



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO
POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO – 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA

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

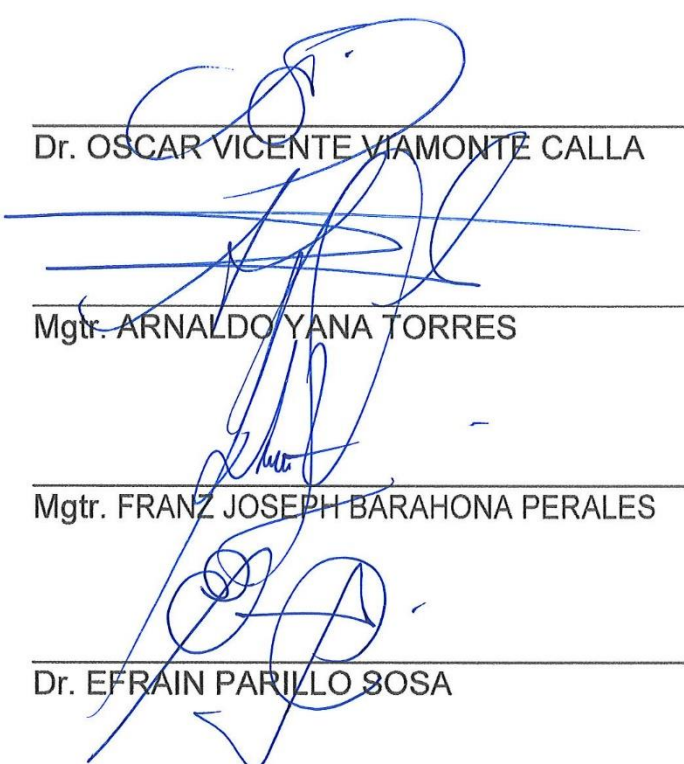
**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO
POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO – 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:	 _____ Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
PRIMER MIEMBRO	:	_____ Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
SEGUNDO MIEMBRO	:	_____ Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
ASESOR DE TESIS	:	_____ Dr. EFRAIN PARIJLO SOSA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	:	SANEAMIENTO AMBIENTAL P-22



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 239-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de junio de 2024

VISTOS:

El INFORME N° 055-2024-D/EPISA/FICP-UANCV del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°173-2024 de fecha 04 de mayo de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023**; y el trámite solicitado por el Bachiller en Ingeniería Sanitaria y Ambiental y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachillér: **MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **Asesor** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 12 de junio de 2024
- * **HORA** : 09:30
- * **LUGAR** : Aula 306 - pabellón de hidráulica

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

Cc Arch 2024
Interesado
Escuela Profesional



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531



RESOLUCIÓN DECANAL N° 173-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 04 de mayo de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 075-2024-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **INFORME N° 007-2024-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 422-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **16 de junio de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **18 de abril de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 131-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.**

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,

cc.
archivo 2024
interesado (a)



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
C.I.P. 47790



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

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
C.I.P. 95531



RESOLUCIÓN DECANAL N° 422-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de junio 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 203-2023-D-UI-FICP-UANCV**, del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 030-2023-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 005-2023-UANCV-FICP-UI-CI-EPISA** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **12 de junio de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.**

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.

cc. archivo 2023 interesado (a)



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

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531



EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.upecen.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%




Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO – 2023	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70290097
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-7318-5680
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Oscar Vicente Viamonte Calla
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Franz Joseph Barahona Perales
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876



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: Moho Distrito: Moho Centro poblado: Jacha Jaa Coordenadas: Latitud: 15°17'42"S Longitud: 69°37'10"O</p> <p>URL Maps: https://maps.app.goo.gl/iHEUhcH6jQU98eUP9</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2023 – Junio 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dr. Brian Osillo Posa
DIRECTOR





DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA, identificado con DNI Nro. 70290097, 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:

“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, MOHO - 2023”

Asesorado por: DR. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

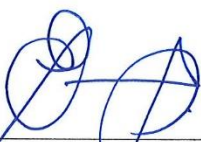
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, 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 30 de JULIO del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante


Huella



DEDICATORIA

A Dios por darme salud, sabiduría, por ser mi guía en cada paso logrado y darme la fortaleza para enfrentar las adversidades de la vida.

A mis padres y hermanos porque ellos son lo más preciado de la vida que tengo y que en todo momento me brindaron su apoyo incondicional, quienes me inculcaron los valores, por sus sabios consejos para alcanzar mis metas y sueños.



AGRADECIMIENTO

A Dios y al universo por haber conspirado para mantenerme firme, por ser mi guía para no decaer durante mi desarrollo profesional.

A mi familia quienes me apoyaron incondicionalmente, con sus consejos durante mi formación académica para así alcanzar mis metas propuestas.

Agradecer también a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez por darme la oportunidad de ser parte de ella, para ser un profesional.

Mi gratitud a todas las personas que contribuyeron con esta investigación y me brindaron sus consejos y asistencia que me permitió terminar este estudio satisfactoriamente.



ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática	1
1.2. Formulación del planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Justificación del estudio	3
1.3.1. Relevancia social	3
1.3.2. Implicancia práctica	3
1.3.3. Utilidad metodológica	3
1.3.4. Económica	4
1.4. Objetivos de la investigación	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis	4
1.5.1. Hipótesis general	4
1.5.2. Hipótesis específicas	5
1.6. Variables de investigación	5
1.6.1. Coeficiente de rugosidad:	5
1.6.2. Comportamiento hidráulico de sistema de distribución:	5
1.6.3. Operacionalización de variables	6



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

- 2.1. Antecedentes de la investigación 7
 - 2.1.1. Internacionales 7
 - 2.1.2. Nacionales 8
- 2.2. Marco teórico inicial..... 10
 - 2.2.1. Agua Potable 10
 - 2.2.2. Sistema de abastecimiento de agua 11
 - 2.2.3. Redes de abastecimiento de agua 13
 - 2.2.4. Sistema de distribución 15
 - 2.2.5. Norma OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano 20
 - 2.2.6. Comportamiento hidráulico 23
 - 2.2.7. Coeficiente de rugosidad de la tubería 26
 - 2.2.8. Calibración de una red de distribución 29
 - 2.2.9. Análisis hidráulico con WaterGems 33
- 2.3. Marco conceptual 35

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Diseño de investigación 36
- 3.2. Tipo de investigación..... 36
- 3.3. Método de investigación..... 37
- 3.4. Población y muestra 38
- 3.5. Técnicas e instrumentos 39
- 3.6. Diseño de contrastación de hipótesis 40
- 3.7. Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable 41
 - 3.7.1. Población 41
 - 3.7.2. Diagnóstico del sistema de abastecimiento..... 41
 - 3.7.3. Encuesta 44
 - 3.7.4. Análisis de encuesta 56
 - 3.7.5. Diagrama de flujo 59
- 3.8. Desarrollo de la investigación..... 60



3.8.1. Levantamiento topográfico del sistema de distribución 60

3.8.2. Pérdidas de agua (fugas) in situ..... 61

3.8.3. Toma de datos de recolección..... 61

3.8.4. Modelo hidráulico 62

3.8.5. Calibración del coeficiente de rugosidad 69

3.8.6. Sistema optimizado en cumplimiento con la normativa de presión en nodos
mediante Darwin Designer 77

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS 81

4.1.1. Resultados de calibración del coeficiente de rugosidad de la tubería de la red
de distribución 81

4.1.2. Vinculación de carga hidráulica evaluada in situ y calibrada 82

4.1.3. Comparativa de cargas 84

4.1.4. Comparativa de presiones in situ 86

4.1.5. Validación de presiones 87

4.1.6. Presiones mínimas y máximas en red normada..... 88

4.1.7. Parámetros de presión en la red 89

4.2. DISCUSIÓN 90

CONCLUSIONES..... 91

RECOMENDACIONES 92

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 93

ANEXOS 96

ANEXO 01 Matriz de consistencia..... 97

ANEXO 02 Panel fotográfico 99

ANEXO 03 Calculo hidráulico del sistema de agua potable existente 108

ANEXO 04 Calculo de Tasa de crecimiento 110

ANEXO 05 Calculo de caudales de aforo en captación existente 112



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistemas de abastecimiento de agua potable convencionales	12
Figura 2 Sistema por gravedad sin tratamiento	13
Figura 3 Sistema de abastecimiento de agua	15
Figura 4 Sistema de redes ramificadas o abiertas	16
Figura 5 Sistema de redes cerradas	17
Figura 6 Técnicas de calibración hidráulica en redes.	33
Figura 7 Ubicación de la población	38
Figura 8 Modelo de encuesta sobre el diagnostico de sistema de agua potable.	45
Figura 9 Distribución de frecuencias de Género de los encuestados.	46
Figura 10 Distribución de frecuencia de edades de los encuestados	46
Figura 11 Distribución de frecuencias de los encuestados	47
Figura 12 Distribución de frecuencias de personas	48
Figura 13 Pregunta 5	48
Figura 14 Pregunta 6	49
Figura 15 Pregunta 7	50
Figura 16 Pregunta 8	50
Figura 17 Pregunta 9	51
Figura 18 Pregunta 10	52
Figura 19 Pregunta 11	52
Figura 20 Pregunta 12	53
Figura 21 Pregunta 13	54
Figura 22 Pregunta 14	55
Figura 23 Pregunta 15	55
Figura 24 Diagrama de flujo.....	59
Figura 25 Plano topográfico del área en estudio.....	60
Figura 26 Red de distribución de agua potable existente	61



Figura 27 Tuberías de red de distribución de agua potable existente	63
Figura 28 Curvas de nivel del área en estudio.....	64
Figura 29 Ventana para la creación de proyecto nuevo.....	64
Figura 30 Colocado de nombre del proyecto a bosquejar.....	65
Figura 31 Configuraciones de unidades, modo y escala de dibujo.....	65
Figura 32 Determinación del fluido y las pérdidas de carga.....	66
Figura 33 Definición de prototipos (tubería existente).....	66
Figura 34 Determinación del material y diámetro de las tuberías	67
Figura 35 Ventana del comando herramientas.....	67
Figura 36 Red de distribución de agua potabilizada en el software WaterGEMS	68
Figura 37 Ventana del comando Centro de demandas.....	68
Figura 38 Asignación de demanda de agua en nodos	69
Figura 39 Colocación de caudal unitario.....	69
Figura 40 Herramienta Darwin Calibrator del Software WaterGEMS	70
Figura 41 Calibración nueva de trabajo renombrada	71
Figura 42 Creación de Data en Calibración de red de distribución	71
Figura 43 Ubicación de puntos de presión In Situ.....	72
Figura 44 Configuración de puntos de presión tomados In Situ.....	72
Figura 45 Creación de nuevo coeficiente de rugosidad.....	73
Figura 46 Elección de material	73
Figura 47 Agrupamiento de tuberías.....	74
Figura 48 Ajustes de parámetros de calibración.....	74
Figura 49 Ejecución de la calibración en el programa WaterGEMS.....	75
Figura 50 Nueva calibración optimizada de coeficiente de rugosidad de la red.....	75
Figura 51 Indicadores de calibración de coeficiente de rugosidad.....	76
Figura 52 Calibración optimizada y presiones calibradas de la red.....	76
Figura 53 Calibración ultima del coeficiente de rugosidad.....	77
Figura 54 Herramienta Darwin Designer del software WaterGEMS.....	77



Figura 55 Creación de evento nuevo	78
Figura 56 Selección de nodos del sistema de distribución.....	78
Figura 57 Ingreso de parámetros estandarizados.....	79
Figura 58 Designación de diámetros comerciales de tuberías para el sistema.....	79
Figura 59 Elección de diámetros comerciales	80
Figura 60 Acreditación y verificación de datos establecidos en la normativa.....	80
Figura 61 Comparación de rugosidad simulada, original respecto al diámetro	81
Figura 62 Comparativa de cargas hidráulicas de datos medidos y calibrados.....	83
Figura 63 Comparativa de cargas hidráulicas reducidas a 12 muestras.....	84
Figura 64 Comparativa de cargas hidráulicas evaluadas y modeladas.	85
Figura 65 Comparativa de cargas hidráulicas.....	87



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de operacionalización de variables.	6
Tabla 2 Clase de tuberías PVC y presiones máximas de trabajo.	19
Tabla 3 Caudales de diseño según alternativa y región.	21
Tabla 4 Dotación de agua para institutos.	21
Tabla 5 Comparativa de ecuaciones de fricción.	27
Tabla 6 Valores de coeficiente C de Hazen-Williams.	27
Tabla 7 Factor de rugosidad de Manning.	28
Tabla 8 Dotación de agua según usanza.	41
Tabla 9 Caudal máximo diario.	42
Tabla 10 Caudal máximo horario.	42
Tabla 11 Caudal unitario.	43
Tabla 12 Género de los encuestados.	45
Tabla 13 Edad de los encuestados.	46
Tabla 14 Ocupación de los encuestados.	47
Tabla 15 Cantidad de habitantes en el hogar.	47
Tabla 16 Tipo de captación de agua.	48
Tabla 17 Pregunta 6.	49
Tabla 18 Pregunta 7.	49
Tabla 19 Pregunta 8.	50
Tabla 20 Pregunta 9.	51
Tabla 21 Pregunta 10.	51
Tabla 22 Pregunta 11.	52
Tabla 23 Pregunta 12.	53
Tabla 24 Pregunta 13.	54
Tabla 25 Pregunta 14.	54
Tabla 26 Pregunta 15.	55



Tabla 27 Resumen de problemas encontrados	56
Tabla 28 Resumen de causa raíz y soluciones	58
Tabla 29 Presiones medidas en campo	62
Tabla 30 Resultados de calibración de coeficiente de rugosidad.	81
Tabla 31 Comparativa de cargas hidráulicas de las 16 muestras medidas.	82
Tabla 32 Comparativa de cargas hidráulicas reducidas a 12 muestras.....	83
Tabla 33 Comparativa de cargas hidráulicas evaluadas y modeladas.	85
Tabla 34 Comparativa de presiones en campo.	86
Tabla 35 Comparativa de cargas hidráulicas calibradas.	87
Tabla 36 Presiones mínimas	88
Tabla 37 Presiones máximas	89



RESUMEN

La presente indagación, permitió la evaluación de la influencia del coeficiente de rugosidad en el comportamiento hidráulico de las redes de distribución de agua potable de manera que se pueda resolver la problemática que existe, donde se efectuó el modelamiento hidráulico del sistema de distribución mediante el programa WaterGEMS, a fin de conocer los puntos o zonas donde presentan un inadecuado abastecimiento de agua y presiones continuas en el centro poblado Jacha Jaa. Teniendo como objetivo las variabilidades de pérdidas de carga, presión, caudal y velocidad del flujo de agua.

La metodología que se aplicó fue diseño no experimental dado que no se operarán las variables de estudio, a su vez, es transversal y según su tipo es descriptiva porque se analizará una realidad a profundidad; además, según su enfoque es cuantitativo.

Las herramientas e instrumentos que se usaron fue la observación presente, análisis documental y la encuesta para determinar la problemática existente de las redes de distribución, además, se utilizó el software waterGeMS para la modelación de las redes de distribución.

Finalmente, se concluyó que el valor del factor de rugosidad influye en el comportamiento hidráulico de redes de agua potable, teniendo un valor de 120 de coeficiente de rugosidad, gracias a ello la pérdida de presión o carga varía considerablemente.

Palabras clave: Coeficiente de rugosidad, comportamiento hidráulico, agua potable, waterGEMS.



ABSTRACT

The present investigation allowed the evaluation of the influence of the roughness coefficient on the hydraulic behavior of the drinking water distribution networks so that the existing problem can be resolved, where the hydraulic modeling of the distribution system was carried out using the program WaterGEMS, in order to know the points or areas where there is an inadequate water supply and continuous pressures in the Jacha Jaa town center. Taking as objective the variabilities of head losses, pressure, flow rate and speed of water flow.

The methodology that was applied was a non-experimental design since the study variables will not be operated on, in turn, it is transversal and according to its type it is descriptive because a reality will be analyzed in depth; Furthermore, according to its approach it is quantitative.

The tools and instruments that were used were present observation, documentary analysis and the survey to determine the existing problems of the distribution networks. In addition, the waterGeMS software was used to model the distribution networks.

Finally, it was concluded that the value of the roughness factor influences the hydraulic behavior of drinking water networks, having a roughness coefficient value of 120, thanks to which the loss of pressure or load varies considerably.

Keywords: Roughness coefficient, hydraulic behavior, drinking water, waterGEMS.



INTRODUCCIÓN

La presente indagación comprende los siguientes objetivos:

Capítulo 1: comprende planteamiento del problema, conformada por la descripción del problema, los objetivos de investigación.

Capítulo 2: comprende marco de referencia, conformada por antecedentes, marco conceptual y marco teórico en la que se desarrolló teóricamente las variables de investigación con sus dimensiones e indicadores.

Capítulo 3: comprende el procedimiento de la metodología que se empleó en esta investigación, compuesta por diseño, tipo y método de investigación, inclusive la población, técnicas e instrumentos de estudio, así como el diagnóstico, donde se detallan y evalúan la situación existente del sistema de abastecimiento de agua y se efectuaron encuestas, el desarrollo, donde se puntualiza todo el método para adquirir datos como el levantamiento topográfico, medición de presiones in situ, modelo hidráulico del sistema actual de agua potable, calibración del coeficiente de rugosidad y sistema optimizado en relación a la normativa vigente.

Capítulo 4: comprende los resultados, en la que se observan las soluciones de la calibración del factor de rugosidad, relación de carga hidráulica, comparación de cargas in situ y simulado, validación de presiones tomadas en campo. Así como también presiones mínimas y máximas según norma y una propuesta de presiones máximas y mínimas que garanticen el cumplimiento de la norma OS.050.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática

El suministro de agua potable se encamina a transportar este recurso a los hogares de la población, en determinadas condiciones básicas y suficientes para una mejor prestación de servicio (calidad, cantidad y consumo de agua). A nivel nacional, en el periodo 2019 el suministro de agua abarca solo el 90,6% de hogares, tanto en zonas urbanas y rurales donde presentan mayores y menores coberturas de servicio de agua potable dado que existe el inadecuado servicio de dotación de agua para dispendio humano en calidad y cantidad (Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, 2020). Sin embargo, cuando se tienen bajas presiones y continuidad ocasionan el desabastecimiento de agua potable (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS, 2021).

Por otro lado, para diseñar las redes de agua potable se emplean los lineamientos que están estipuladas en la norma OS.050 del reglamento nacional de Edificaciones; sin embargo, no se efectúan estudios previos a diseñar, originando una incerteza a la autenticidad del comportamiento hidráulico en la red de agua potable, afectando a las presiones que llegan a los puntos más alejadas del sistema de abastecimiento de agua. En cambio, para Alegret y Martínez (2019) el valor de factor de rugosidad considerado en el diseño de tuberías de agua (distribución, conducción, etc.) al paso del tiempo presenta erosiones en el interior de la tubería debido a la presión que se incrementa, conllevando a



la pérdida de carga. Por lo general, estos factores presentan cambios en la modelación de redes conllevando a la pérdida de presión, energía, caudal y velocidad del flujo.

Sin embargo, en el centro poblado de Jacha Jaa, la problemática que afecta a la distribución de agua potable es la baja presión, caudal y velocidad que llegan a sectores alejados, ya que tiene un total de 240 viviendas con cobertura de abastecimiento de agua, asimismo, en épocas de estiaje es muy significativa, lo cual conlleva a un desabastecimiento de agua debido a que en muchas ocasiones el agua no llega de forma óptima incluso hay escases de agua, por lo tanto se ven afectados los usuarios de estos sectores y se ven obligados a consumir agua de manantiales existentes, almacenándolo en depósitos como baldes, bidones arriesgando las condiciones adecuadas de salubridad. También, mencionar que en ocasiones se tiene pérdidas de agua durante el trayecto debido a las fisuras y roturas que presentan las tuberías desgastadas, esto aunado con el tiempo de vida útil y resiliencia. El sistema de distribución de agua potabilizada de la mencionada localidad, se abastece de un reservorio, siendo distribuida por 24 horas a toda la población usuaria.

1.2. Formulación del planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo se evaluará la influencia del coeficiente de rugosidad en el comportamiento hidráulico del sistema de distribución de agua potable en el Centro Poblado de Jacha Jaa, Moho?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuánto será la variabilidad de la pérdida de carga en las redes de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaa, Moho?
2. ¿Cuánto será la varianza de la presión en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa, Moho?



3. ¿Cuánto será la variación del caudal y velocidad del flujo en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa, Moho?

1.3. Justificación del estudio

1.3.1. Relevancia social

La presente indagación beneficiará a los beneficiarios del sistema de abastecimiento del Centro poblado de Jacha Jaa – Moho debido a que evaluando la influencia del coeficiente de rugosidad en el comportamiento hidráulico se realizará una comparativa para tener un diseño óptimo del sistema de abastecimiento que permita una mejor gestión del agua y a su vez, optimice la condición de vida de las personas de la mencionada comunidad.

1.3.2. Implicancia práctica

La presente indagación aportará a nivel académico dado que los proyectistas del área de saneamiento e instalaciones sanitarias emplean un coeficiente de rugosidad establecido sin estudiar el comportamiento hidráulico de las tuberías, lo que conlleva a un deficiente diseño de las redes de distribución, por lo tanto, esta investigación pretende determinar la incidencia del coeficiente de rugosidad en la funcionalidad hidráulica para aportar en la generación de un valor de rugosidad calibrado que permita un diseño de óptimo del sistema de distribución de agua potable.

1.3.3. Utilidad metodológica

Se utilizará la Norma Técnica OS 050 debido a que a través de sus lineamientos permitirá evaluar el nivel de cumplimiento del sistema de abastecimiento comparándolo con los parámetros estandarizados en dicha normativa, respecto a la velocidad y la presión de diseño; a su vez, se empleará el software WaterGems porque permitirá observar el comportamiento hidráulico del sistema de abastecimiento del centro poblado de Jacha Jaa – Moho, para evaluar la incidencia del coeficiente de rugosidad en el funcionamiento del sistema y a partir de esto, generar un óptimo sistema de distribución.



1.3.4. Económica

La presente indagación pretender aportar en el ámbito económico debido a que al efectuar un óptimo diseño del sistema de distribución de agua potable se reducirán los costes sobre la ejecución de los proyectos de saneamiento de agua potabilizada en vista de que al obtener un coeficiente de rugosidad calibrado se cumplirá con los lineamientos establecidos por la norma evitando mantenimientos que generan gastos innecesarios.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. *Objetivo general*

Evaluar la influencia del coeficiente de rugosidad en el comportamiento hidráulico del sistema de distribución de agua potable en el Centro Poblado de Jacha Jaa, Moho-2023.

1.4.2. **Objetivos específicos**

1. Determinar la variabilidad de la pérdida de carga en las redes de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaa, Moho - 2023.
2. Identificar la varianza de la presión en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa, Moho - 2023.
3. Estimar la variación del caudal y velocidad en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa, Moho - 2023.

