address

Teléfono: 955970441
Phone Number

Persona de Contacto: Eduardo Rodriguez Llacsá
Contact Person

Objeto: COLORÍMETRO
Item

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.



Escanee este QR y encuentre:
Etiqueta electrónica
Certificados originales en pdf
Histórica de intervenciones
Documentos relevantes, manuales, fotografías

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)

Marca: HACH
Manufacturer

Modelo: POCKET COLORIMETER II
Model

No. de Serie: 16030E295970
Serial Number

Identificación: 16030E295970
Identification

Ubicación del Objeto⁽¹⁾: FISICOQUÍMICO
Item Location

Fecha de Recepción: 2023-12-28
Date of Receipt

Fecha de Calibración: 2023-12-28
Calibration Date

Próxima Fecha de Calibración: -
Due Date

Técnico Responsable: Juan Chacnama
Responsible Technician

In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2024-01-05
Person authorizing / Date of Issue

Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=090623155159, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2024-01-05 11:45:25



Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Certificate of Calibration N° CLC-1911-009-23

Calibración

Calibration

Unidad de Medida:

Unit of Measurement

mg/L Cl₂

Resolución:

Resolution

0,01 ; 0,1 mg/L Cl₂

Intervalo de Medición⁽²⁾:

Measurement Range

(0,00 a 2,00) LR ; (0,1 a 10,0) HR mg/L Cl₂

Lugar de Calibración:

Calibration Site

Laboratorio Control De Calidad

Método de Calibración:

Calibration Method

Comparación Directa Mediante Materiales De Referencia Certificados

Documento de Referencia:

Reference Document

Guía técnica para la Calibración de Espectrofotómetros UV-VIS (CENAM). Rev 0. 2014

Procedimiento de Calibración:

Calibration Procedure

PEC.EL.48

Condiciones Ambientales:

Environmental Conditions

Temperatura del Aire

17,4 °C ± 0,4 °C

Air Temperature

Humedad Relativa del Aire

50,5 %hr ± 0,5 %hr

Air Relative Humidity

Observaciones

Observations

⁽¹⁾ Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.

⁽²⁾ Información tomada de las especificaciones del objeto de calibración (proporcionada por el fabricante).

⁽¹⁾ Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.

⁽²⁾ Information taken from the specifications of the calibration item (provided by the manufacturer).

Declaración de Trazabilidad Metrológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del NIST (National Institute of Standards and Technology - Estados Unidos) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations to a NIST (National Institute of Standards and Technology - United States) or other National Metrology Institutes (INMs).



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Certificate of Calibration N° CLC-1911-009-23

Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom-Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k, que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k, which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%

Materiales de Referencia Utilizados

Reference Materials Used

Identificación <i>IC Number</i>	Nombre <i>Name</i>	Marca <i>Manufacturer</i>	N° Catálogo <i>Catalog Number</i>	No. de Lote <i>Lot Number</i>	Vence Cal. <i>Due Date</i>	N° Certificado <i>N° Certificate</i>
EL.MR.242	DPD-CHLORINE LR SPEC CHECK SECONDARY STANDARDS KIT	HACH	2635300		2024-07-07	CC-3853-007-23
EL.MR.244	DPD-CHLORINE HR SPEC CHECK SECONDARY STANDARDS KIT	HACH	2893300		2024-07-07	CC-3853-008-23
ELP.MRC.063	SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE CLORO RESIDUAL TOTAL (0,100 mg/L)	NSI LAB SOLUTIONS	NO ESPECIFICA	230418	2025-04-30	QCI-183
ELP.MRC.064	SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE CLORO RESIDUAL TOTAL (0,500 mg/L)	NSI LAB SOLUTIONS	NO ESPECIFICA	221006	2024-10-31	221006
ELP.MRC.065	SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE CLORO RESIDUAL TOTAL (1,00 mg/L)	NSI LAB SOLUTIONS	NO ESPECIFICA	220815	2024-08-31	220815
ELP.MRC.066	SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE CLORO RESIDUAL TOTAL (1,50 mg/L)	NSI LAB SOLUTIONS	NO ESPECIFICA	220519	2024-06-30	220519
ELP.MRC.067	SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE CLORO RESIDUAL TOTAL (2,00 mg/L)	NSI LAB SOLUTIONS	NO ESPECIFICA	221103	2024-11-30	221103

Equipamiento Utilizado

Equipment Used



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 05/12/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos:	FRANK ELVIS PERALTA TICONA		
Dirección:	Jr. Vilquechico Mz "B" Lote "5"		
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:	70400958		
Teléfono:	974126055		
email:	elvisperalta@gmail.com		
Nombres y Apellidos:			
Dirección:			
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:			
Teléfono:			
email:			
Facultad y/o Escuela de Posgrado:	INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS		
Escuela Profesional o Mención:	INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL		
Título o Grado Académico a optar:	INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL		
Asesor:	Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA		
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:			
Trabajo de Investigación <input type="checkbox"/>	Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional <input type="checkbox"/>	Trabajo Académico <input type="checkbox"/>
Título:	ANÁLISIS DEL DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL LIBRE MEDIANTE WATERCAD EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE MUNI, DISTRITO DE PUSI		
Palabras claves, (3 a 5 términos):	Agua potable, cloro residual libre, WaterCAD, red de distribución.		
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2} ?	1		

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

05 / 12 / 2024

Fecha