1.5. Hipótesis

1.5.1. **Hipótesis general**

Dado que el sistema de distribución de agua potable del Centro Poblado de Jacha Jaa - Moho tiene una antigüedad mayor a 20 años es probable que el coeficiente de rugosidad influya negativamente su comportamiento hidráulico.



1.5.2. Hipótesis específicas

1. La pérdida de carga en las redes de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaa – Moho, presenta una gran varianza ya que este tiene perdidas reales y aparentes.
2. La presión en las redes de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaa – Moho, será variable puesto que cuenta con diferentes diámetros e infringen la normativa vigente.
3. El caudal y velocidad en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa – Moho, tienden a ser variables respecto al diámetro y longitud de la tubería, por lo tanto, es probable que no cumpla con la normativa.

1.6. Variables de investigación

1.6.1. Coeficiente de rugosidad:

Es el grado de resistencia de un fluido en un conducto o canal, y este valor del coeficiente también logra manifestar la disipación de energía resultante de flujos inestables, transporte de materiales suspendidos y la turbulencia extrema (Araya, et al., 2018). Asimismo, es un factor usado en las ecuaciones de Darcy-Weisbach, Hazen-Williams, Manning y otras. Por lo tanto, evidencia la efectividad de la rugosidad del material adyacente en la disipación de energía del agua.

1.6.2. Comportamiento hidráulico de sistema de distribución:

Definido como el transporte de un fluido a través de la tubería de un lugar a otro, donde el nodo es la sección transversal o punto que extrae o conecta el fluido con otra. Para el análisis de la funcionalidad hidráulica de la sistema de distribución previo conocimiento de coeficientes de fricción, diámetros y longitudes, es necesario estimar las presiones puntualizadas y caudales que discurren dentro de las tuberías (Comisión Nacional del Agua CONAGUA, 2016). Por otra parte, Saldarriaga (2007) refiere que la



problemática mas trascendental para la conservacion y operación de redes de distribucion, es la calibracion de su comportamiento hidraulico.

1.6.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Coeficiente de rugosidad V. Independiente	Grado de resistencia	Variación del coeficiente
	Ecuación	Hazen Williams (adimensional)
		Manning (adimensional)
Comportamiento hidráulico del sistema de distribución de agua potable V. Dependiente	Presión	Conexión de viviendas (mca)
	Velocidad	Mínima (m/seg)
		Máxima (m/seg)
	Caudal	Cantidad (m3/seg)
	Perdida de energía	Localizadas (m)
		Aparentes (m)
	Normativa	Norma OS.050
Software	WaterGems	

Nota. Variables de investigación. Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Mora y Ávila (2019) en su trabajo de indagación "Afectación del coeficiente de rugosidad para la ecuación de Manning con la antigüedad de tuberías de diferentes materiales". En el estudio su objetivo principal fue la determinación del factor de rugosidad de Manning en función del tiempo para tuberías de diferentes materiales (piedra y PVC) aplicado a un sistema de drenaje combinada de la ciudad de Bogotá; al desarrollar este estudio se aplicaron instrumentos y conocimientos adquiridos concerniente a la hidráulica en la que se efectuaron una síntesis del factor de rugosidad de 4 tuberías, realizándose mediciones de forma periódica obteniendo datos de diámetro, pendiente y la altura de flujo laminar de agua y caudal. Concluyendo que dicho factor de rugosidad incide en la variación de diseño, la disipación de carga y el comportamiento del fluido en redes de tubos. Por lo que, esta investigación resulta ser significativa debido a que analiza una de las variables que se va investigar en este estudio, el coeficiente de rugosidad.

Jaramillo (2022) en su indagación "Simulación del comportamiento de la red de distribución de agua potable del sector Cruz Verde 4B1 Sur, mediante un modelo hidráulico para analizar la operatividad vulnerable del sistema", en el estudio su finalidad fue instaurar un modelo para la simulación hidráulica de redes distribuidas de agua potabilizada de la ciudad de Cuenca; donde se inició con el desarrollo de esta investigación según la



información obtenida in situ y empresa prestadora aplicando instrumentos como el software WaterGems para la validación y calibración a las variables en estudio, donde se analizó y realizó la caracterización de la condición de la red que distribuye, deduciéndose que el comportamiento de las redes distribuidas busca revelar el escenario actual, esto le permitió constituir una distribución óptima de agua potable para grupos de usuarios. Por lo tanto, este estudio es trascendental debido a que estima una de las variables que se va investigar en esta indagación, el comportamiento del fluido en el interior de las redes de distribución.

Martínez (2022) en su informe de indagación "Análisis del comportamiento hidráulico del sistema de distribución de agua potable de la colonia Piedra Lisa, Morelia – Michoacán". En el estudio su objetivo fue efectuar el modelación de la red de distribución con suministro intermitente en la ciudad de Morelia; donde se emplearon instrumentos como el programa Epanet, para la simulación que depende de la demanda, siendo aplicada a las redes de distribución de la mencionada colonia, concluyendo que el comportamiento hidráulico revelan la cuantía de la presión, caudal y demanda de agua real que pueda existir en un sistema de distribución de agua basado en distintos contextos y son dependientes de la topografía del terreno para beneficiar a los usuarios, ya sea de manera uniforme o desigual. Por lo tanto, esta investigación es importante debido a que estima una de las variables que se va investigar en este trabajo, siendo el comportamiento hidráulico.

2.1.2. Nacionales

Briceño y Infantes (2019) en su informe de grado "Influencia del coeficiente de rugosidad en la pérdida de presión de la red de distribución de agua potable en el Caserío De Sanjapampa-Huamachuco". En este estudio su objetivo fue la evaluación del efecto del coeficiente de rugosidad sobre disipación de presión en redes de distribución de agua potable, ubicada en la provincia de Sánchez Carrión, región La Libertad. Inicio con el diagnóstico del estado actual y la aplicación del factor de rugosidad en proyectos para su bosquejo de redes de agua potabilizada, donde se emplearon instrumentos como programa Watercad para el modelado hidráulico del comportamiento real de la presión y



diagnosticar el factor de rugosidad del sistema de distribución de agua, y el empleo de conocimientos adquiridos, concluyendo que el efecto del factor de rugosidad en la disipación de presión representa un 5% de desgaste y variación de presiones con el transcurso del tiempo en su funcionalidad de la red de distribución. Por lo tanto, este estudio es trascendental porque evalúa una de las variables investigadas en este trabajo, el coeficiente de rugosidad, y el lugar donde se evaluaría la variable igualmente es una comunidad.

Vera (2018) en su estudio "Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable, a través métodos computacionales convencionales en el Distrito de Chupaca. En esta indagación su propósito fue examinar la presión de carga y la velocidad de fluido de las redes de distribución de agua potabilizada, situada en la provincia de Chupaca de la zona andina; en la cual se aplicó tres softwares distintos (Waterdad, WatDis y Epanet) para la modelación hidráulica de la variable de estudio, la cual se aplicó en las redes que dotan de agua potable a fin de demostrar la funcionalidad del sistema comparándolo con las disposiciones vigentes, concluyendo que el comportamiento hidráulico mediante estos métodos presento una variación de 0.53% entre Watdis y WaterCAD, mientras que entre Epanet y WaterCAD tuvo 3.93% de varianza. Por lo que, este estudio será muy importante porque evalúa el comportamiento hidráulico, siendo una de las variables que se pretende investigar en este estudio, y el lugar donde se realizará es similar.

Gavilánez (2019) en su indagación "Incidencia de la presión sobre el coeficiente de rugosidad C de Hazen – Williams, Tecnología y ciencias del agua, Guayaquil-Ecuador". En la investigación su objetivo fue estimar el efecto de la presión sobre el factor de fricción mediante la ecuación de Hazen Williams en el campus de la ciudad universitaria Agraria de Ecuador; en la que emplearon dos manómetros de glicerina utilizado para medir la variable en estudio, la cual fue aplicada para medir la disipación de carga con diferentes presiones en ductos de PVC. Concluyendo que el coeficiente de rugosidad es afectado por el incremento de presiones, por otra parte, es necesario que se emplee un coeficiente de



150 cuando se pretenda obtener una carga mayor a 30 m para el diseño de las tuberías. Por lo que esta investigación es trascendental porque evalúa la variable de coeficiente de rugosidad, siendo una de las variables que se va investigar en este estudio.

2.2. Marco teórico inicial

2.2.1. Agua Potable

Según la Organización Mundial de la Salud OMS (2020), el sistema de distribución tiene que asegurar de que el líquido (agua) sea accesible y segura para el consumo humano de tal manera las personas no tengan que viajar más de un kilómetro para llegar al lugar donde usarán el agua. El costo de distribuir agua a los hogares de las personas o a la comunidad es un costo que afecta a todos.

Es el que satisface los requisitos físicos, químicos y microbiológicos de una manera que no muestra riesgos para la salud humana. Los requisitos para el agua potable.

2.2.1.1. Características

Según Orellana (2005) el agua integra una variedad de componentes químicos y biológicos que están suspendidas o disueltas en ella; el agua comienza a disolver los químicos en su entorno tan pronto como se condensa en lluvia, y continúa haciéndolo cuando se infiltra al suelo y corre sobre su superficie, también están presentes en el flujo los seres vivos que interactúan con sus componentes químicos y físicos.

Por estas razones, explica el autor Orellana, que generalmente necesita ser tratado para que sea apto para su uso como recurso para la población; algunos procesos industriales pueden verse perjudicados por el agua que presenta productos químicos específicos u organismos microscópicos, mientras que otros pueden beneficiarse enormemente de ella. El agua es inapta para dispendio humano dado que puede propagar microorganismos causantes de enfermedades; el contenido de bicarbonato de calcio en las aguas subterráneas de las regiones de piedra caliza puede ser alto, lo que las vuelve duras y requiere ablandamiento antes de su uso.



Los requisitos de calidad del agua están determinados por el uso que recibirá; la calidad se evalúa con frecuencia por el nivel en que se adhiere a los estándares físicos, químicos y biológicos establecidos por los estándares nacionales e internacionales y para determinar si es necesario un tratamiento y qué procedimientos se deben utilizar para lograr la calidad deseada, es crucial comprender los requisitos de calidad para cada uso; además de monitorear los procedimientos de tratamiento y hacer las correcciones necesarias, también se utilizan estándares de calidad. Se realizarán pruebas físicas, químicas y microbiológicas al agua para determinar su calidad, para ello es esencial que los ensayos que evalúan estos parámetros de calidad sean ampliamente aceptados (Orellana, 2005).

2.2.2. Sistema de abastecimiento de agua

Según Rodríguez (2001), se define al grupo de componentes hidráulicos e instalaciones físicas, equipos, accesorios y tuberías necesarias que tienen la finalidad de suministrar agua a los habitantes de un lugar en calidad, cantidad adecuada, con la presión necesaria y de forma continua y en todos los recintos de la localidad para satisfacer sus necesidades.

Por lo general, está compuesto por:

- Captación (Fuente de abastecimiento)
- Línea de conducción
- Potabilización
- Regularización
- Distribución

Refiere Jiménez (2013) los procedimientos a seguir para el abastecimiento de agua son:

- Elegir información de fuentes limpias.
- La depuración o desinfección de aguas brutas.
- Protección de la cuenca.

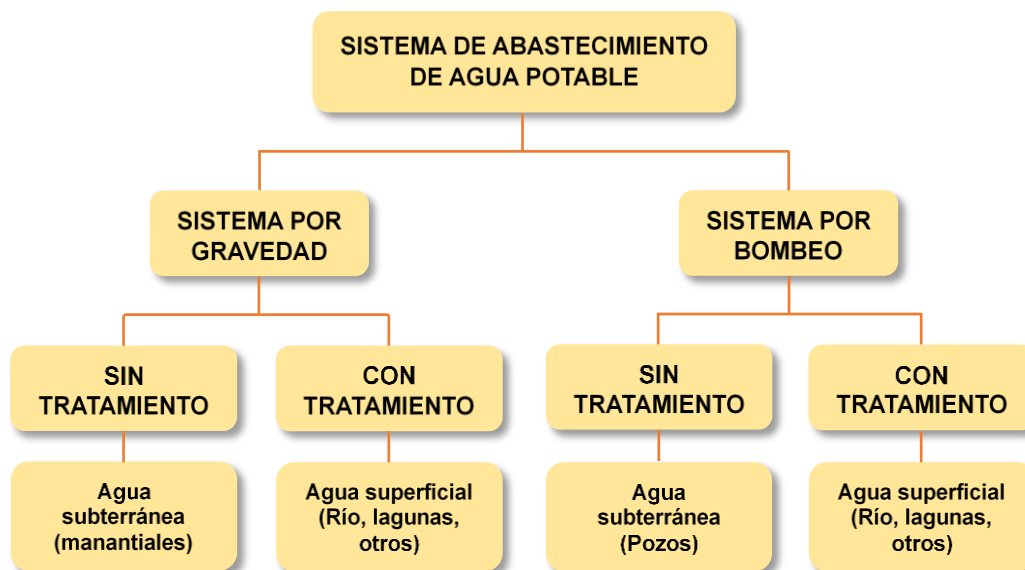
- Control de la calidad del agua.

Se clasifican en sistemas de abastecimiento de agua:

- **Convencionales:** son aquellos sistemas que ofrecen prestación de agua potabilizada a beneficiarios a nivel de vivienda mediante piletas públicas y/o conexión domiciliaria.

Figura 1

Sistemas de abastecimiento de agua potable convencionales



Nota. Tipos de sistemas convencionales de abastecimiento de agua potable en zonas rurales. Adaptado de “Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural” por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012.

- **No convencionales:** son aquellos sistemas de agua sin ductos, concerniente a soluciones multifamiliares o individuales para la provisión de agua de fuentes pequeñas, generalmente se constituye por captación de agua de lluvia (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012).

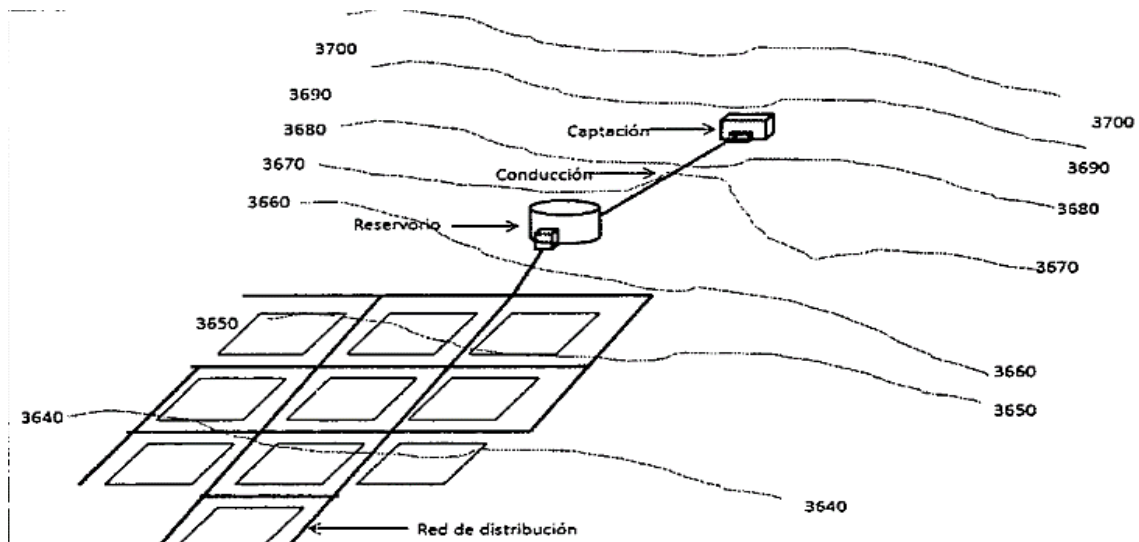
2.2.2.1. Sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento

Respecto a este sistema, la fuente se encuentra a mayor altura que donde se encuentra la población, por lo que el agua reunida se traslada a través de tubos empleando únicamente la gravedad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012). Las

fuentes de suministro basadas en resortes o en galerías de filtrado son posibles. Habitualmente, estas fuentes de agua son de buena calidad y solo necesita ser desinfectada.

Figura 2

Sistema por gravedad sin tratamiento



Nota. Elementos del sistema por gravedad sin tratamiento. Adaptado de “Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural” por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020), los sistemas de distribución tienden a asegurarse de que sea accesible el agua que sea segura para su expendio, tal que las personas no tengan que viajar más de un kilómetro para llegar al lugar donde usarán el agua. El costo de distribuir agua a los hogares de las personas o a la comunidad es un costo que afecta a todos.

2.2.3. Redes de abastecimiento de agua

2.2.3.1. Captación

Según Jiménez (2013), es el primer componente del sistema hidráulico y consta de las instalaciones en la que se capta el agua para su uso en el abastecimiento de la población. Pueden ser fuente única o un conjunto de fuentes, así que todas deben trabajar juntas para lograr el abasto de agua imprescindible para la comunidad.



Según el ciclo hidrológico, se toman en consideración las distintas tipologías de agua en función de cómo existen en la Tierra para determinar la fuente de suministro de agua a emplear:

- Aguas subterráneas.
- Aguas superficiales.
- Aguas atmosféricas.
- Agua de mar (salada)

2.2.3.2. Línea de Conducción

Como afirma Jiménez (2013), la línea de conducción es el tramo del sistema de agua potabilizada que traslada el agua partiendo de la captación hacia un depósito de regularización o Estación que trata el agua; su volumen viene determinada por el consumo máximo diario o por la cantidad que se estime beneficioso capturar de la fuente de provisión.

Como menciona Jiménez (2013), debe ser fácil de inspeccionar y, si es posible, debe estar situado al costado del camino al lado derecho de la vía. Si esto no es posible, debería serlo; para facilitar las actividades de vigilancia y mantenimiento, siempre se debe fundar un camino paralelo a la línea; esta línea se categoriza en conducción mixta, conducción por bombeo y conducción por gravedad y está compuesta por una serie de conducciones, estructuras operativas, de protección y especiales.

2.2.3.3. Estructura de almacenamiento (Reservorio)

Según la Organización Panamericana de la Salud OPS (2005) si el hormigón es impermeable a los líquidos, la estanqueidad o capacidad de una estructura para retener un líquido está razonablemente garantizada; Generalmente, usar concreto de excelente calidad para evitar la pérdida de líquido a través del concreto es mucho más rentable y seguro que agregar una barrera impermeable adicional.

Si se utiliza una relación agua-cemento muy baja, lo más baja posible sin sacrificar la trabajabilidad y una buena compactación, se puede conseguir una permeabilidad mínima.

2.2.4. Sistema de distribución

Como señala la Comisión Nacional del Agua (2012) es una colección de tubos, accesorios y estructuras que acarrear fluido desde los depósitos de servicio o redes distribuidas hasta la red de agua doméstica o las embocaduras de incendio públicas. Cuyo objetivo es suministrar agua a los beneficiarios para usanza doméstica, industrial, comercial, pública y para situaciones de emergencia como el cese de ignición; esta red asegura el suministro de esta prestación de servicio en cantidades idóneas, con una calidad solicitada y la presión idónea.

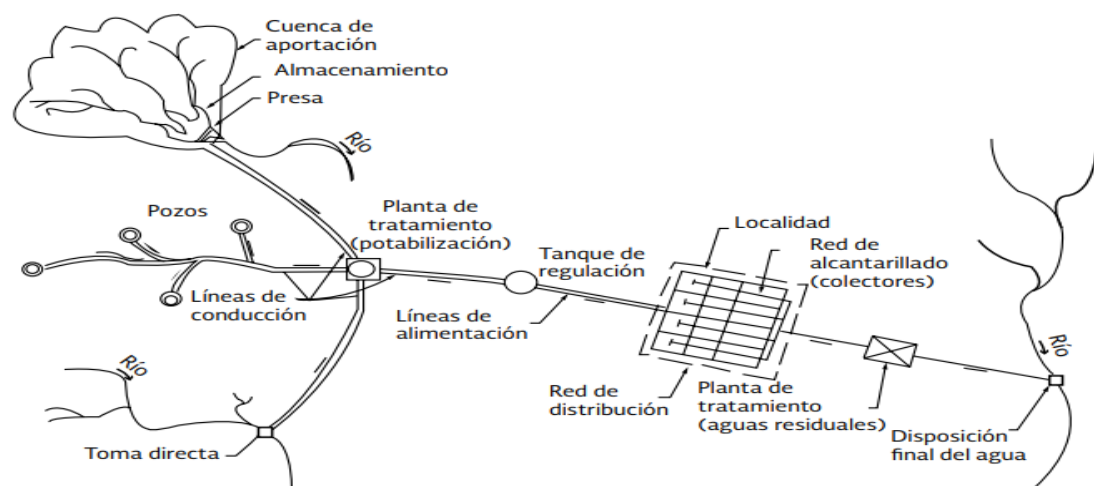
Los límites de calidad del agua potable se encuentran actualmente estandarizados en la norma oficial mexicana NOM-127-SSA1. La Figura 3 muestra una distribución típica de un sistema de suministro de agua en un área urbana.

Por otra parte, Saldarriaga (2001) manifiesta que los sistemas de distribución admiten conducir el agua a las propiedades, puesto que estas se ramifican desde un conducto principal para canalizar fluido apta para dispendio humano a los beneficiarios.

Para el diseño de redes de distribución se tendrá en cuenta la presión y velocidad del fluido en los conductos.

Figura 3

Sistema de abastecimiento de agua



Nota. Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua en las localidades urbanas. Adaptado de "Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento" por Comisión Nacional del Agua, 2012.

2.2.4.1. Tipos de redes

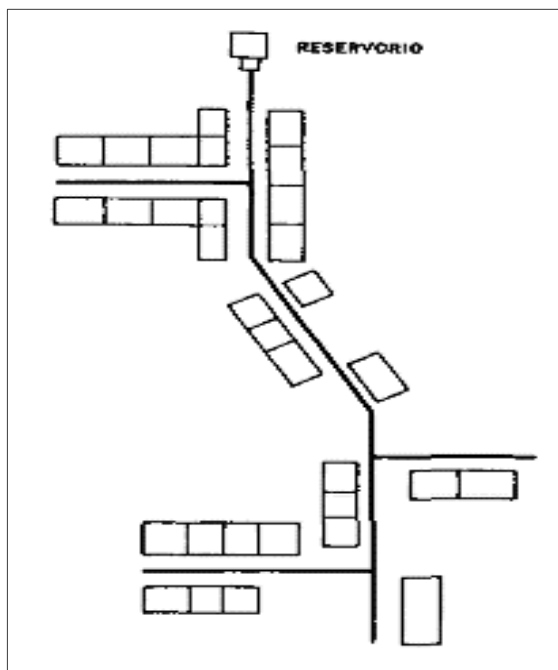
2.2.4.1.1. Sistema redes abierto o ramificado

Como afirma Agüero (1997), este sistema se constituye por un ramal principal y una sucesión de derivaciones, por lo general, el ramal principal se sitúa en principales calles, donde sus derivaciones se ramifican en serie siendo redes secundarias.

Las desventajas que presenta es la dirección del flujo que va en una sola dirección, la estanqueidad del agua ocasionando un mal sabor y olor del mismo. Sin embargo, este sistema generalmente es empleado cuando se tiene una topografía dificultosa. Este tipo de redes ramificadas obedecen de una red principal de diámetro mayor, llamada matriz.

Figura 4

Sistema de redes ramificadas o abiertas.



Nota: Red tipo ramificada o abierta. Adaptado de "Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento, por Roger Agüero, 1997.

De mismo modo, afirma Arocha (1979), que las redes de distribución derivadas, está compuesta por un ramal principal continuada por sus derivaciones en serie, en la que se presenta pequeños ramales y/o puntos ciegos. Por lo general, esta tipología de sistema se emplea cuando existe grandes trayectos entre hogares identificando un acceso principal

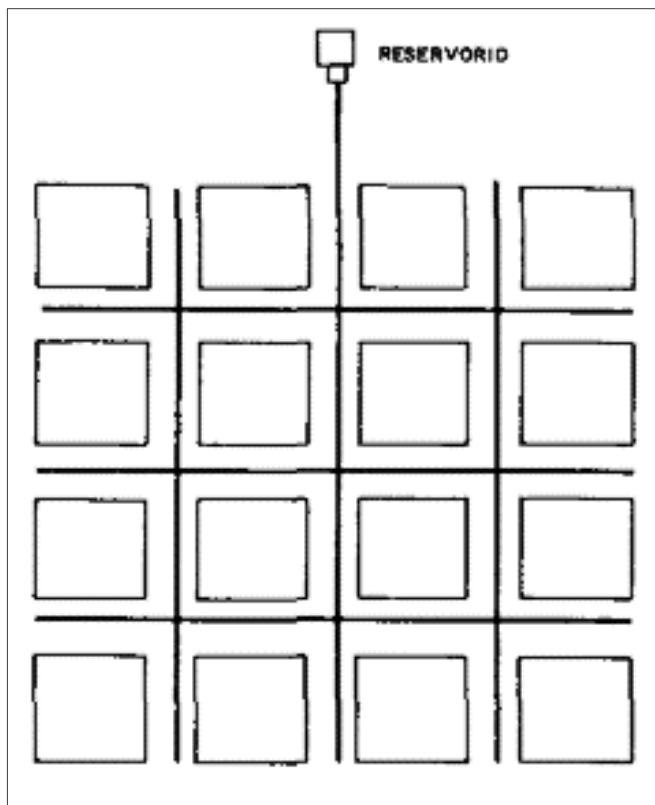
pudiendo ser una vía (carretera), también se debe a la topografía del terreno los cuales no permiten empalmar y conectar a las demás conexiones.

2.2.4.1.2. Sistema de redes cerrado

Es considerada también sistema de red tipo malla, como afirma Arocha (1979), están definidas por conductos interconectadas entre sí, formando un circuito cerrado para el mejoramiento del servicio. La ventaja que presenta es efectuar divisiones por zonas, para lograr que las dotaciones sean iguales o semejantes en estas zonas definidas. Mientras que, para Agüero (1997) esta tipología de sistema es el más conveniente en una zona urbana ya que su división es más ordenada.

Figura 5

Sistema de redes cerradas



Nota: Red tipo cerrada. Adaptado de "Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento, por Roger Agüero, 1997.



2.2.4.2. Componentes del sistema de distribución

2.2.4.2.1. Tuberías

Una tubería señala la Comisión Nacional del Agua (2012) está formada por dos o más tuberías unidos a través de una unión para permitir la dirección de un fluido; la preferencia del material del tubo está influenciada por propiedades como la resistencia a la corrosión, resistencia mecánica, la capacidad de conducción, la longevidad, la asequibilidad, la disposición de conexión y reparación y, lo que es más trascendental, la preservación de la calidad del agua; la resistencia mecánica del conducto admite tolerar cargas estáticas y externas (relleno de zanjas) y cargas dinámicas (tráfico).

Asimismo, admite tolerar la presión hidrostática (carga interna), tanto de la operatividad y transición hidráulica (golpe de ariete), la cual en las redes de distribuidas son congruentemente pequeños.

La resistencia del tubo debe ser superior a la carga estática máxima que se le puede aplicar, deduciendo la elevación de la tubería del nivel de carga estática allí, se calcula la carga estática máxima en un sitio dado de la red; el mayor valor calculado para sus dos extremos representa la carga estática máxima en los trayectos con leves desniveles; el grado en que la tubería proporciona un servicio adecuado y rentable en las circunstancias de uso se denomina durabilidad; sugiere una larga vida útil y estanqueidad tanto en el conducto como en la unión. La durabilidad y la resistencia a la corrosión, están íntimamente relacionadas porque la primera se refiere a la capacidad de soportar suelos agresivos y agua que inducen reacciones químicas desfavorables entre la pared de la tubería y su entorno (interno y externo), disminuyendo la cabida de la tubería para conducir el calor y acortando su vida útil.

2.2.4.2.2. Clases

Agüero (1997) refiere que las clases de tubería se debe considerar tomando en cuenta la máxima presión que se presenta en las redes constituida por la línea de carga estática. En concreto, la tubería debe ser seleccionada considerando su resistencia a la



presión más dominante que pueda originarse, puesto que la presión límite se produce cuando se intercepta la válvula de control del tubo. Por lo general, en proyectos de abastecimiento de agua en zonas rurales se emplean la tubería de PVC, siendo ventajoso debido a sus características y su comerciabilidad.

Tabla 2

Clase de tuberías PVC y presiones máximas de trabajo.

Clase	Presión máxima de trabajo (mca)	Presión máxima de prueba (mca)
5	35	50
7.5	50	75
10	70	105
15	100	150

Nota: Presiones máximas establecidas en prueba y trabajo. Fuente: Agüero, 1997.

Tal como menciona la Comisión Nacional del Agua (2012), Los tubos de plástico se utilizan cada vez más en las redes de distribución. Están fabricados en policloruro de vinilo (PVC) y de polietileno de alta densidad (HDPE). Las tuberías de PVC (serie métrica) se producen de acuerdo a la normativa, la cual toma en cuenta el sistema de unión (único) y el valor de calidad única y denominado espiga-campana.

2.2.4.2.3. Accesorios

Generalmente, en la red de distribución de tipología cerrada o abierta, se localizan diferentes accesorios con particularidades determinadas en los proyectos, siendo puntuales en la instalación de la red, donde se tiene los siguientes:

- Tees
- Codos
- Tapones
- Reducciones
- Uniones

2.2.5. Norma OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano

2.2.5.1. *Velocidad admisible*

En el sistema de redes de distribución es necesario el cumplimiento de los lineamientos:

- La velocidad mínima en ninguna cuestión debe ser inferior a 0.60 m/seg. Siendo aceptable un valor de 0.30 m/seg.
- La velocidad máxima es aceptable cuando tiene un valor de 3 m/s. Solo se admitirá en casos justificables el valor de 5 m/s.

2.2.5.2. *Presiones de servicio*

Para el cumplimiento de las presiones en un sistema de red de distribución, es primordial que se ajusten con los parámetros:

- La presión mínima no es aceptable menor a 5 m.c.a sobre distintos puntos de la red de distribución o alimentación.
- La presión estática no es aceptable mayor a 50 m.c.a.

2.2.5.3. *Consumo*

Según Comisión Nacional del Agua (2012), es parte del abastecimiento de agua potabilizada que usualmente emplean los beneficiarios, sin la consideración de las pérdidas en el sistema. Sin embargo, (Agüero, 1997) refiere que los factores más trascendentales son: factores climatológicos (precipitaciones y temperatura), sociales, económicos, tipo y tamaño de comunidad.

2.2.5.4. *Demanda de agua*

Esta dotación se determina en base a la indagación de gastos diarios anual por cada habitante siendo técnicamente justificado y respaldado en informaciones estadísticas históricas. Por otra parte, Agüero (1997) afirma que esta demanda de agua presenta variación en distintas zonas rurales, asignándose estos valores respecto al número de habitantes.

2.2.5.5. Dotación

Es definida a la cuantía de agua que compensa las necesidades habituales de cada integrante de un hogar de un domicilio, básicamente para seleccionar esta dotación obedece de la tipología de alternativa tecnológica.

Tabla 3

Caudales de diseño según alternativa y región

Dotación según alternativa tecnológica (L/Hab/Día)		
Región	Con arrastre hidráulico	Sin arrastre hidráulico
Sierra	80	50
Costa	90	60
Selva	100	70

Nota. Dotación de agua acorde a la tipología de tecnologías. Fuente: R.M.192-2018-VIVIENDA. Para cuestiones de centros educativos en áreas rurales se emplearán las dotaciones

que se evidencia en la Tabla 4:

Tabla 4

Dotación de agua para institutos

Descripción	Dotación (l/alumno*d)
Formación primaria sin residencia	20
Formación secundaria y superior sin residencia	25
Formación en general con residencia	50

Nota. Dotación de agua acorde a la tipología de tecnologías. Fuente: R.M.192 – 2018 – VIVIENDA.

2.2.5.6. Población de diseño

Comprende la tasa de crecimiento anual, el cual corresponde a las etapas intercensales, de un lugar determinado. Sin embargo, en el caso de carencia de información, se requiere optar la tasa de otra jurisdicción con particularidades afines, o en caso contrario, la tasa de crecimiento distrital rural.

$$P_d = P_i * \left(1 + \frac{r * t}{100}\right)$$

P_d: población futura o diseño (habitantes)

t: periodo de diseño (años)

r: tasa de crecimiento anual (%)



P : población inicial (habitantes)

Por lo tanto, se deduce que la población es el número de habitantes que debe llegar una localidad al período final que se ha diseñado el sistema de agua potable.

2.2.5.6.1. Caudal promedio

Este es el gasto promedio calculado, en la que la población consume en un día y es determinado en base a la fórmula:

$$Q_p = \frac{Dot * P_d}{86400}$$

Donde:

P_d : Caudal máximo diario (l/seg)

Dot : Caudal máximo diario (l/seg)

Q_p : Caudal promedio diario anual (l/seg)

2.2.5.6.2. Caudal máximo diario

Este es el consumo que representa al mayor gasto de agua en una jornada, teniendo un factor $K_1 = 1.3$, el cual se determina mediante la fórmula:

$$Q_{md} = Q_d * K_1$$

Donde:

K_1 : Coeficiente de diferenciación diaria

Q_{md} : Caudal máximo diario (l/seg)

2.2.5.6.3. Consumo máximo horario

Este es el gasto que es tomado en una hora establecida, en la que se consigue un consumo mayor de agua, representado por el factor $K_2 = 2.0$, se estima

$$Q_{mh} = Q_d * K_2$$

Donde:

K_2 : Coeficiente de variación horaria.

Q_{mh} : Caudal máximo horario (l/seg).

2.2.6. Comportamiento hidráulico

Según Gil y Khan (2002), la estimación del comportamiento hidráulico admite conocer la relación caudal-presión y el coeficiente de diferenciación resultante de la producción de emisores, que son factores trascendentales en el coeficiente de uniformidad de los sistemas de riego y, por tanto, en su eficacia; la ecuación relaciona el flujo descargado por un emisor con la presión hidráulica presente en su ingreso.

$$q = kd \times h^x$$

Donde:

- Kd = Coeficiente de descarga particular del emisor.
- q = Caudal de emisor
- x = Exponente de descarga, distinguido por el régimen de fluido dentro del emisor.
- h = Presión hidráulica de ingreso del agua en el emisor (mca).

Torres (2019) refiere que, el comportamiento hidráulico de fluidos corresponde a un régimen de presión contenido en tuberías, siendo fundamental la empleabilidad de parámetros apropiados. Por lo que, se deduce que los fluidos están a constantes cambios de presión conforme al tipo de sistema, donde el agua en este sistema es más propensa a alcanzar una presión mayor que la atmosférica.

Asimismo, dicho comportamiento en una tubería está impactado por varios factores como el caudal, densidad, viscosidad, tipo de material, diámetro y envejecimiento de la tubería. Por otra parte, la resolución del comportamiento hidráulico proporciona reportes claves respecto al vínculo entre el caudal y la presión, así como el coeficiente de variación.

2.2.6.1. Pérdida de carga

Según estudios de Saldarriaga (2007), la energía se pierde durante el flujo de un líquido a través de una tubería; esta pérdida de energía, conocida como pérdida de carga, normalmente se expresa en términos de energía por unidad de peso del fluido circulante (dimensiones de extensión).



Cuando se trata de conductos horizontales, la disipación de carga se muestra como el descenso de presión en la dirección del fluido; obedeciendo del tipo de flujo, laminar o turbulento, la pérdida de carga está vinculada con demás variables dinámicas de fluidos. Además de pérdidas de presión únicas en ubicaciones particulares como válvulas, codos, ramificaciones, etc., también se producen caídas de presión lineales (a lo largo de los conductos).

2.2.6.2. Presión

Según Agüero (1997), es una dimensión física que evalúa el impulso proyectado en orientación perpendicular por unidad de espacio, siendo favorable para determinar cómo se emplea una fuerza determinada proveniente sobre una línea. Así mismo, representa la cuantía de energía gravitacional comprendida en el agua.

Por lo general, se tiene dos métodos de operatividad para la presión en un conducto, por gravedad o bombeo. No obstante, el instrumento de medición de presiones en conductos cerrados usualmente es el manómetro, que toma en cuenta la presión atmosférica (Torres, 2019).

Torres (2019) menciona que la mínima presión en redes distribuidas en áreas rurales es de 7 m y 14 m (zona urbana). Mientras que la presión máxima deberá ser 50 m siempre y cuando se tenga una topografía irregular, inclusive puede llegar hasta 70m en casos excepcionales.

2.2.6.3. Velocidad

Según Agüero (1997), la velocidad mínima es de 0.6 m/s y límite es de 3.0 m/seg, siendo valores recomendables. En caso de presentar una velocidad inferior que la mínima, originará la sedimentación de partículas; mientras se tenga una velocidad superior, originará el deterioro de las tuberías y accesorios.



2.2.6.4. Caudal

Como afirma Agüero (1997), se define a la cuantía de agua que recorre por medio de una sección del conducto (canal, río, cañería, tubería, oleoducto) en un determinado tiempo. Generalmente se asemeja al caudal volumétrico o caudal que transcurre en un área en un tiempo determinado. Asimismo, en ocasiones se asemeja al caudal másico o masa que trascurre por una sección en un tiempo específico.

2.2.6.5. Diámetro

Según Agüero (1997), los diámetros se estiman bajo el fundamento de la pendiente máxima de la extensión del tramo, el cual se elige para conducir un caudal de diseño con la velocidad que se encuentra entre 0.6-3 m/seg, también la disipación de carga en cada trayecto deben ser iguales o inferiores a la carga útil. Es decir, cuando se tiene un diámetro apropiado de tubería no existirán inconvenientes con el caudal, considerando continuamente las modificaciones de la elevación del terreno. En conclusión, una red de distribución debe efectuar con lo señalado:

- Su diseño tiene que ser diseñado para un caudal máximo horario.
- En redes cerradas el diámetro mínimo a considerarse es de 1 pulg (25 mm), mientras que, en tuberías abiertas, se acepta hasta diámetros de $\frac{3}{4}$ pulg (20 mm) en ramales.
- En caso de tener cruce de tubería, no se admitirá la instalación de accesorios en forma de cruz, por lo tanto, se debe colocar en piezas de tee para que forme un trayecto recto.
- Estas redes de distribución deben estar ubicadas en elevaciones superiores a otras que puedan existir del sistema de alcantarillado.



2.2.7. Coeficiente de rugosidad de la tubería

2.2.7.1. Ecuaciones de pérdida de energía por fricción

Generalmente estas ecuaciones de fricción señalan la energía que se disipa durante el transcurso del movimiento del flujo por la fricción que se da entre el fluido y la pared de la tubería (Saldarriaga, 1998).

2.2.7.1.1. Ecuación de Hazen Williams

Como afirma Adrien (2004), es considerada una técnica empírica que es empleada para determinar la fricción en conductos, donde el agua fluye bajo escenarios turbulentas. Por lo tanto, según a los resultados comparados con el método de Darcy-Weisbach el valor del número de Reynold son altos, y es expresada donde el flujo (Q) en un conducto es en base a su diámetro (D), desnivel (S), y el valor de coeficiente de fricción C varia en 100 y 150 según al tipo de material y la vida útil del tubo.

$$Hf = 6.8243 \frac{L}{D^{1.167}} \left(\frac{V}{C} \right)^{1.852}$$

Donde:

L: Longitud de conducto

C: Factor de fricción

D: Diámetro.

V: Velocidad media

La fórmula (c) es utilizada en la indagación empleando el factor C de 6.79 (Coeficiente empírico del S.I.) para D:m y V: m/s.



Tabla 5

Comparativa de ecuaciones de fricción.

Darcy - Weisbach	Manning	Hazen Williams
Conjunto los fluidos	Exclusivamente agua	Agua únicamente
Complejo obtener factor "f"	Fácil calcular factor "n"	Simple calcular factor "C"
Empleado en todos los flujos	Fluido turbulento	Fluido laminar
Empleo infrecuente	Empleado solo en alcantarillado sanitario	Uso habitual

Nota: Adaptado de ICG - Modelación y diseño de sistemas de distribución de agua, 2011.

El Coeficiente de Hazen – Williams (C) según Uribe (2014), es un valor adimensional que pretende evidenciar la rugosidad interna de tuberías, mientras este valor sea más alto, se asume que la tubería presenta pared interna lisa. Por lo tanto, estos coeficientes no son permanentes, dado que tienden a variar por la antigüedad de tubería (crecida de rugosidad) o cuando se tenga diámetros muy pequeños.

Tabla 6

Valores de coeficiente C de Hazen-Williams

Tipo de material	C
Hierro fundido	
30 años	75-90
20 años	90-100
10 años	110
5 años	120
Nuevo	130
Concreto	120
PVC	150
Asbesto-cemento	140
Hierro galvanizado	120

Nota: Valores del coeficiente de C en base a la tipología de material a emplearse. Fuente: Saldarriaga, 2007.

2.2.7.1.2. Ecuación de Manning

Usualmente esta fórmula es usada por lo general en canales, sin embargo, en el caso de tuberías se emplea cuando se tiene canal circular y que esté total o parcialmente lleno o en su defecto la tubería sea mayor diámetro.

$$H_f = 6.354 \frac{L * n^2 * V^2}{(D)^{1.33}}$$

Donde:

n: Factor de rugosidad de Manning

V: Velocidad (fps o m/s)

H_f: Pérdida de carga (ft o m)

L: Longitud del conducto (ft o m)

D: diámetro del conducto

R: Radio hidráulico = área/ perímetro mojado (ft o m).

Tabla 7

Factor de rugosidad de Manning

Material	n
Hierro Fundido	0.015
Acero	0.011
Cemento de granulometría fría	0.010
PVC	0.009

Nota: Valores de coeficiente de rugosidad. Adaptado de ICG – Modelación y diseño de sistemas de distribución de agua, 2011.

2.2.7.2. Ecuación de Darcy-Weisbach

Esta ecuación se emplea generalmente en el caso de tuberías de RDAP, alcantarillado y redes pluviales que fluyen a presión. Asimismo, admite determinar la pérdida de carga en base a la fricción en un tubo, con respecto a la velocidad del flujo, longitud, diámetro y factor de fricción (Saldarriaga, 1997).

$$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

D: Diámetro del conducto

f: Factor de fricción de Darcy

V: Velocidad media

L: Longitud del tramo del conducto



Hf: pérdida por fricción, energía por unidad de peso

El valor de fricción (f) es en base de forma complicada, referente al número de Reynolds (Re) y de la rugosidad relativa del tubo(k/d):

$$f = F \left(Re, \frac{K_S}{d} \right)$$

Donde:

K = factor de rugosidad efectiva.

2.2.7.3. Pérdidas de agua en redes

2.2.7.3.1. Perdidas reales

Como expresa Ziegler et al. (2011), se definen a la pérdida de caudal del fluido en una sección interna durante un periodo mediante los diversos reboses, estallidos y fugas. Estas pérdidas reales se categorizan según al tamaño, ubicación en el sistema y al periodo donde se presenta la fuga.

2.2.7.3.2. Perdidas aparentes

Como afirma Ziegler et al. (2011), son aquellas perdidas cuyas fugas físicas no se dan en una sección de un sistema, sin embargo, son originadas por diferentes factores. Estas pérdidas por lo general se congregan categorizándose en función a su origen.

2.2.8. Calibración de una red de distribución

Está definido al desarrollo de configuración de indicadores que precisan el comportamiento hidráulico del sistema de agua, a fin de evidenciar la funcionalidad real de las redes de agua con la más alta precisión viable, tanto en condición dinámica y estática.

Como afirman Shamir y Howard (1977), como se cito en Briceño y Infantes (2019), comprende en estimar las particularidades físicas y operacionales del sistema de red existente, cuando los datos son ingresados al software nos admiten lograr resultados reales del modelamiento.

Como refiere Walski (1986) citado en Briceño y Infantes (2019), la calibración consta en comparar los caudales y presiones modelados con las medidas in situ para lograr

condiciones de operatividad acreditadas. Así mismo, un modelo calibrado se define en la observación de su capacidad de pronosticar el comportamiento hidráulico de redes distribuidas de agua en relación a sus contextos de consumo y funcionalidad.

Por consiguiente, la AWWA (2013) citado en Briceño y Infantes (2019) asevera que la calibración de redes de agua potabilizada está definida al proceso de configuración de indicadores que precisan el comportamiento hidráulico del bosquejo con la finalidad de evidenciar con más exactitud la funcionalidad real de la red de distribución, tanto en contexto dinámico y estático.

2.2.8.1. Fundamentos de error en los modelos hidráulicos

De acuerdo a Walski (1983) citado en Briceño y Infantes (2019), los dos fundamentos más primordiales en el análisis de modelado son los cálculos incorrectos de la usanza del agua y el contenido de carga del conducto. Por lo tanto, cuando se contruye o actualiza un modelo hidráulico posiblemente exista error en la definición del estado de los componentes de la red relacionado a las condiciones de presión, distribución, configuración de válvulas de presión o tanque elevados. Asimismo, se incluye el problema de la sincronización efímera de mediciones efectuadas en campo y valores modeladas para las presiones y el caudal.

Adicionalmente, la no inserción de pérdidas menores, versatilidad innata a la red que distribuye, no suponer la varianza del consumo, empleo del diámetro nominal en vez de diámetro interno de tubería, errores de conexión entre tuberías, redondear los valores de cota, manejo inadecuado de datos medidos.

2.2.8.2. Procedimientos para calibrar una red

Según Ormsbee & Lingireddy (1997) citado en Briceño y Infantes (2019), manifiesta que se debe realizar un procedimiento adecuado para las calibración:

- **Establecer la finalidad del modelo:** definir la tipología de análisis hidráulico, en periodo extendido (EPS) o régimen estacionario.



- **Estipular valores preliminares de indicadores:** refieren aquellos indicadores básicos del modelo: demanda dada en nudos, coeficiente de rugosidad de tuberías.
- **Recolección de información de calibración:** facilita valores de datos que admite determinar las soluciones iniciales del modelo hidráulico, logrados en base a simulaciones que emplean cálculos preliminares de indicadores primordiales de la red.
- **Valoración de resultados del modelo:** admite evaluar la exactitud del modelo hidráulico, con el propósito de cotejar los resultados simulados y medidas en campo.
- **Realizar calibración inicial de la red de distribución:** consta en determinar y modificar los orígenes de fallos que provocan diferentes relevantes en los resultados medidas en campo y simulados (registro de datos, longitud, diámetro, rugosidad de tubería, topografía, equipo de calibración y demanda).
- **Análisis de sensibilidad:** considerar la efectividad respecto a los resultados del modelamiento relacionado a cada variación de parámetros e identificar estos indicadores que provocan más impactos en los resultados del modelamiento.
- **Realizar calibración a nivel micro:** examinar la exactitud del modelamiento en una zona en particular, contrastando que efectúen las situaciones solicitadas. Por lo cual, se debe ajustar básicamente la demanda en nudos y el coeficiente de rugosidad de tubería.

2.2.8.3. *Criterios para evaluar la calibración*

Para Walski (1983) citado en Briceño y Infantes (2019), el modelo hidráulico calibrado debe poseer la capacidad de simular las alturas y presiones con una precisión de ± 12 pies (± 3.7 m) y ± 5 psi (± 3.5 m). Por otra parte, la presión simulada en nodos se debe considerar

entre 10 psi (± 7.0 mca) y 5 psi (± 3.5 mca) regularmente. Asimismo, estos resultados del modelamiento deben tener una exactitud $\pm 5\%$.

a) Criterios de presión

- Para presiones evaluadas in situ el 85% no debe diferenciarse en más o menos 5% pérdida de carga o 5% mca inscrita.
- Para presiones evaluadas in situ (pruebas) el 95% no debe diferenciarse más o menos 7.5% pérdida de carga o 0.75 mca inscrita.
- Para presiones evaluada in situ el 100% no debe diferenciarse en más o menos 15% pérdida de carga o 2 mca inscrita.

b) Criterios de caudal

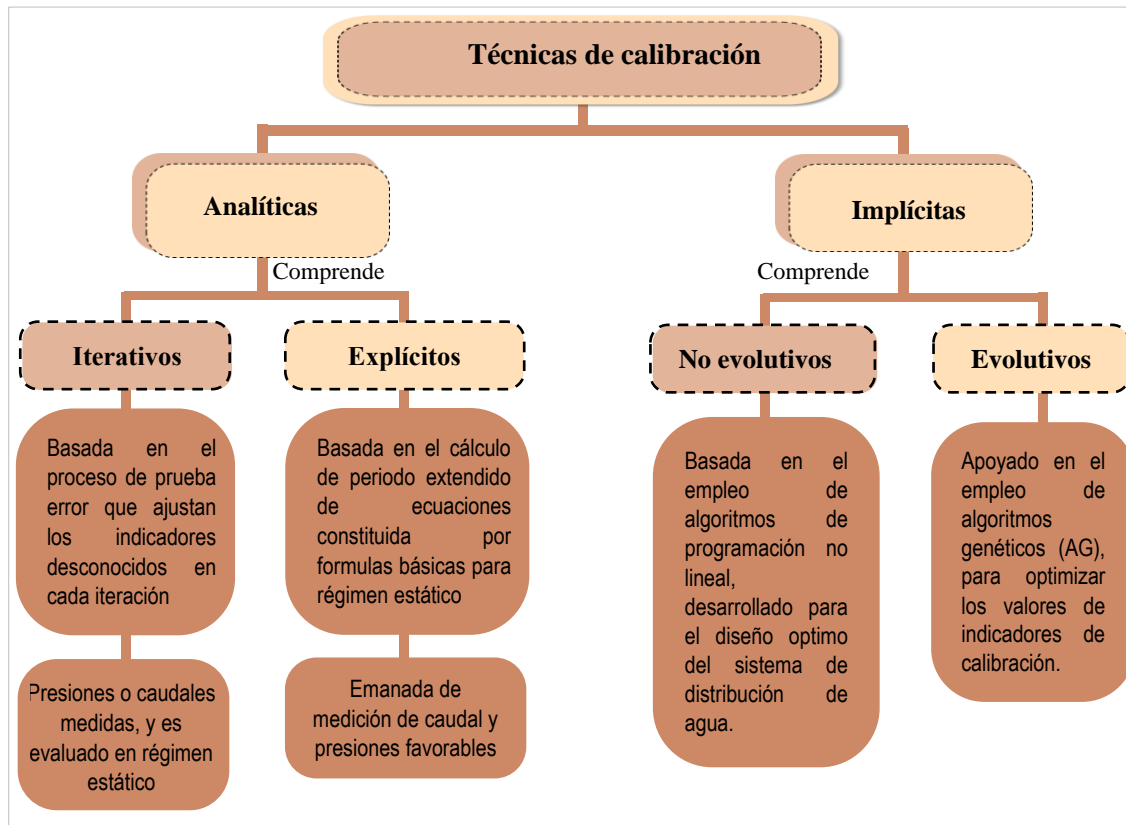
- Referente a caudales evaluados con exactitud de $\pm 10\%$ deben ser para caudal inferior 10% de demanda, tal que el $D < 305\text{mm}$ (12 pulg).
- Referente a caudales evaluados de precisión $\pm 5\%$ deben ser para caudal superior a 10% de demanda total, por lo general el $d > 406\text{mm}$ (16 pulg).

2.2.8.4. Técnicas de calibración de una red

Considerando que el modelamiento hidráulico tiende a calcular caudales y presiones en tubería de una red que parte de diámetros, longitud, rugosidad, topología, energía y demandas en nudos empleables en el conducto, dicha calibración radica en hallar los valores recomendables de indicadores para una operación real del comportamiento hidráulico en las redes (Briceño & Infantes, 2019).

Figura 6

Técnicas de calibración hidráulica en redes.



Nota: En la figura se detalla las técnicas de calibrado de redes de agua potable. Fuente: Saldarriaga (2007).

2.2.9. Análisis hidráulico con WaterGems

Según Saldarriaga (1998) como se citó en Briceño y Infantes (2019), WaterGEMS es un software donde se puede realizar análisis y diseñar las redes de distribución de agua potable. Asimismo, nos permite realizar simulaciones hidráulicas en forma estable (estudio bajo escenarios de fluido uniformemente permanente) o en etapas de tiempo extendidos (EPS).

Este programa comprende herramientas complementarias incluidas como: control central de demandas, asignación automática de elevaciones en base a modelos digitales (DEM), demandas en base al estudio espacial y construcción de modelos a partir de archivos, generación de polígonos de Thiessen y administración de escenarios que luego son comparados.



Este software admite realizar simulaciones de varios componentes hidráulicos típicos de una red de distribución, así como controles automáticos, estaciones de bombeo y válvulas reguladoras que son sensibles al caudal o presión. Además de ello, tiene la posibilidad de simular y manejar distintas condiciones con la finalidad de determinar el comportamiento del fluido distribuidas en tuberías de la forma que se ha diseñado en relación a distintas demandas que se eligieron al principio, la variabilidad de la calidad del agua y bajo contextos de emergencia, así como racionamientos o incendios, implicando escenarios de operación específica. Por otro lado, nos permite estimar las pérdidas por fricción mediante dos métodos esenciales de hidráulica de tuberías: Darcy-Weisbach y Hazen-Williams, juntamente con la metodología de Colebrook-White. No obstante, el software WaterCAD admite emplear la metodología de Manning.

El análisis de varios escenarios y las modificatorias de los parámetros y circunstancias iniciales, es posible realizar mediante una barra de herramientas sobre el bosquejo de la red de agua.

Este programa admite ejecutar modelaciones hidráulicas de redes de abastecimiento de una zona o área determinada para evaluar los consumos de agua, pérdidas de presión y caudal a fin de encontrar puntos que originan las pérdidas.

El programa WaterGEMS se distingue por considerar cuatro módulos como son:

- a) **DARWIN DESIGNER:** Permite diseñar redes optimizados desde una expectativa hidráulica, económica y multiobjetividad, también logra diseñar y crear escenarios de diseño, admite efectuar restricciones en velocidad, presiones parcialmente, y admite diseñar redes de rehabilitación o nuevas para aumentar beneficios con costes mínimos.
- b) **DARWIN CALIBRATOR:** admite realizar calibración de modelos automáticamente partiendo de datos in situ, fluidos en válvulas, bombas y tuberías, calibración de demandas, rugosidades y estados, generación de simulaciones periódicas que permite observar los resultados y configuraciones.



Por lo tanto, admite que el modelamiento refleje el comportamiento real de redes.

- c) **WATERSAFE:** Admite realizar análisis de calidad de agua por medio de simulaciones de circulación de productos químicos para obtener el mejoramiento de calidad, asimismo evalúa la concentración del producto en tuberías de la red y permite observar desde el origen el porcentaje de producto respecto al tramo de redes.
- d) **SKELEBRATOR:** Permite simplificar el esquema de modelos hidráulicos de redes para optimizar las simulaciones como en sus resultados en menor tiempo.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Agua potable: fluido que es idónea para el dispendio humano, siendo sanitariamente incolora e inodora.

2.3.2. Consumo: cuantía de agua potable que es consumida por un tiempo específico, donde el consumo se da por habitante, localidad, sector inclusive hasta una urbe.

2.3.3. Dotación: gasto del agua potabilizada, la cual es estipulada a cada uno de los habitantes, conforme a cada proyecto y las particularidades en la que se halla una localidad.

2.3.4. Pérdida de carga: refiere a la disipación de presión que perciben los fluidos en el interior de las tuberías debido a la fricción.

2.3.5. Presiones negativas: Son aquellas que se dan accidentalmente, por lo cual es necesario evadir, puesto que involucra a la población con el desabastecimiento de agua en la red de distribución.

2.3.6. Fugas: Se define la pérdida de agua por el efecto de la falta de hermeticidad de la red de distribución, el cual se presenta en las redes principales y secundarias, bien sea por falla de algún conducto de la red, por lo general, estas fugas se detectan comúnmente en hogares, y en muchos casos se dan en los aparatos sanitarios como inodoros, lavaderos, lavatorios, etc.



CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación

El presente estudio es de diseño no experimental porque no se manipularán las variables de estudio, a su vez, es transversal porque se realizará la aplicación de los instrumentos durante el año 2023 en el centro poblado de Jacha Jaa Moho para evaluar la incidencia del coeficiente de rugosidad en el comportamiento hidráulico del sistema de distribución.

3.2. Tipo de investigación

Según su tipo es descriptiva porque debido a que se desea analizar el sistema de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaa - Moho y a partir de esto proponer un óptimo sistema de distribución de agua potable. Además, es correlacional porque visualiza cómo se relacionan diversos fenómenos entre sí y cómo se comporta una variable conociendo el comportamiento de otra variable relacionada, es decir cómo actuará el comportamiento hidráulico según la determinación del coeficiente de rugosidad.

Asimismo, según su enfoque es mixta, porque se emplearán modelos matemáticos para efectuar el estudio de sistema de distribución de agua potabilizada existente. (Hernández et al, 2014)



3.3. Método de investigación

El método de la presente investigación al tener el enfoque cuantitativo es el método científico, el cual consta de las siguientes fases:

FASE 01

- Realizar un estudio in situ del centro poblado
- Identificar la población del Centro Poblado.
- Estimar la dotación de consumo de agua.
- Realizar un diagnóstico del sistema de abastecimiento.
- Realizar el levantamiento topográfico del sistema de distribución.
- Realizar el procesamiento de datos tomados en gabinete.
- Generar las cotas y curvas de nivel del área en estudio.
- Identificar las pérdidas de agua (fugas) in situ.
- Identificar los puntos de pérdida de carga.

FASE 02

- Realizar el trazado de la red de distribución existente.
- Establecer los días para la toma de datos de recolección.
- Realizar la medición de presión de agua en viviendas.
- Importar los planos de ubicación al software de análisis.
- Configurar las redes y reservorio en WaterGems.
- Ubicar y configurar los puntos de presión tomados in situ.
- Calibrar el coeficiente de rugosidad.

FASE 03

- Determinar el fluido y las pérdidas de carga.
- Determinar el material y diámetro de las tuberías.
- Determinar la demanda de agua potable.
- Determinar el caudal en el sistema.
- Determinar las velocidades en el sistema.

- Realizar la comparación de datos insitu y calibrados.
- Generar un nuevo sistema optimizado (normativa).
- Generar los resultados del software.

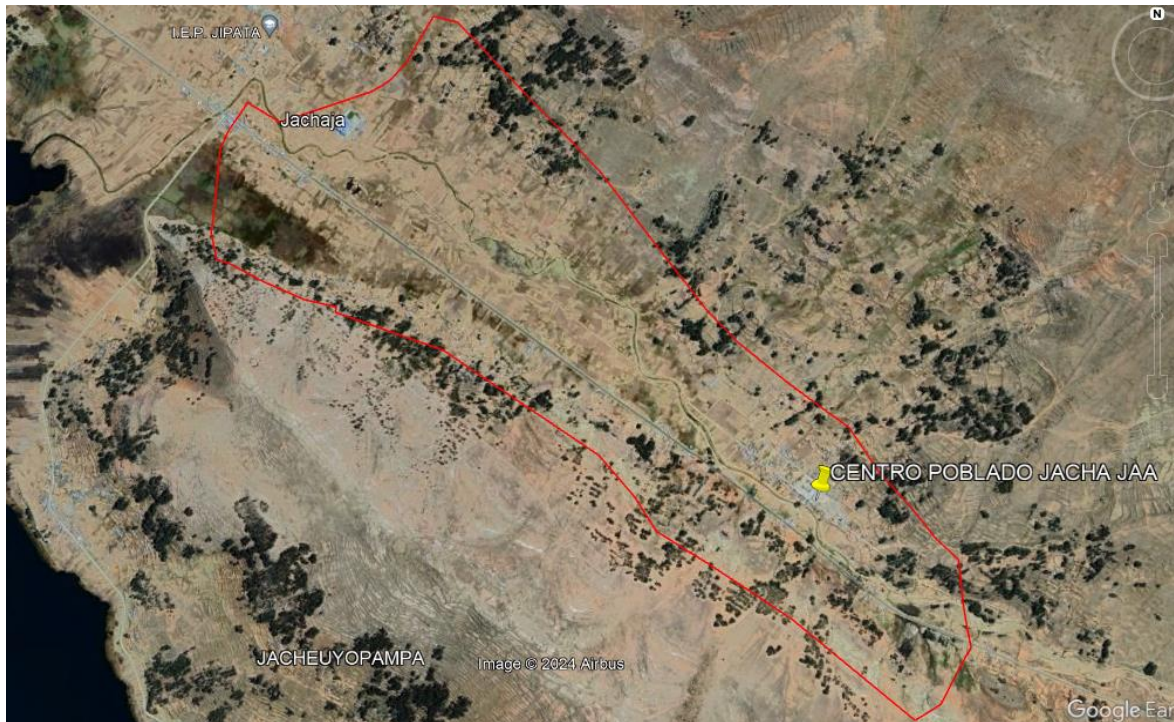
3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población serán los consumidores del sistema de abastecimiento de agua potable que consta de un total de 240 viviendas del Centro Poblado de Jacha Jaa.

Figura 7

Ubicación de la población



Nota: Ubicación de la zona a estudiar, Adaptado de Google Earth, 2023.

3.4.2. Muestra

El tamaño de la muestra es no probabilística, siendo intencional dado que se ha tomado 14 puntos estratégicos del sistema de distribución de agua potable (usuarios) para realizar la medición de presiones en un tiempo de 60 minutos en distintos días.



Unidad de análisis: Sistema de distribución de agua potable del centro poblado Jacha Jaa -Moho, donde se evaluará la incidencia del coeficiente de rugosidad en el comportamiento hidráulico para verificar su variación en distintas situaciones.

3.5. Técnicas e instrumentos

3.5.1. Observación

3.5.1.1. Observación presente

En la presente indagación se empleó la técnica de observación dado que ha sido de mucha utilidad, para verificar el estado situacional de sistema de distribución de agua potable, analizando si existe fugas en el sistema de agua y a su vez, realizar un levantamiento topográfico para ver cómo está distribuido el sistema y poder clasificarlo correctamente.

3.5.1.2. Análisis documental

En la presente indagación se utilizará el instrumento de análisis documental para ver los documentos e informes propios del expediente técnico del sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa – Moho, observándose los documentos del mismo, así como los planos del proyecto. Además, se utilizará para consultar libros referidos al sistema de distribución de agua potable, así como artículos de investigación. A su vez, se realizará la verificación de la Norma Técnica OS 050, y por último se utilizará para la interpretación de resultados del Software WaterGems.

3.5.2. Encuesta

En la presente indagación se empleará el instrumento del cuestionario para realizar un diagnóstico acerca de sistema de abastecimiento de agua potable, verificando el nivel de la presión del agua de las viviendas de los pobladores del centro poblado de Jacha Jaa – Moho, así como la carencia de la misma. Asimismo, dicha encuesta se procesará en estadística y gráficos para su correcta interpretación.



3.5.3. Análisis de datos

Para el caso de análisis y procesamiento de datos emplearon programas como:

- **Word**, se elaboraron encuestas y el informe final.
- **Excel**, se generaron memorias de cálculo y tablas, en la que se procesó primeramente la población, en base a los datos obtenidos se determinó los caudales promedio, máximo diario y horario.
- **ArcGIS**, se elaboraron los shapefiles de las viviendas actuales.
- **AutoCAD**, se diseñó y dibujo las redes de agua, exportándose en formato DXF, donde se realizó el trazado de topología de redes actuales conforme topografía.
- **WaterGEMS**, se modelo y evaluó hidráulicamente las redes de distribución de agua existente bajo parámetros estandarizados, en la cual se importó la topología de redes trazado anteriormente, luego se realizó el análisis conforme a la fuente y topografía, en la que se evidencia simulaciones en condiciones dinámicas y estáticas, reflejando la variabilidad de velocidad y presión del fluido en tuberías existentes y proyectadas.

3.6. Diseño de contrastación de hipótesis

Para el diseño de la prueba de hipótesis se empleará la prueba estadística inferencial no paramétrica; el test de Shapiro-Wilk, para la determinación de que la muestra prosigue una distribución normal o no.

3.7. Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable

3.7.1. Población

El centro poblado de Jacha Jaá cuenta con 240 viviendas, 3 instituciones públicas (IE. Inicial, no escolarizada y primaria) y 3 instituciones sociales, cada una cuenta con el servicio de agua beneficiada de la red de distribución. La población actual (600 habitantes).

3.7.1.1. Estimación de Población futura

Para determinar la población futura se empleó la ecuación de periodo de diseño:

$$P_d = P_i \left(1 + \frac{r * t}{100} \right)$$

$$P_d = 17042 \left(1 + \frac{0 * 20}{100} \right)$$

Población futura

Pf =533 Hab.

3.7.2. Diagnóstico del sistema de abastecimiento

3.7.2.1. Demanda de agua potable

El dispendio de agua doméstico, en zonas rurales se establece con base a lineamientos de la normativa referente a Guía de opciones Tecnológicas para sistemas de Abastecimientos de Agua para el Consumo Humano y Saneamiento en el Ámbito Rural.

3.7.2.1.1. Dotación de consumo de agua

En este estudio se empleó la dotación de 80 l/hab/d, considerando que el estudio se sitúa en una región andina que presenta clima frío.

Tabla 8

Dotación de agua según usanza.

Descripción	Dotación (l/seg)
Uso estatal	1200.00
Uso doméstico	540.00
Uso social	370.00

Nota. Elaboración propia.

3.7.2.1.2. Caudal promedio

La estimación del caudal promedio se adquiere partiendo de la medición volumétrica (aforo) de la fuente principal de abastecimiento de agua, mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

V: Volumen (litros), t: Tiempo (seg), Q: Caudal (lt/seg)

Por consiguiente, una vez calculado se obtiene un caudal promedio de **0.592 lt/seg.**

3.7.2.1.3. Caudal máximo diario

La determinación del caudal máximo diario se obtiene a partir del caudal de la fuente de abastecimiento de agua (caudal promedio).

Tabla 9

Caudal máximo diario

Sector	Caudal máximo diario (l/seg)
Jacha Jaá	0.987

Nota. Elaboración propia.

3.7.2.1.4. Caudal máximo horario

La estimación del caudal máximo horario se obtiene a partir del caudal de la fuente de abastecimiento de agua (caudal promedio).

Tabla 10

Caudal máximo horario

Sector	Caudal máximo horario (l/seg)
Jacha Jaá	1.519

Nota. Elaboración propia.

3.7.2.1.5. Caudal unitario

La estimación del caudal unitario se obtiene a partir del caudal máximo horario.

Tabla 11

Caudal unitario

Sector	Caudal unitario (l/seg)
Viviendas	0.006250
Inicial	0.003472
Primaria	0.007870
No escolarizado	0.002546
Comunal	0.001736
Iglesia	0.002546

Nota. Elaboración propia.

3.7.2.2. Estado actual de redes de agua potable

3.7.2.2.1. Fuente de abastecimiento

En el centro poblado de Jacha Jaa cuenta con dos sistemas de abastecimiento de agua potable, el cual consta de tres captaciones, una de ellas está ubicada en la quebrada Orejena, en una elevación 3907 msnm en el margen derecho de la carretera Huancané-Moho; y las dos últimas captaciones se encuentra en las quebradas de Jalsuperca en una cota 4005 msnm y Jalsupata en la cota 4009 msnm, al norte del centro poblado.

- **Orejena**, posee una captación de manantial ubicado a una cota 3907 msnm, teniendo un caudal de 0.71 l/seg.

3.7.2.2.2. Línea de conducción

El sistema 01 cuenta con una línea que transporta el agua mediante TUBERIA DE PVC C-10, con diámetro de 50mm. Además, en el sistema 02 cuenta con una línea que transporta el agua por medio de la tubería PVC C-10, de diámetro 50mm, también posee una cámara de reunión, en la que se reúnen 2 caudales distintos captados.



3.7.2.2.3. Reservorio

El sistema de abastecimiento de agua potable, siendo constituida por 02 reservorios, de estructura rectangular, uno de 10 m³ erigido en el 2006 y la segunda es de 5 m³ construido en el 2000, están ubicados a 3885 msnm y a 4003 msnm.

3.7.2.2.4. Red de distribución

Aquellas instalaciones de suministro que traslada el fluido, partiendo del reservorio conduciendo hasta dotar de agua a los beneficiarios en condiciones que compensen sus necesidades. Por lo que, esta localidad se tiene una red ramificada o abierta, que consigna de 7 ramales, compuesta por tuberías de: TUBERÍA PVC C-10, con diámetros de 20mm, 25mm, 32mm y 50mm.

3.7.2.2.5. Accesorios

El sistema de agua potable del Centro Poblado de Jacha Jaá cuenta con válvulas de control ubicadas en los ramales.

3.7.3. Encuesta

Se realizó con el propósito de recolectar información actualizada sobre el consumo de agua en los hogares, asimismo, se hizo la entrevista para conocer el estado actual del sistema de distribución de agua potable, la cual constó de 15 preguntas, como se puede ver a continuación:

Figura 8

Modelo de encuesta sobre el diagnóstico de sistema de agua potable.

ENCUESTA SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAA, MOHO

CONSUMO DE AGUA EN LOS HOGARES

OBJETIVO: Recolectar información referente a la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable en el centro poblado, por lo que se agradece responder con veracidad.

INSTRUCCIONES: Lea cuidadosamente las preguntas y responda esta encuesta con autenticidad, siendo de carácter estrictamente confidencial.

I. DATOS DE INFORMACIÓN

01. Edad

a. 18 a 30 años
b. 31 a 50 años
c. 51 años a más

02. Sexo

a. Femenino () b. Masculino ()

04. ¿Cuántas personas habitan en tu casa?

a. 2
b. 3
c. 4
d. Más de 4

II. DATOS DE INVESTIGACIÓN

01. ¿Cuál es el tipo de fuente de agua presente en la localidad?

a. Río/lago b. Manantial de ladera c. Manantial de fondo
d. Canal e. Otro: _____

02. La calidad del agua que consume es:

a. Buena
b. Mala
c. Regular

03. Cree usted que el agua que consume es:

a. Potable
b. No potable
c. Contaminada

04. ¿Cuál es el uso que le da al agua?

a. Industrial
b. Doméstico
c. Otro: _____

05. La continuidad del servicio del agua es:

a. 5 horas
b. 7 horas
c. 12 horas
d. 24 horas

ENCUESTA SOBRE EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAA, MOHO

CONDICIONES DE LA RED DE AGUA EXISTENTE

OBJETIVO: Recolectar información referente a las condiciones de la red de agua potable existente en el centro poblado, por lo que se agradece responder con veracidad.

INSTRUCCIONES: Lea cuidadosamente las preguntas y responda esta encuesta con autenticidad, siendo de carácter estrictamente confidencial.

I. DATOS DE INVESTIGACIÓN

01. ¿Existe dificultad en la operación del JASS Jacha Jaa?

a. Si
b. No ¿Por qué? _____

02. ¿Cuáles son las dificultades que existen en la operación de la red de agua existente?

.....

03. ¿Las condiciones de la red de agua existente son óptimas?

a. Si
d. No ¿Por qué? _____

04. ¿Con qué frecuencia se realiza el mantenimiento de la red de agua existente?

a. Quincenal
b. Mensual
c. Anual

05. ¿Las condiciones de los componentes como la captación, conducción, reservorio y distribución de la red de agua son óptimas?

a. Si
b. No ¿Por qué? _____

06. ¿Las condiciones físicas como el caudal, velocidad y presión de la red de agua son óptimas ?

a. Si
b. No ¿Por qué? _____

07. ¿Cuánto es la tarifa que actualmente se paga por el servicio de consumo de agua?

.....

08. La tarifa por el servicio de consumo de agua es suficiente para realizar la operación del sistema de agua potable?

a. Si
b. No ¿Por qué? _____

09. ¿Qué porcentaje de usuarios paga por el servicio de agua y si la cantidad es suficiente para realizar la operación del sistema?

a. Si
b. No ¿Por qué? _____

Nota. Encuestas desarrolladas en campo para esta investigación. Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.1. Preguntas de la encuesta desarrollada

Pregunta 1:

Tabla 12

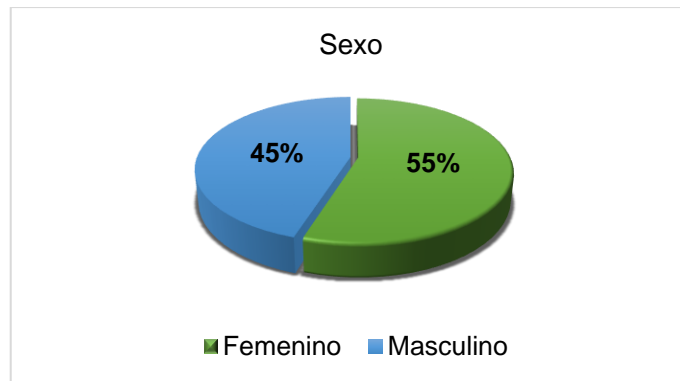
Género de los encuestados.

	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	11	55.0
Masculino	9	45.0
Total	20	100.0

Nota. Elaboración propia.

Figura 9

Distribución de frecuencias de Género de los encuestados.



Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 12 y la Figura 9 se puede observar que el 45% de los encuestados son masculino y el 55% son femenino, por lo tanto, quiere decir que esta encuesta evidencia la totalidad de población actual.

Pregunta 2:

Tabla 13

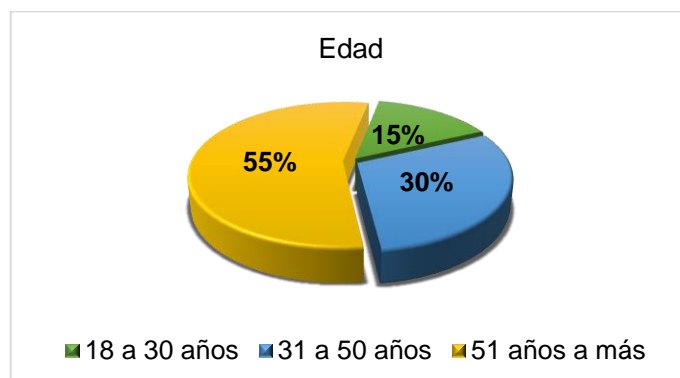
Edad de los encuestados

	Frecuencia	Porcentaje
18 a 30 años	3	15.0
31 a 50 años	6	30.0
51 años a más	11	55.0
Total	20	100.0

Nota. Elaboración propia.

Figura 10

Distribución de frecuencia de edades de los encuestados



Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 13 y la Figura 10 se puede observar que el 55% de los encuestados son de 18-30 años, el 30% tienen de 31-50 años y el 15% son de 51 años a más, por lo tanto, se evidencia que la gran mayoría de las personas son adultos mayores.

Pregunta 3:

Tabla 14

Ocupación de los encuestados

	Frecuencia	Porcentaje
Trabajador independiente	20	100.0

Nota. Elaboración propia.

Figura 11

Distribución de frecuencias de los encuestados



Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 14 y la Figura 11 se puede observar que el 100% de los veinte encuestados son trabajadores independientes, es decir que la mayoría trabajan en la agricultura y ganadería para sus necesidades básicas.

Pregunta 4:

Tabla 15

Cantidad de habitantes en el hogar

	Frecuencia	Porcentaje
2	11	55.0
3	4	20.0
4	3	15.0
Más de 4	2	10.0
Total	20	100.0

Nota. Elaboración propia.

Figura 12

Distribución de frecuencias de personas



Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 15 y la Figura 12 se puede observar que el 55% de los encuestados viven dos personas en una vivienda, 20 % viven 3 personas, 15 % viven 4 personas y el 10% viven 6 personas, por lo tanto, quiere decir que la gran mayoría de los hogares viven 2 personas.

Pregunta 5:

Tabla 16

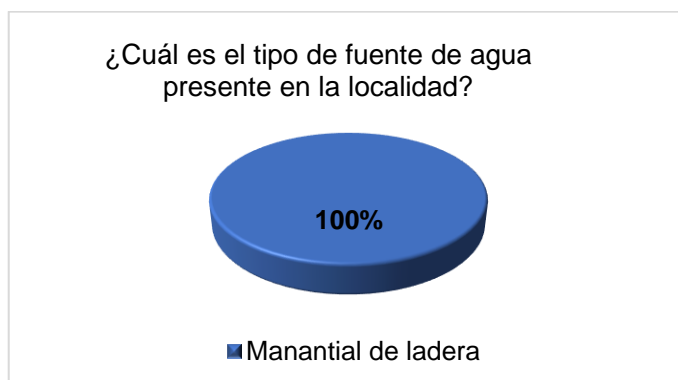
Tipo de captación de agua

	Frecuencia	Porcentaje
Manantial de ladera	20	100.0

Nota. Elaboración propia.

Figura 13

Pregunta 5



Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 16 y la Figura 13 se puede observar que el 100% de los encuestados indican que la fuente de abastecimiento de agua es de Manantial de ladera.

Pregunta 6:

Tabla 17

Pregunta 6

	Frecuencia	Porcentaje
Regular	14	70.0
Buena	6	30.0
Total	20	100.0

Nota. Elaboración propia.

Figura 14

Pregunta 6



Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 17 y la Figura 14 se puede observar que el 70% de los encuestados indican que la calidad del agua es regular y el 30% manifiestan que la calidad del agua es regular.

Pregunta 7:

Tabla 18

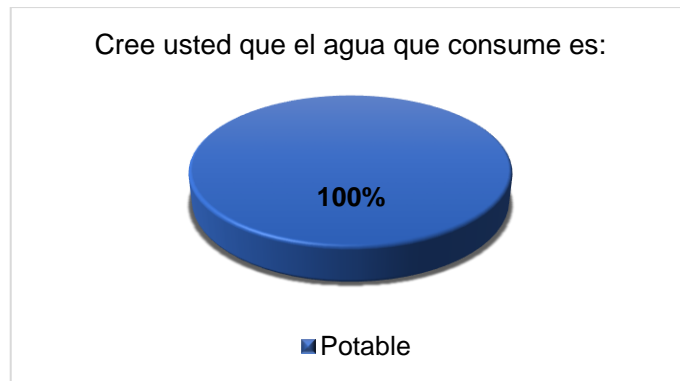
Pregunta 7

	Frecuencia	Porcentaje
Potable	20	100.0

Nota. Elaboración propia.

Figura 15

Pregunta 7



Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 18 y la Figura 15 se puede observar que el 100% de los encuestados indican que el agua que consumen es potable.

Pregunta 8:

Tabla 19

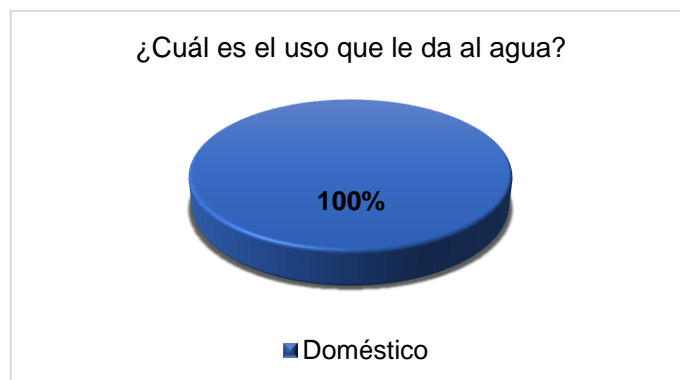
Pregunta 8

	Frecuencia	Porcentaje
Doméstico	20	100.0

Nota. Elaboración propia.

Figura 16

Pregunta 8



Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 19 y la Figura 16 se puede observar que el 100% de los encuestados indican que el uso que le dan al agua es doméstico.

Pregunta 9:

Tabla 20

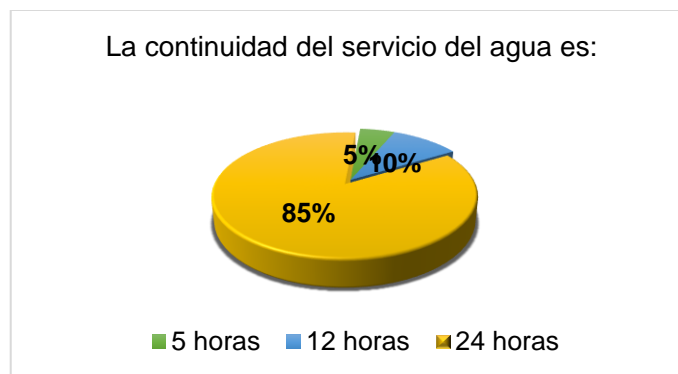
Pregunta 9

	Frecuencia	Porcentaje
5 horas	1	5.0
12 horas	2	10.0
24 horas	17	85.0
Total	20	100.0

Nota. Elaboración propia.

Figura 17

Pregunta 9



Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 20 y la Figura 17 se puede observar que el 85% de los encuestados indican que el servicio del agua es 24 horas, mientras que 10% solo cuentan con 12 horas de servicio de agua y el 5% tienen solo 5 horas de continuidad de servicio del agua potable.

Pregunta 10:

Tabla 21

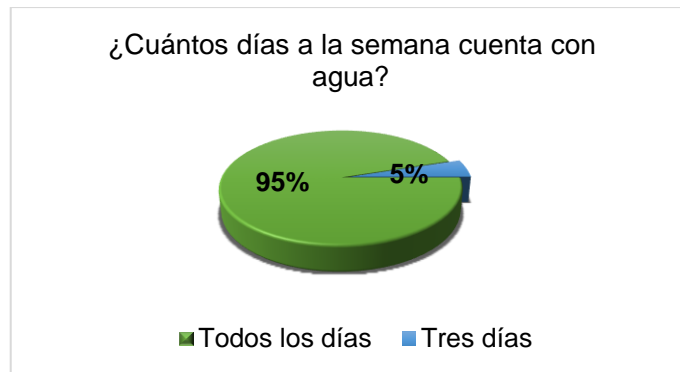
Pregunta 10

	Frecuencia	Porcentaje
Todos los días	19	95.0
Tres días	1	5.0
Total	20	100.0

Nota. Elaboración propia.

Figura 18

Pregunta 10



Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 21 y la Figura 18 se puede observar que el 95% de los encuestados indican que cuentan con agua todos los días, mientras que 5% solo cuentan con 3 días de servicio de agua.

Pregunta 11:

Tabla 22

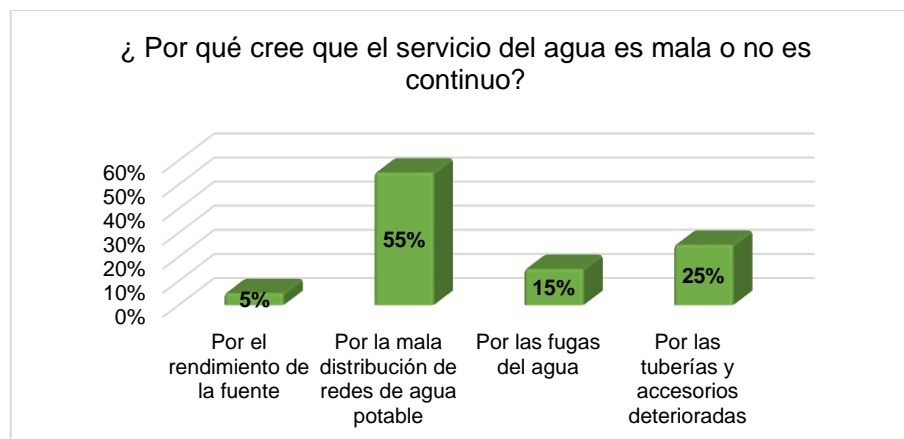
Pregunta 11

	Frecuencia	Porcentaje
Por el rendimiento de la fuente	1	5.0
Por la mala distribución de redes de agua potable	11	55.0
Por las fugas del agua	3	15.0
Por las tuberías y accesorios deterioradas	5	25.0
Total	20	100.0

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 19

Pregunta 11



Nota. Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 22 y la Figura 19 se puede observar que el 55% de los encuestados indican que el servicio del agua es mala debido a la mala distribución de redes de agua, mientras que el 25% manifiestan que no hay continuidad debido a las tuberías y accesorios deterioradas, asimismo, el 15 % manifiestan que se debe a las fugas de agua y el 5% indican que se debe al rendimiento de la fuente de abastecimiento.

Pregunta 12:

Tabla 23

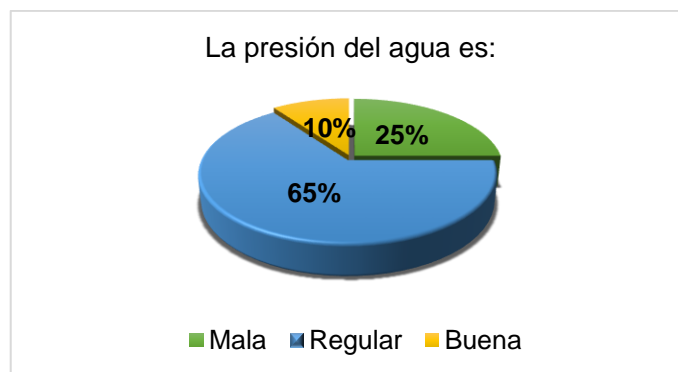
Pregunta 12

	Frecuencia	Porcentaje
Mala	5	25.0
Regular	13	65.0
Buena	2	10.0
Total	20	100.0

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 20

Pregunta 12



Nota. Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 23 y la Figura 20, el 65% de los encuestados manifiestan que la presión del agua es regular, sin embargo, el 25% indican que es mala y el 10% indican que la presión es buena.

Pregunta 13:

Tabla 24

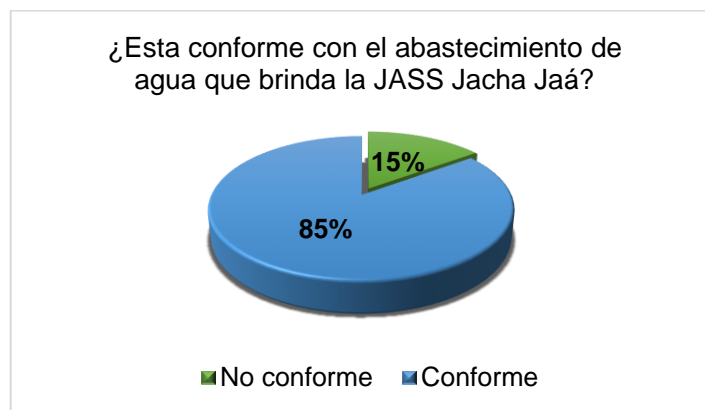
Pregunta 13

	Frecuencia	Porcentaje
No conforme	3	15.0
Conforme	17	85.0
Total	20	100.0

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 21

Pregunta 13



Nota. Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 24 y la Figura 21 se puede observar que el 85% de los encuestados indican que están conforme con el servicio del agua, mientras que el 15% indican que no están conforme con el servicio de agua potable.

Pregunta 14:

Tabla 25

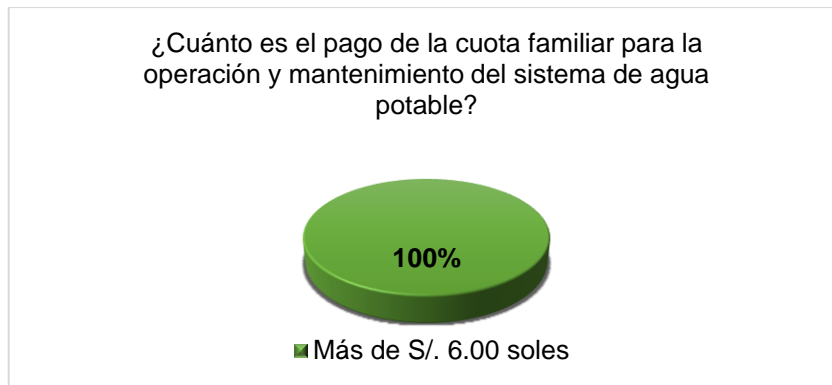
Pregunta 14

	Frecuencia	Porcentaje
Más de S/. 6.00 soles	20	100.0

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 22

Pregunta 14



Nota. Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 25 y la Figura 22 se puede observar que el 100% de los encuestados manifiestan que la cuota familiar es de 6 soles para el mantenimiento y operatividad de agua potable.

Pregunta 15:

Tabla 26

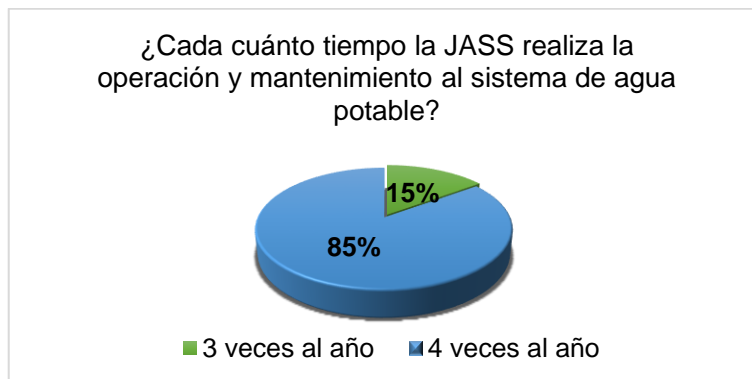
Pregunta 15

	Frecuencia	Porcentaje
3 veces al año	3	15.0
4 veces al año	17	85.0
Total	20	100.0

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 23

Pregunta 15



Nota. Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 26 y la Figura 23 se puede observar que el 85% de los encuestados manifiestan que el mantenimiento y operatividad del sistema de agua potable lo realizan 4 veces al año, mientras que el 15% indican que se da 3 veces al año.

3.7.4. Análisis de encuesta

Las encuestas y entrevista se realizaron de manera presencial in situ, donde las encuestas se han repartido a las personas usuarias del sistema de agua potable, referente a la entrevista se le hizo preguntas a uno de los representantes del JASS, todo ello con el fin de recolectar información y problemas que se han presentado en el sistema de distribución de agua con el transcurso del tiempo.

Tabla 27

Resumen de problemas encontrados

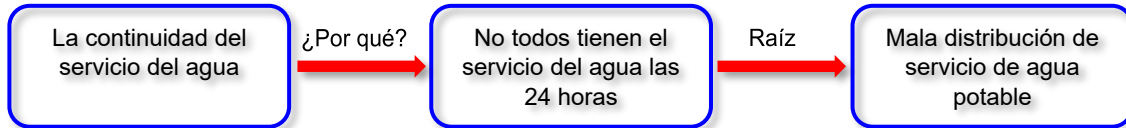
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE			CONTINUIDAD DEL SERVICIO DE AGUA		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE RED DE AGUA		COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LA RED DE AGUA	
COMPONENTES	CONDICIONES	OTRAS CONDICIONES	PARÁMETROS INFLUYENTES	TIEMPO DE SERVICIO	PARÁMETROS QUE GENERAN DIFICULTADES	OTRAS DIFICULTADES	MOTIVOS QUE GENERAN VARIACIÓN	OTROS FACTORES
Captación	Presenta una estructura con más de 20 años de antigüedad		Rendimiento de la fuente de agua (época estiaje)	24 Horas	No tiene una adecuada caja de válvulas		Disminución del caudal de la fuente	
Conducción	Cuenta con una válvula de control y desfogue			24 Horas	No presenta válvulas de aire, ni válvula de purga	Suelo rocoso	Coefficiente de rugosidad de la tubería existente	Años de antigüedad
Reservorio	Presenta deficiencias en el almacenamiento debido a que el volumen no es la adecuada	Volumen de reservorio 10 m ³						
Red de distribución	Mal servicio de distribución de agua suscitando el desabastecimiento	Las presiones del agua son bajas y no hay agua en algunas viviendas	Mala distribución de redes de agua Fugas de agua Tuberías y accesorios deteriorados	Variable	No presenta válvulas de aire, ni válvula de purga en el sistema	El tarifario por el servicio de agua es insuficiente Sedimentos que obstruyen el paso del agua	Coefficiente de rugosidad de la tubería existente Topografía del lugar Rotura de tuberías en diversos tramos Fisuras en tuberías y desgaste en llave grifo de agua	Años de antigüedad Mala ubicación e instalación de tuberías Accesorios no están bien empalmados Años de antigüedad

Nota. Fuente: Elaboración propia.

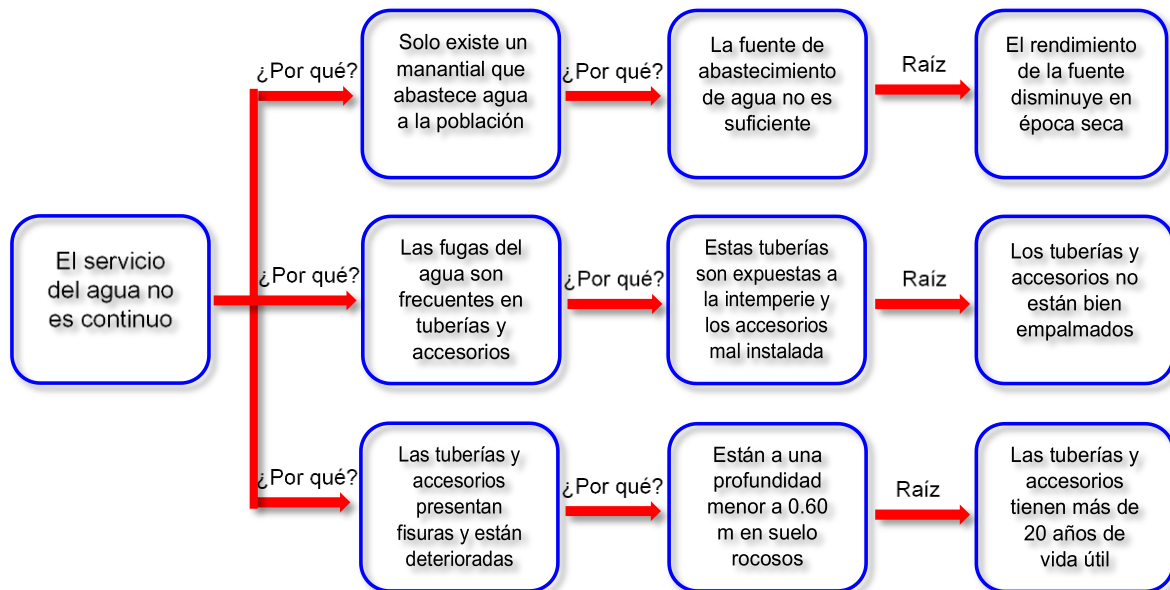
3.7.4.1. Identificación de causas raíz

PROBLEMAS DE LA ENCUESTA

1. La continuidad del servicio del agua:

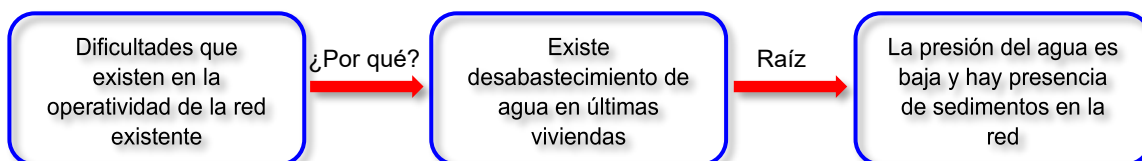


2. El servicio del agua no es continuo:

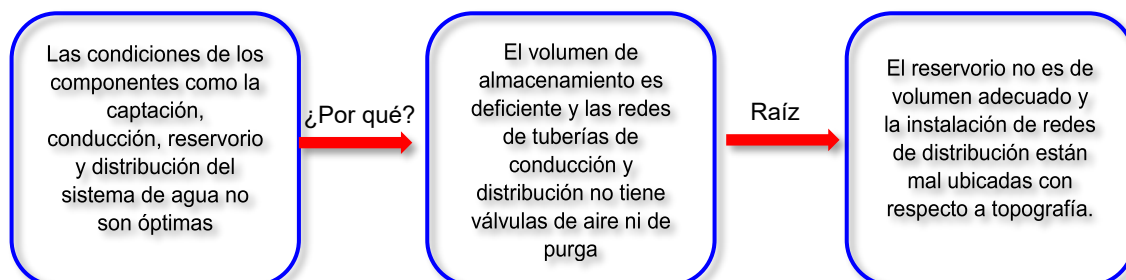


PROBLEMAS DE ENTREVISTA

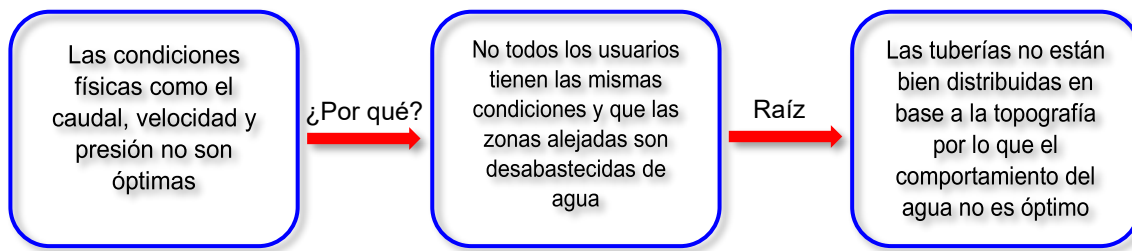
1. Dificultades que existen en la operatividad de la red de agua preexistente:



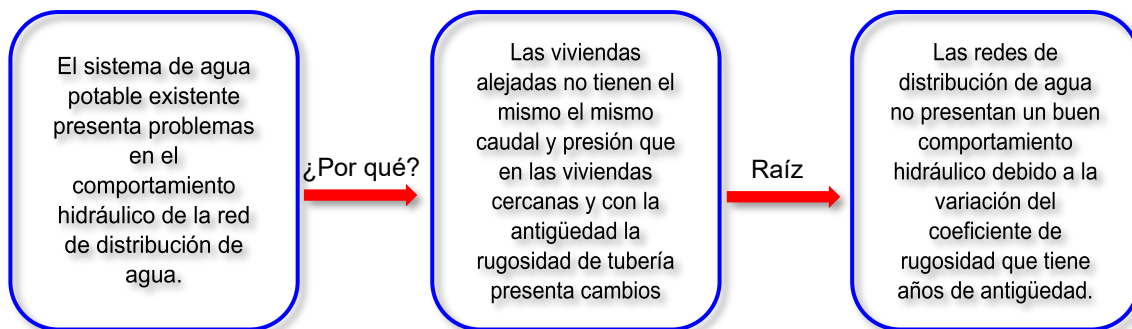
2. Las condiciones de los componentes como la captación, conducción, reservorio y distribución del sistema de agua no son óptimas:



3. Las condiciones físicas como el caudal, velocidad y presión no son óptimas:



4. El sistema de agua potable preexistente exhibe inconvenientes en el comportamiento del fluido en la red de distribución:



3.7.4.2. Soluciones

Tabla 28

Resumen de causa raíz y soluciones

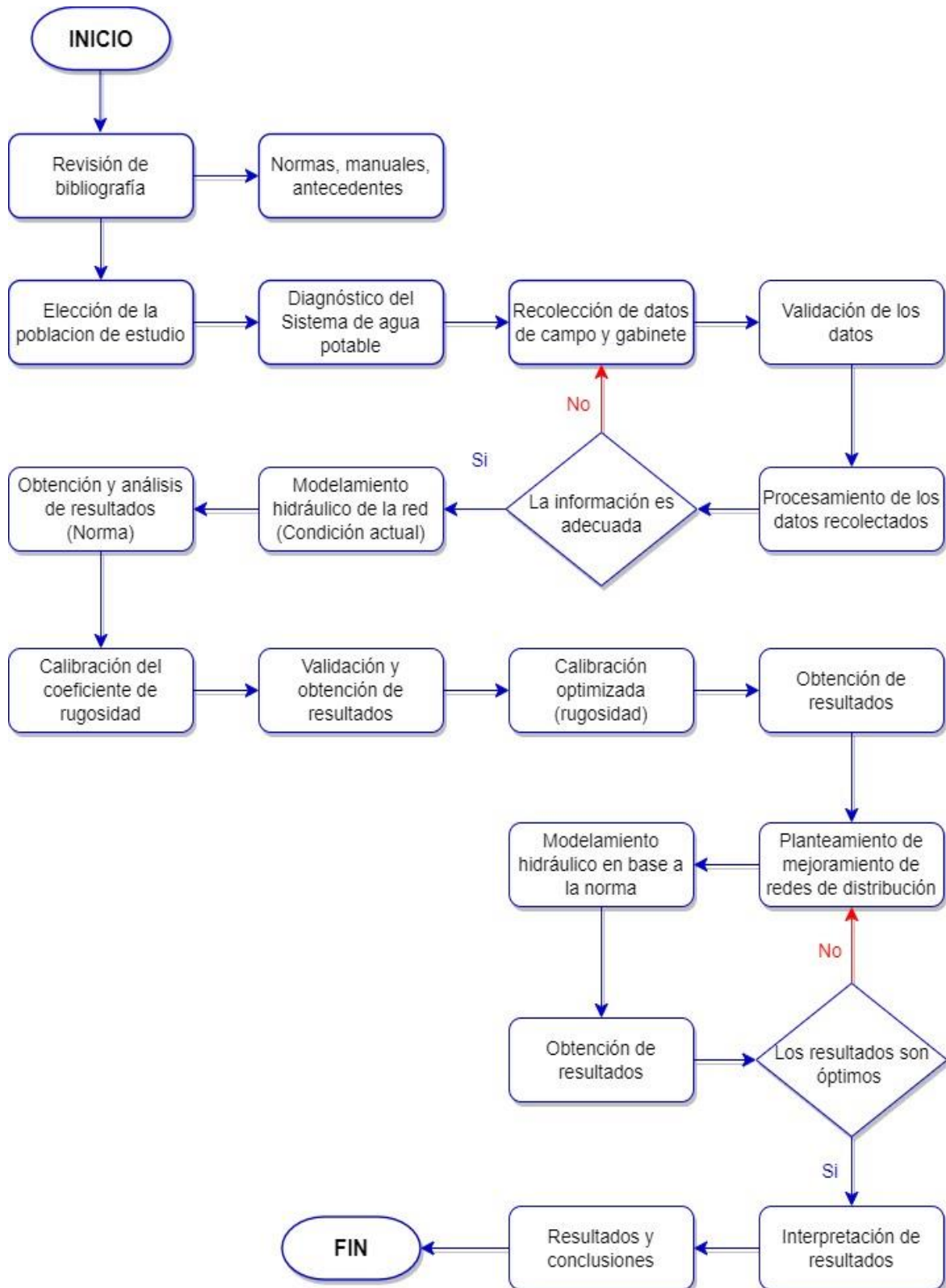
CAUSAS RAÍZ	SOLUCIÓN
Mala distribución de servicio de agua potable	Optimización de redes de distribución para mejorar el servicio de agua potable
El rendimiento de la fuente disminuye en época seca	Modelamiento de redes de distribución en waterGEMS
Los tuberías y accesorios no están bien empalmados	Modelamiento de redes de distribución en waterGEMS
Las tuberías y accesorios tienen más de 20 años de vida útil	Modelamiento de redes de distribución en waterGEMS
La presión del agua está en descenso y hay presencia de sedimentos en la red	Simulación hidráulica de redes en waterGEMS para optimizar la presión del agua
El reservorio no es de volumen adecuado y la instalación de redes de distribución están mal ubicadas con respecto a topografía.	Simulación hidráulica de redes en waterGEMS para optimizar el sistema de agua.
Las tuberías no están bien distribuidas respecto a la topografía por lo que el comportamiento del agua no es óptimo	Modelamiento del comportamiento hidráulico para un sistema optimizado
Las redes de distribución de agua no presentan un buen comportamiento hidráulico debido a la variación del coeficiente de rugosidad que tiene años de antigüedad.	Modelamiento y calibración del factor de rugosidad para mejorar el comportamiento hidráulico del sistema de agua

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.7.5. Diagrama de flujo

Figura 24

Diagrama de flujo



Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.8. Desarrollo de la investigación

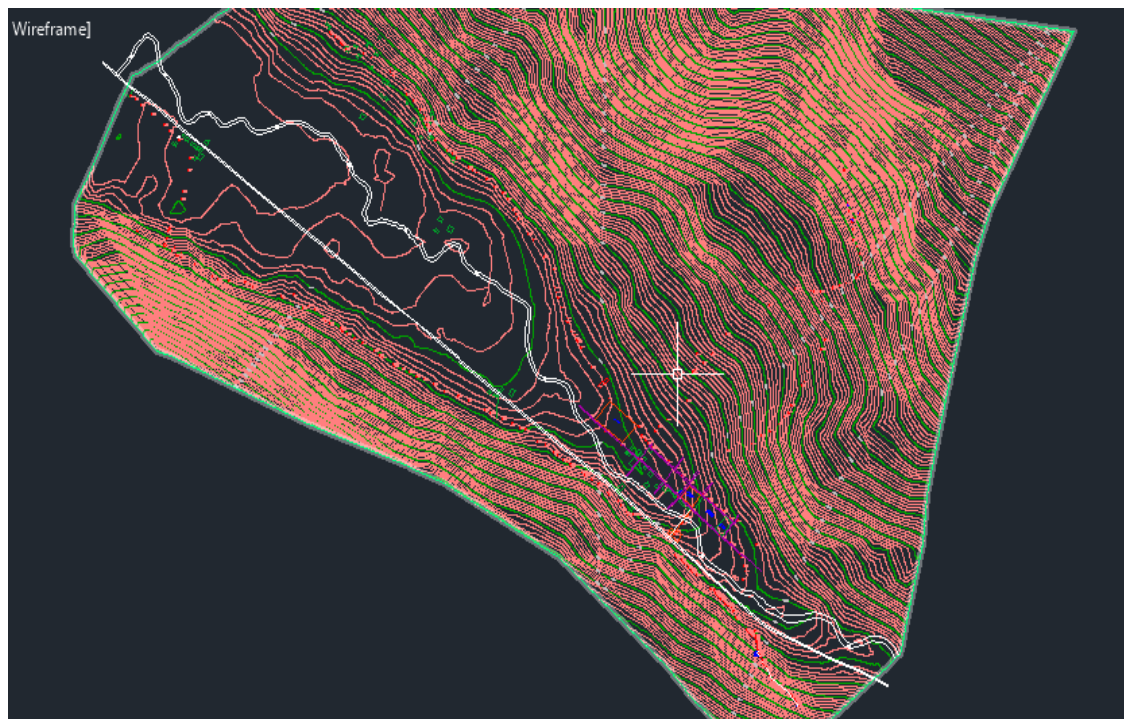
3.8.1. Levantamiento topográfico del sistema de distribución

3.8.1.1. *Procesamiento de datos tomados en gabinete*

1. Primeramente se realizó el levantamiento topográfico con instrumentos apropiados a fin de obtener datos como las coordenadas este y norte, elevación y descripción de cada punto. El cual consto de reconocimiento de la zona trabajo realizandose varias lecturas de distintos puntos donde limita el area de trabajo.
2. Se realizó la importacion de datos al software AutoCAD Civil 3D en dimensión CSV (Delimitado por comas), para su triangulacion, seguido ello, se procedio a la creacion de superficie en base a los datos suministrados, para su generacion de las curvas de nivel del centro poblado de Jacha Jaá, donde se visualiza la topografia del terreno en la que se encuetran las redes de agua existentes.

Figura 25

Plano topográfico del área en estudio



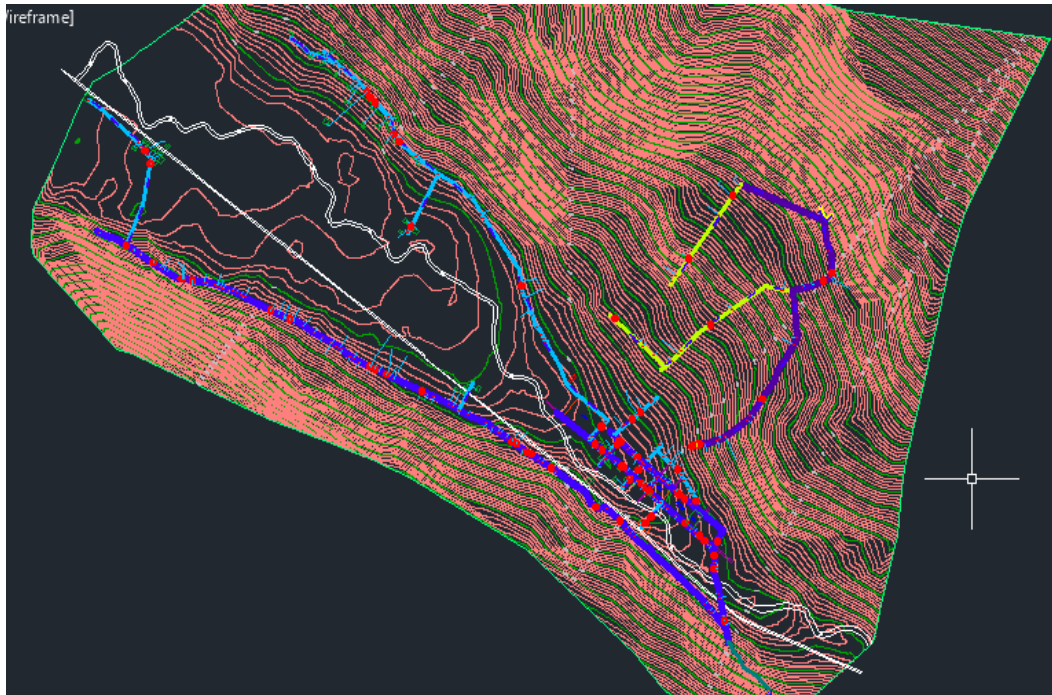
Nota. Elaboración propia.

3.8.1.2. Trazado de la red de distribución existente

Una vez obtenido la topografía del terreno se procedió a trazar las redes de distribución de agua potable existente del centro poblado de Jacha Jaá, en el programa AutoCAD Civil 3D incluyendo su descripción, clase de tubería y diámetros.

Figura 26

Red de distribución de agua potable existente



Nota. Elaboración propia.

3.8.2. Pérdidas de agua (fugas) in situ

Se identificaron tres puntos de pérdida de agua debido al deterioro de los tubos y los accesorios como las válvulas de control presentaron fugas de agua en los sectores de Kollpaocco y Jachoja.

3.8.3. Toma de datos de recolección

3.8.3.1. Medición de presión de agua en viviendas

La medición se realizó en el intervalo de tiempo desde las 6 am a 9 am, en los días Lunes y Martes del presente año, tomando como muestra las conexiones domiciliarias, en otros casos las unidades básicas, donde se logró reunir la suficiente número de muestras



para la toma de presiones. Se logró alcanzar un total de muestras de 16 viviendas, los cuales son para la calibración de la red de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaá.

Tabla 29

Presiones medidas en campo

N°	Nombre de Usuarios	Vivienda	Julio		Julio	
			Sábado		Domingo	
			06:00 am - 07:00 am		06:00 am - 07:00 am	
			Presión In Situ		Presión In Situ	
			psi	mca	psi	mca
1	MACHACA CONDORI FACUNDO	N-290	40	28.16	38	26.75
2	APAZA GOMEZ ROSA	N-348	50	35.20	46	32.38
3	COAQUIRA MAMANI JUAN DE DIOS	N-322	38	26.75	39	27.46
4	APAZA GOMEZ GREGORIO	N-323	30	21.12	33	23.23
5	MAMANI APAZA DELFINA	N-422	29	20.42	28	19.71
6	COAQUIRA APAZA LEONIDAS	N-367	25	17.60	25	17.60
7	PUESTO DE SALUD	N-502	40	28.16	37	26.05
8	PINTO GOMEZ HIPOLITO	N-431	18	12.67	17	11.97
9	GREGORIA CONDORI COAQUIRA	N-299	10	7.04	11	7.74
10	PINTO GOMEZ ZENON	N-490	5	3.52	7	4.93
11	GOMEZ CONDORI MAURA	N-285	27	19.01	4	2.82
12	PINTO APAZA DELIA	N-279	15	10.56	13	9.15
13	GOMEZ APAZA JULIA	N-459	11	7.74	10	7.04
14	GOMEZ CONDORI GILMER	N-507	4	2.82	5	3.52
15	AÑAMURO COAQUIRA SOLEDAD	N-437	13	9.15	12	8.45
16	CONDORI MAMANI HORACIO	N-300	12	8.45	9	6.34

Nota. Elaboración propia.

3.8.4. Modelo hidráulico

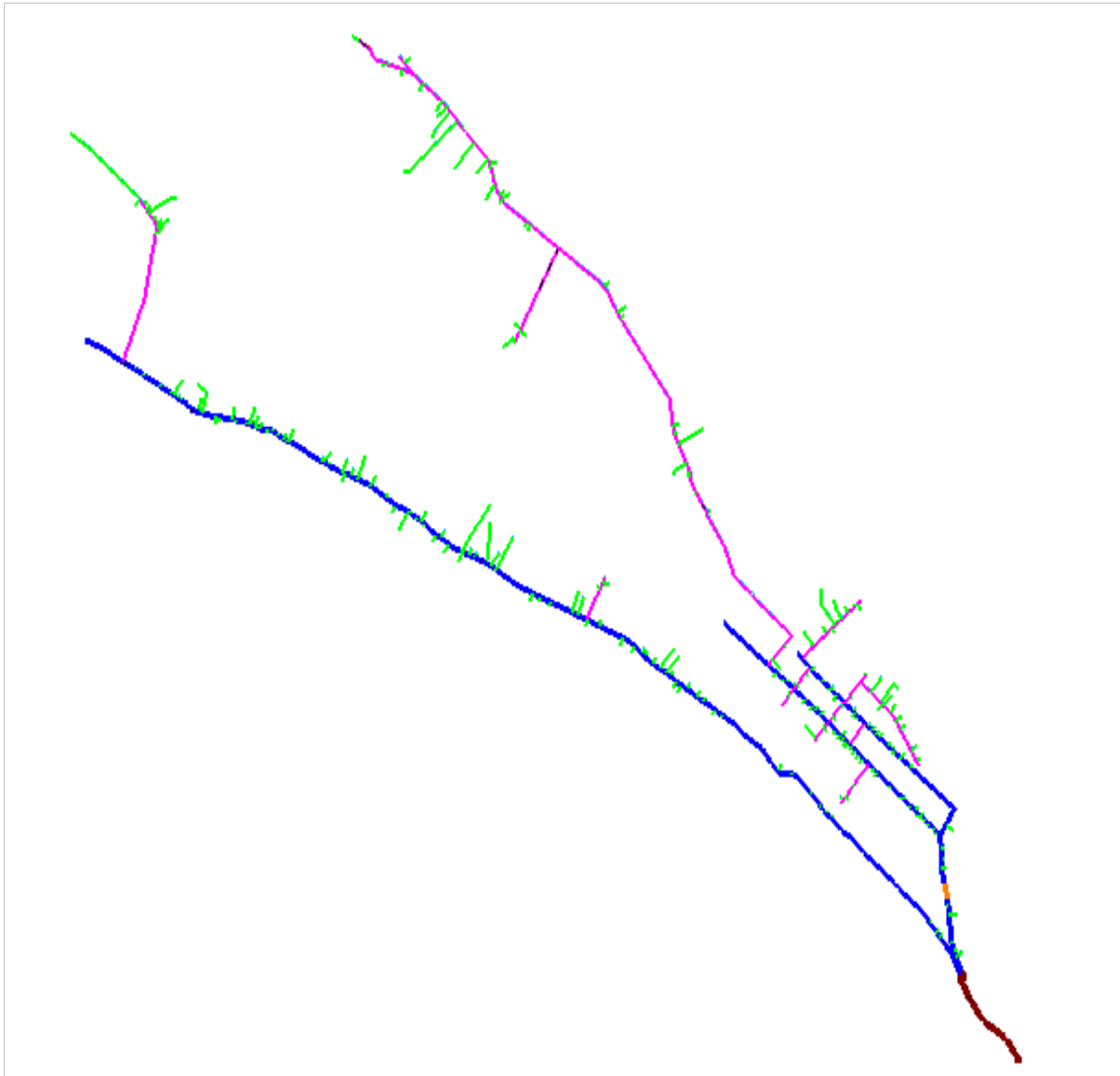
3.8.4.1. Topología

Se organizó los datos que se solicitan para ingresar al programa waterGEMS, básicamente la topología y elevaciones de la red de distribución del agua potable existente del centro poblado de Jacha Jaá-Moho, lo cual se efectuó por medio del software Civil 3D donde se separa el plano de topología de redes de manera independiente, considerando diferentes capas a los diámetros de la tubería que se presenta con previa verificación de inexistencia de una tubería sobre otra, corroborando que se encuentren conectados a un nodo.

De mismo modo, las elevaciones de la red de distribución se separó el plano de curvas de nivel, dichos planos se guardaron en el formato DXF que tiene compatibilidad con el programa de modelamiento.

Figura 27

Tuberías de red de distribución de agua potable existente

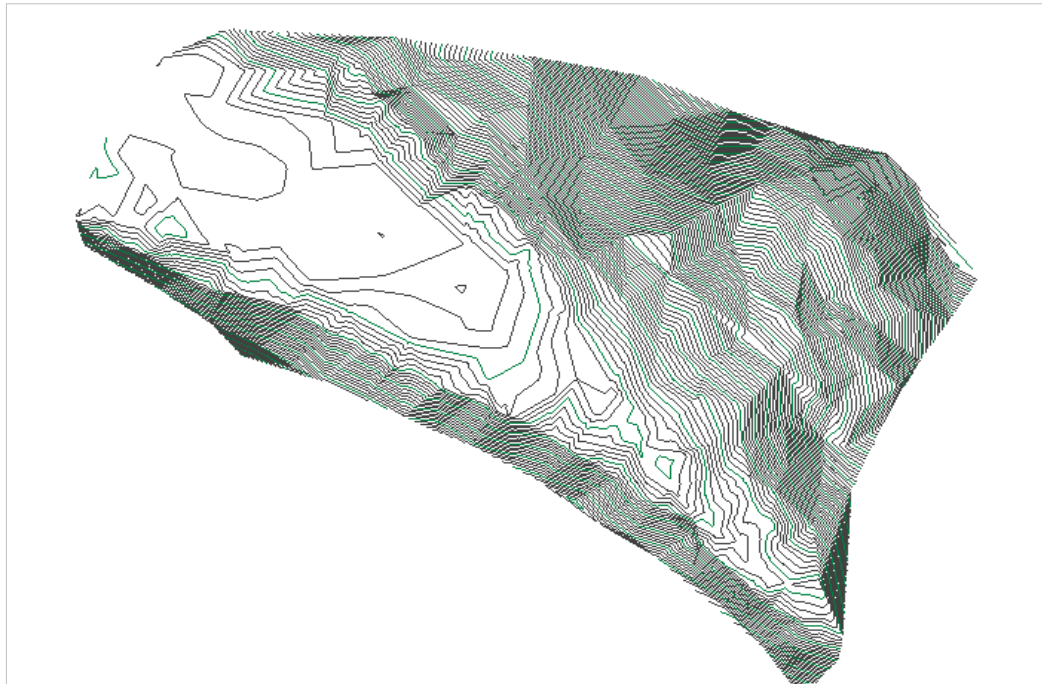


Nota. Elaboración propia.

Seguidamente, en la Figura 28 se puede apreciar las curvas de nivel de la zona de estudio donde se encuentra las redes de distribución de agua potable existente.

Figura 28

Curvas de nivel del área en estudio



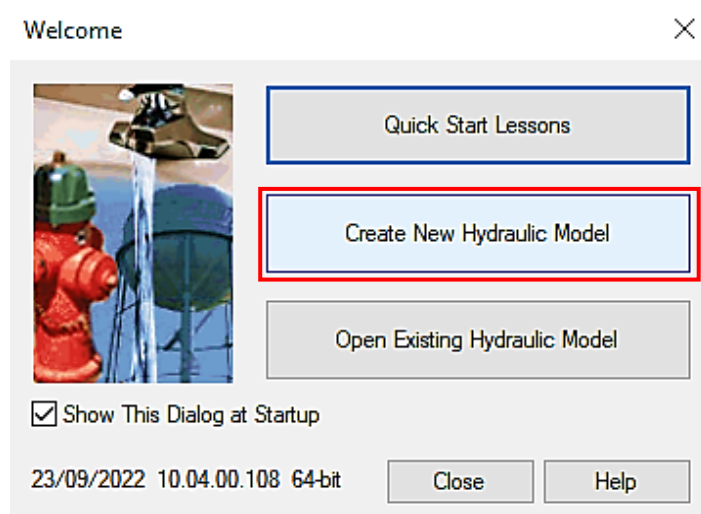
Nota. Elaboración propia.

3.8.4.2. Configuración de las redes y reservorio en WaterGems

1. Configuración del modelo: Al abrir el programa se procedió a colocar <Create new hydraulic model>.

Figura 29

Ventana para la creación de proyecto nuevo.



Nota. Elaboración propia.

- Colocado de nombre de proyecto: Se ubicó el icono archivo, seguido ello <info> en la que se ha ingresado el nombre del proyecto, posteriormente, se hizo la configuración de la hoja de diseño como tal las unidades y el modelo de dibujo en modo escalado.

Figura 30

Colocado de nombre del proyecto a bosquejar.

Info

Title: MODELAMIENTO DE REDES

File Name: D:\08 TESIS UANCV 2023\03. MODELAMIENTO WATERGEMS\MODELAMIE

Engineer: MIRIAM

Company:

Date: 07/09/2023

Notes: MODELAMIENTO PARA TESIS

Nota. Elaboración propia.

Figura 31

Configuraciones de unidades, modo y escala de dibujo.

Options

Global Hydraulic Model Drawing Units Labeling ProjectWise Engine

Save As... Load... Reset Defaults

Default Unit System for New Hydraulic Model: SI

	Label	Unit	Display Precision	Format
26	Density	L/ha/day	3	Number
27	Depth	m	1	Number
28	Diameter	mm	2	Number
29	Diameter - Large	m	2	Number
30	Diffusivity	m ² /s	3	Scientific
31	Discharge Coefficient	m ³ /s/(m ³ /s/(m H ₂ O) ^{0.5})		Number
32	Efficiency Coefficient	%	2	Number
33	Elevation	m	2	Number
34	Emitter Coefficient	L/s/(m H ₂ O) ⁿ	3	Number
35	Energy	kWh	1	Number
36	Energy per Unit Volume	kWh/ML	0	Number
37	Energy Use per Power	kWh/kW	3	Number
38	Flow	L/s	5	Number
39	Flow - Small	L/s	5	Number
40	Force	N	3	Number
41	Head	m	2	Number
42	Headloss	m	2	Number
43	Inertia	kg·m ²	3	Number
44	Length	m	2	Number
45	Length - Short	mm	1	Number
46	Main Score		0	Number
47	Mass per Area	kg/ha	3	Number

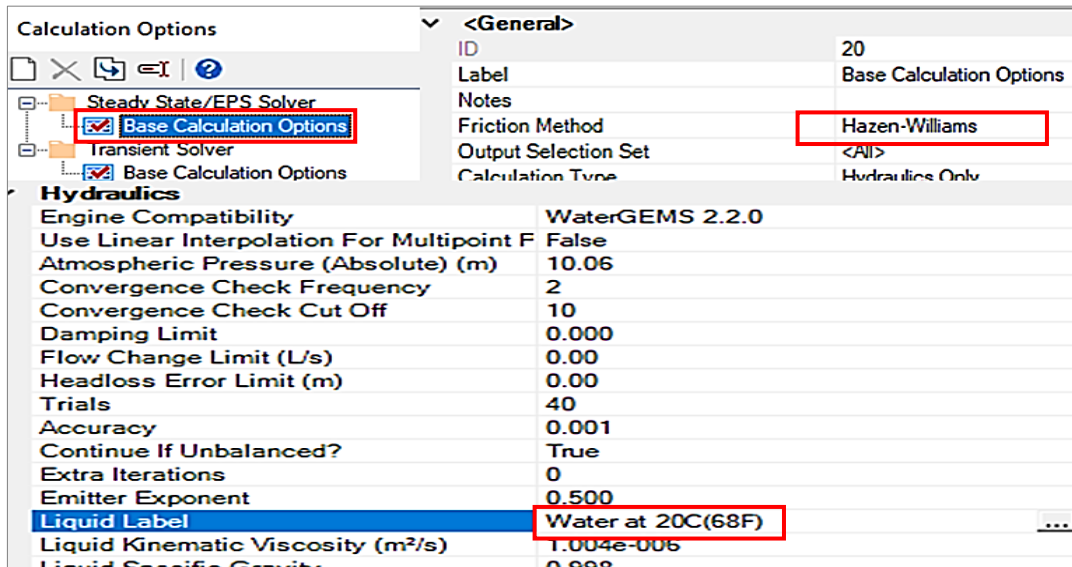
OK Cancel Help

Nota. Elaboración propia.

- Para la estimación de la pérdida de carga del fluido a modelar: Se procedió a elegir el tipo de análisis, tipo de fluido, pérdida de carga que se presenta dentro de la tubería y el método a emplearse.

Figura 32

Determinación del fluido y las pérdidas de carga

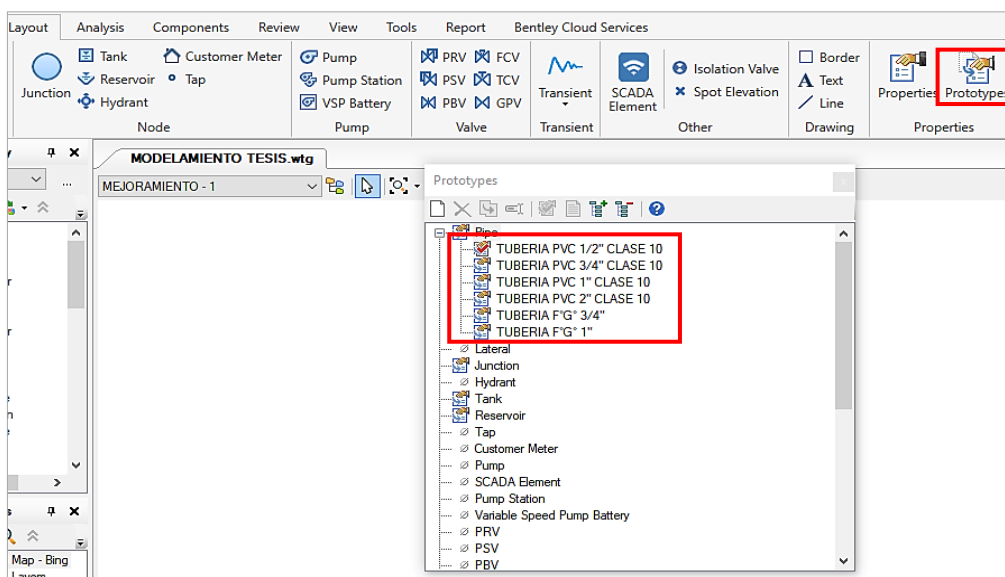


Nota. Elaboración propia.

- Se procedió a colocar los tipos de tuberías existentes con sus diámetros en la opción ventana <Layout>, luego <Prototypes> con todas sus características.

Figura 33

Definición de prototipos (tubería existente).

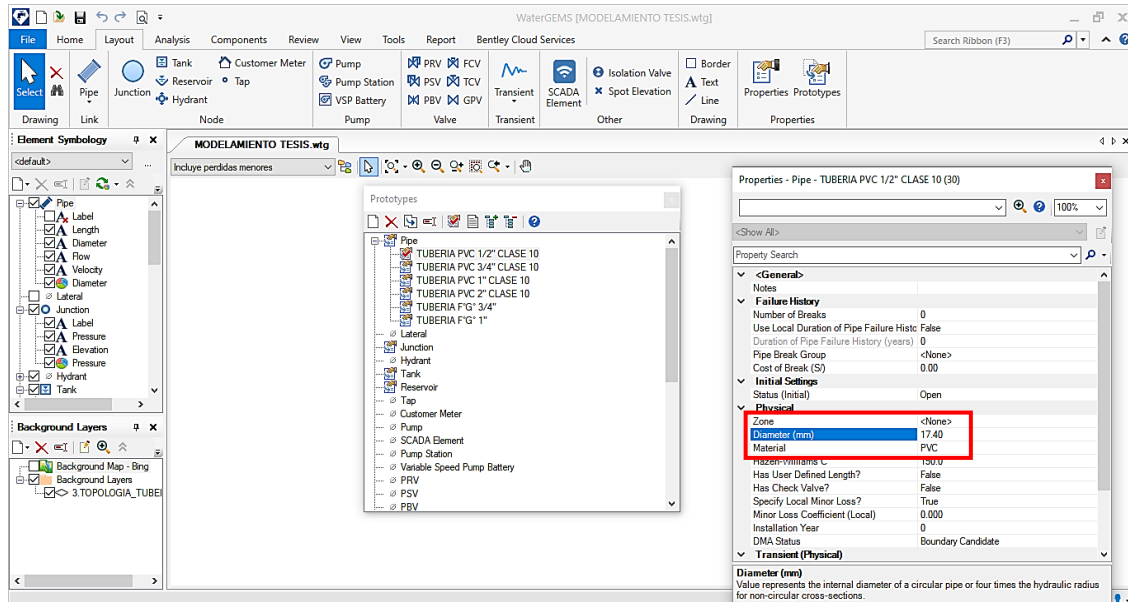


Nota. Elaboración propia.

5. Se hizo la configuración de prototipos (tuberías y reservorio) para el modelamiento como evidencia la Figura 34.

Figura 34

Determinación del material y diámetro de las tuberías



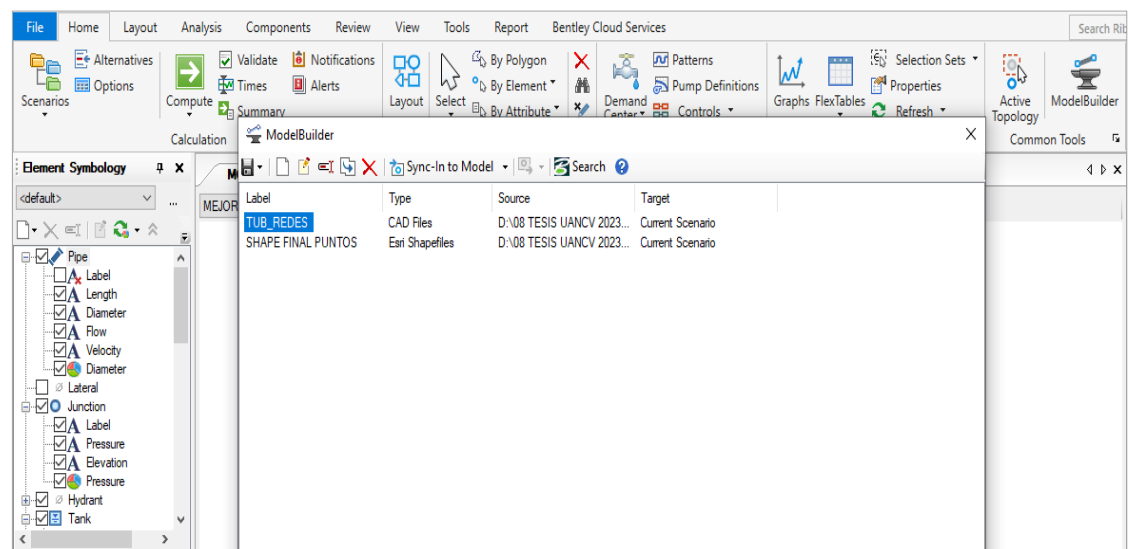
Nota. Elaboración propia.

3.8.4.3. Creación de topología de redes de agua

1. Primeramente, se importó el plano de red existente en formato DXF a través del comando <Tools>, luego <Model Builder> respectivamente.

Figura 35

Ventana del comando herramientas.

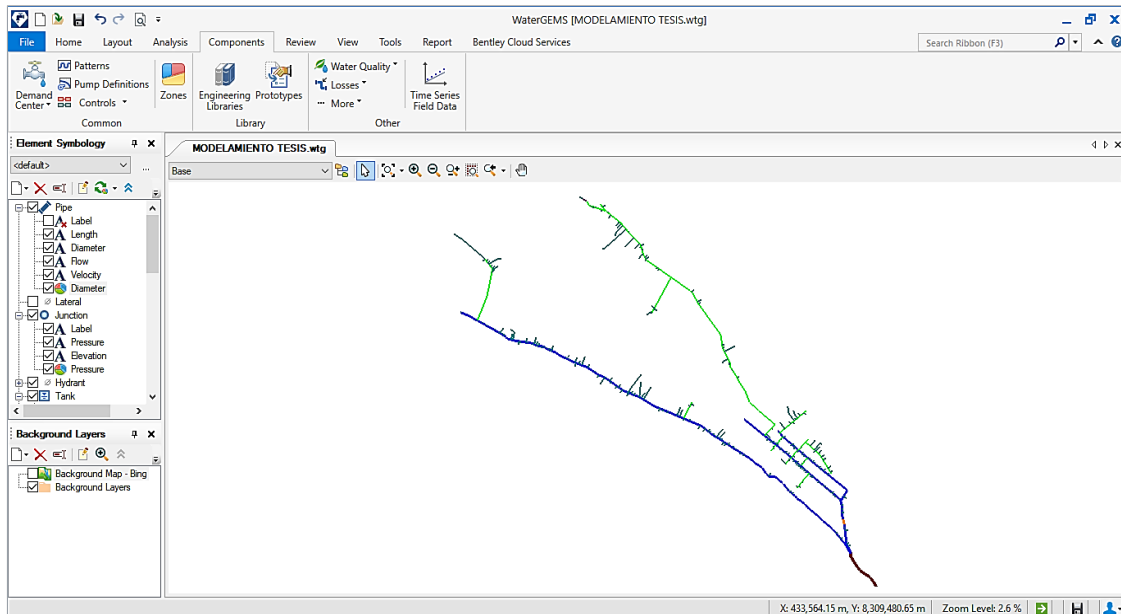


Nota. Elaboración propia.

2. Seguido ello, se ingresó la información de la red tales como el diámetro de la tubería, material y tipo de fluido, así también información del reservorio de 10 m³.

Figura 36

Red de distribución de agua potabilizada en el software WaterGEMS

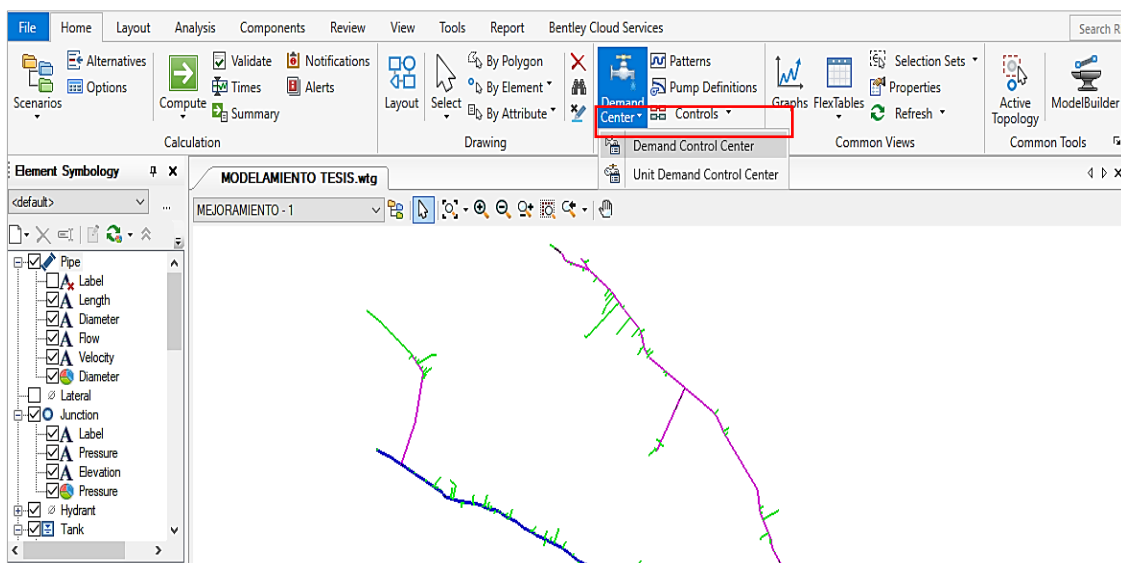


Nota. Elaboración propia.

3. Para la asignación de demandas, se procedió a seleccionar la opción <Demand center>, luego <centro de control de demandas> para ingresar datos de caudal unitario en cada vivienda.

Figura 37

Ventana del comando Centro de demandas

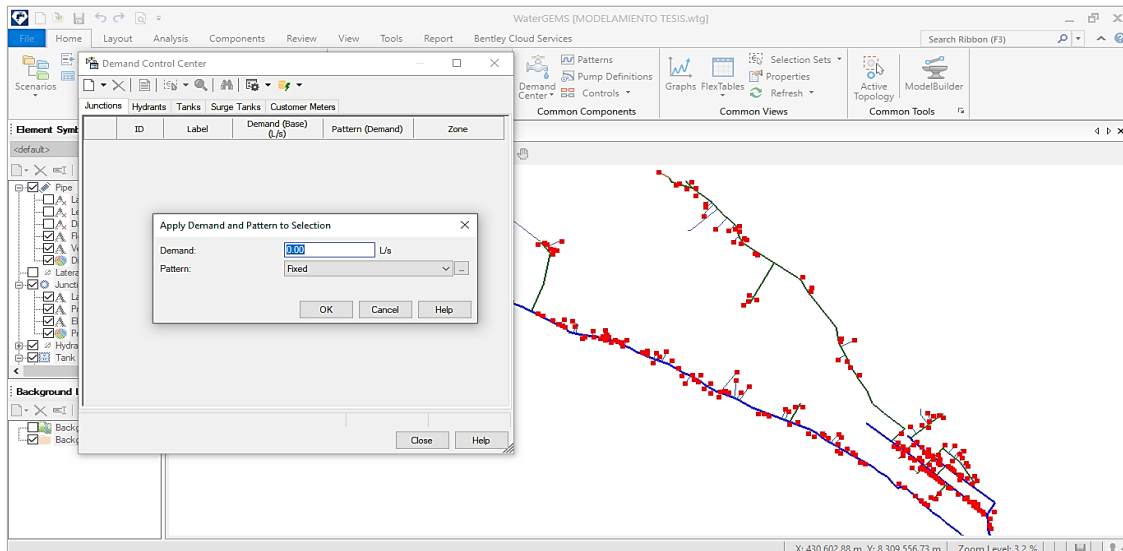


Nota. Elaboración propia.

4. Seguidamente, se ingresó la demanda de agua a los nodos donde están ubicadas las viviendas. Para lo cual se selecciona todos los nodos las cuales presentaran demanda, tal como evidencia la figura 38.

Figura 38

Asignación de demanda de agua en nodos

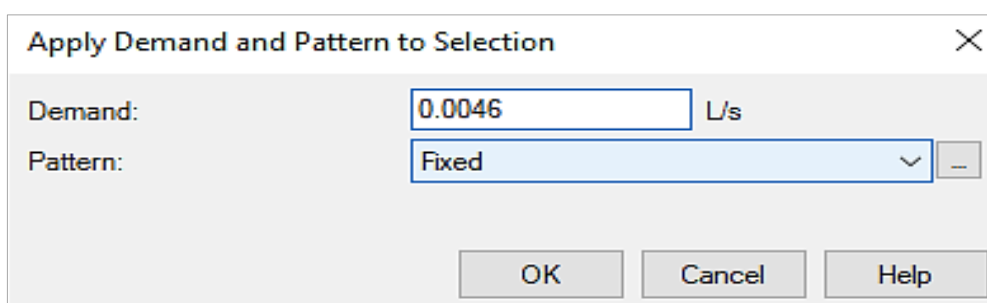


Nota. Elaboración propia.

5. Posterior a ello, se ingresó el dato de caudal unitario ($Q_u=0.0046$ l/seg), como se aprecia en la figura 39. Para finalizar, se procede a validar y ejecutar el modelo.

Figura 39

Colocación de caudal unitario



Nota. Elaboración propia.

3.8.5. Calibración del coeficiente de rugosidad

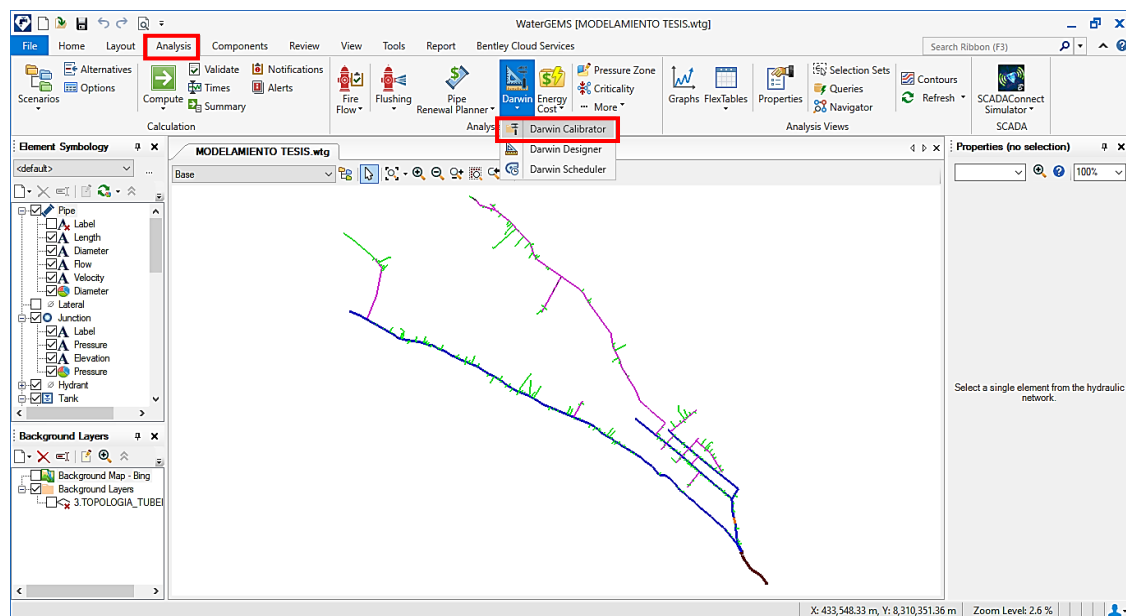
Para realizar la calibración del factor de rugosidad de la red de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa, se empleó la herramienta Darwin Calibrator del Software WaterGEMS.

3.8.5.1. Calibración de la red de agua potable

1. Primero se ubicó la barra de herramientas Analysis, donde se encuentra la opción Darwin Calibrator.
2. Se seleccionó la Herramienta Darwin Calibrator, que admitirá efectuar la calibración del factor de rugosidad, efectuando cotejo de las presiones de campo (in situ) y modeladas.

Figura 40

Herramienta Darwin Calibrator del Software WaterGEMS

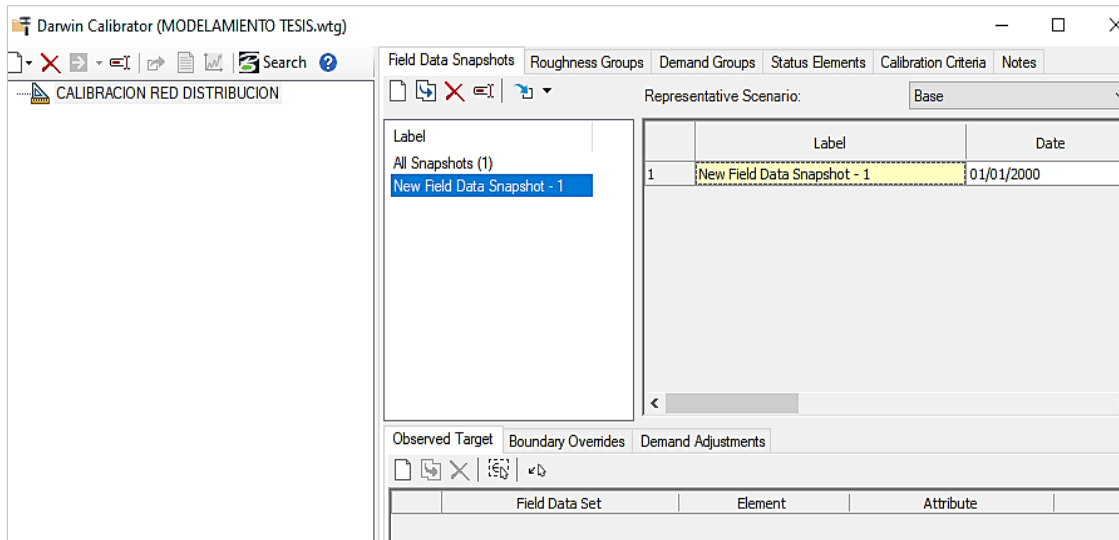


Nota. Elaboración propia.

3. Seguidamente, se seleccionó <New Calibration Study>, a fin de comenzar con una calibración básica, que brinda el software.
4. Luego, se renombro como Calibración de la red de distribución como evidencia la figura 41.

Figura 41

Calibración nueva de trabajo renombrada

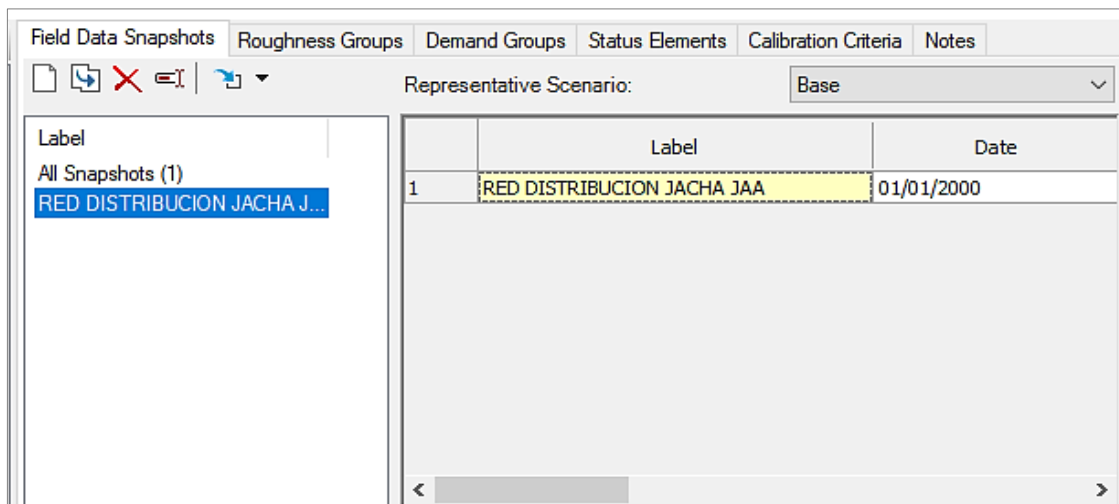


Nota. Elaboración propia.

5. Dentro del nuevo estudio creado, se ingresó a Fiel Data Snapshots, en la que se creó una Data como evidencia la figura 42, donde se ingresara los datos que se recopiló en campo.

Figura 42

Creación de Data en Calibración de red de distribución

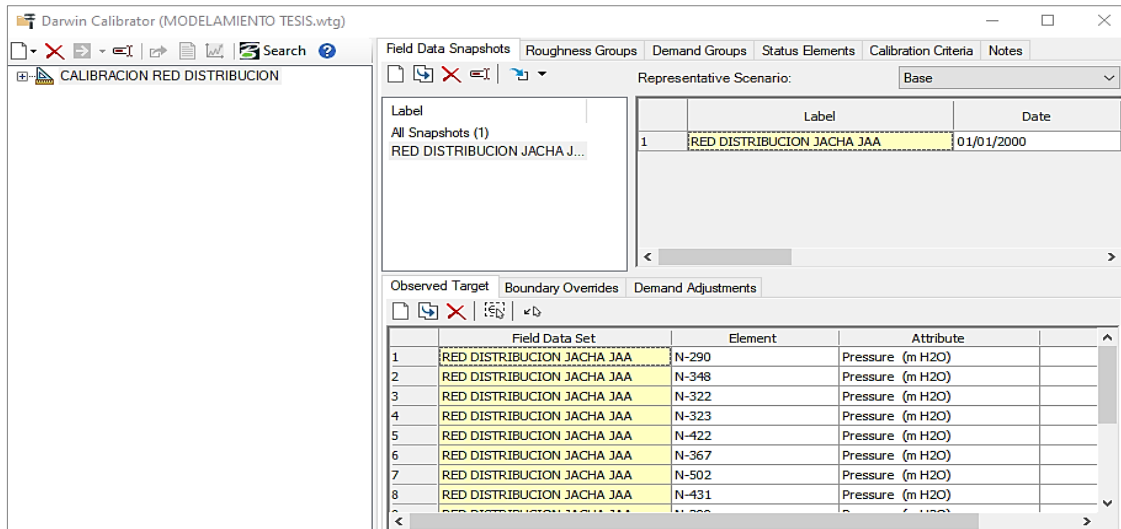


Nota. Elaboración propia.

6. Posterior a ello, se ingresó a la pestaña Observed Target ubicada en la parte inferior, donde se procedió a situar los puntos o nodos de presión medida in situ en la columna Element, tal como evidencia la figura 43.

Figura 43

Ubicación de puntos de presión In Situ.



Nota. Elaboración propia.

- Luego, se procedió a configurar cada punto ingresando como Atributo: Pressure y en Value se ingresó los valores medidos en campo, quedando consecutivamente, como muestra la figura 44.

Figura 44

Configuración de puntos de presión tomados In Situ

Observed Target	Boundary Overrides	Demand Adjustments	
Field Data Set	Element	Attribute	Value
1 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-290	Pressure (m H2O)	28.16
2 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-348	Pressure (m H2O)	35.20
3 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-322	Pressure (m H2O)	21.12
4 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-323	Pressure (m H2O)	26.75
5 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-422	Pressure (m H2O)	20.42
6 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-367	Pressure (m H2O)	17.60
7 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-502	Pressure (m H2O)	28.16
8 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-431	Pressure (m H2O)	12.67
9 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-299	Pressure (m H2O)	7.04
10 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-490	Pressure (m H2O)	3.52
11 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-285	Pressure (m H2O)	19.01
12 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-279	Pressure (m H2O)	10.56
13 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-459	Pressure (m H2O)	7.74
14 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-507	Pressure (m H2O)	2.82
15 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-437	Pressure (m H2O)	9.15
16 RED DISTRIBUCION JACHA JAA	N-300	Pressure (m H2O)	8.45

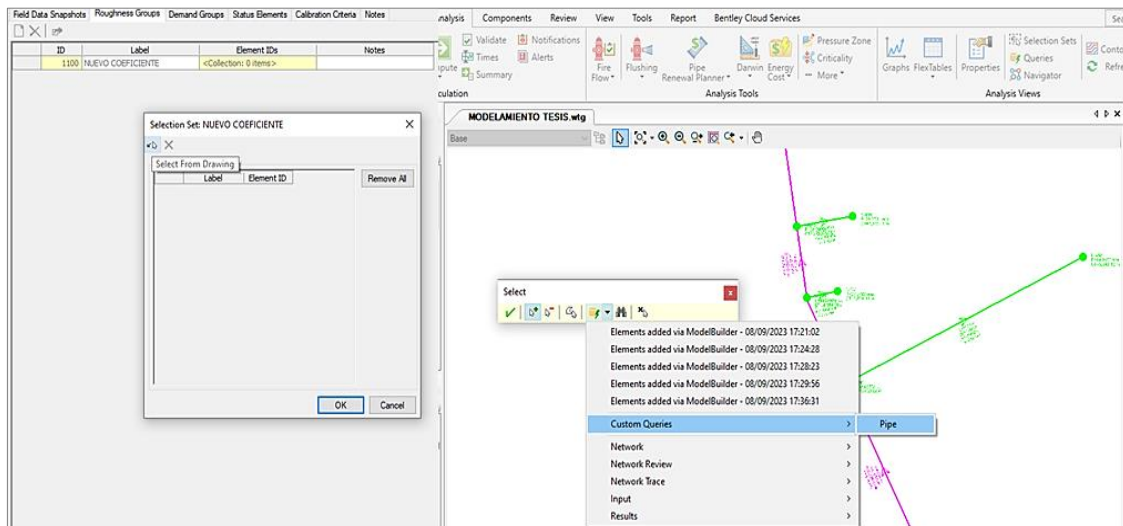
Nota. Elaboración propia.

- En seguida se ubicó la opción Roughness Groups, donde se crea nuevo grupo de coeficiente, renombrándolo como Nuevo coeficiente.

9. Se seleccionó los puntos en la opción de Element IDs, y la opción Select from drawing. Finalmente, para seleccionar las tuberías se ubicó la opción Query-Custom queries y pipe, como evidencia la figura 45.

Figura 45

Creación de nuevo coeficiente de rugosidad.

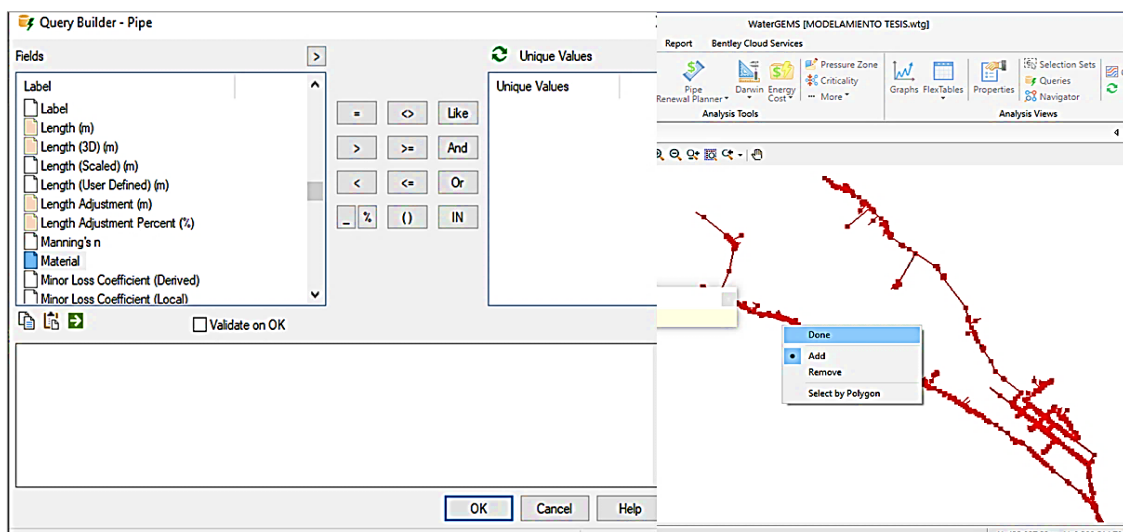


Nota. Elaboración propia.

10. En la opción Pipe, se seleccionó Material dentro de la pestaña Fields, seguidamente se aplicó, y cuando se tiene todo seleccionado se dio la opción Done, como evidencia la figura 46.

Figura 46

Elección de material



Nota. Elaboración propia.

11. Posterior a ello, se observa que se agrupó las 501 tuberías de la red de distribución de agua potable, como muestra la figura 47.

Figura 47

Agrupamiento de tuberías.

ID	Label	Element IDs	Notes
1100	NUEVO COEFICIENTE	<Collection: 501 items>	

Nota. Elaboración propia.

12. Se prosiguió a configurar los parámetros de calibración, donde se ha creado una nueva sub pestaña en la Calibración de la red, denominándose Calibración básica.

Figura 48

Ajustes de parámetros de calibración.

Roughness Adjustment Group	Is Active?	Operation	Value
1 NUEVO COEFICIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	Multiply	0.90

Nota. Elaboración propia.

13. Para finalizar se seleccionó Compute, en la que el programa se ocupa de ejecutar y así mostrar una comparativa de presiones medidas y modeladas, con un coeficiente calibrado.

14. Esta herramienta, nos permite evaluar tanto las presiones medidas y modeladas de las redes existentes, mostrando el valor nuevo de coeficiente de rugosidad básica.

Figura 49

Ejecución de la calibración en el programa WaterGEMS

	Roughness Adjustment Group	Is Active?	Operation	Value
1	NUEVO COEFICIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	Multiply	0.900

Nota. Elaboración propia.

3.8.5.2. Calibración optimizada del coeficiente de rugosidad

Para esta optimización se procedió a emplear la calibración optimizada, que se encuentra dentro de la herramienta Darwin Calibrator. Puesto que, esta calibración se fundamenta en la usanza de algoritmos genéticos, que permiten erigir simulaciones cercanas a los datos de campo, adecuando minuciosamente algunos parámetros en el análisis.

1. Se procedió a crear nuevo estudio optimizado, en la que se ha ingresado los datos de las presiones medidas in situ.

Figura 50

Nueva calibración optimizada de coeficiente de rugosidad de la red

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	CALIBRACION DE C	CALIBRACION DE COEFICIENTE	Pressure (m H2O)	28.16
2	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-348	Pressure (m H2O)	35.20
3	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-322	Pressure (m H2O)	21.12
4	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-323	Pressure (m H2O)	26.75
5	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-422	Pressure (m H2O)	20.42
6	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-367	Pressure (m H2O)	17.60
7	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-502	Pressure (m H2O)	28.16
8	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-431	Pressure (m H2O)	12.67
9	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-299	Pressure (m H2O)	7.04
10	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-490	Pressure (m H2O)	3.52
11	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-285	Pressure (m H2O)	19.01
12	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-279	Pressure (m H2O)	10.56
13	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-459	Pressure (m H2O)	7.74
14	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-507	Pressure (m H2O)	2.82
15	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-437	Pressure (m H2O)	9.15
16	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-300	Pressure (m H2O)	8.45

Nota. Elaboración propia.

2. Luego, se ingresó algunos datos de parámetros de calibración del coeficiente de rugosidad, que son valores estandarizados en la normativa.

Figura 51

Indicadores de calibración de coeficiente de rugosidad

Roughness	Demand	Status	Field Data	Options	Notes			
			Roughness Adjustment Group	Is Active?	Operation	Minimum Value	Maximum Value	Increment
1			New Roughness Group - 1	<input checked="" type="checkbox"/>	Multiply	0.500	1.100	0.100

Nota. Elaboración propia.

3. Para finalizar, se procedió a ejecutar la Calibración para la obtención de un valor de coeficiente calibrado que se basa en las presiones evaluadas en campo.

Figura 52

Calibración optimizada y presiones calibradas de la red.

Simulated Results					
	Field Data Snapshot	Junction	Observed Hydraulic Grade (m)	Simulated Hydraulic Grade (m)	Difference (m)
1	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-290	3,886.04	3,874.96	-11.09
2	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-348	3,898.38	3,879.34	-19.04
3	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-322	3,878.29	3,866.33	-11.96
4	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-323	3,885.34	3,870.47	-14.87
5	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-422	3,861.33	3,864.74	3.41
6	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-367	3,857.56	3,861.48	3.92
7	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-502	3,861.24	3,854.10	-7.14
8	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-431	3,855.92	3,848.24	-7.68
9	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-299	3,843.08	3,845.54	2.46
10	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-490	3,850.66	3,848.45	-2.21
11	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-285	3,860.85	3,864.73	3.88
12	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-279	3,857.01	3,845.45	-11.56
13	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-459	3,848.42	3,845.44	-2.98
14	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-507	3,823.30	3,845.02	21.73
15	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-437	3,832.88	3,847.22	14.33
16	CALIBRACION DE COEFICIENTE	N-300	3,845.70	3,853.93	8.23

Nota. Elaboración propia.

4. Se logró obtener las soluciones de la calibración última del coeficiente de rugosidad de las redes de tuberías, como evidencia la figura 53.

Figura 53

Calibración última del coeficiente de rugosidad

Adjustment Groups				
	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
256	New Roughness Group - 1	RDISTRIB_AP (Polyline)-24	150.000	120.000
257	New Roughness Group - 1	RDISTRIB_AP (Polyline)-13	150.000	120.000
258	New Roughness Group - 1	RDISTRIB_AP (Polyline)-23	150.000	120.000
259	New Roughness Group - 1	TUB F°G° (Polyline)-480	120.000	96.000
260	New Roughness Group - 1	TUB F°G° (Polyline)-42	120.000	96.000
261	New Roughness Group - 1	CONEXION_DOM (Polyline)	150.000	120.000
262	New Roughness Group - 1	CONEXION_DOM (Polyline)	150.000	120.000
263	New Roughness Group - 1	CONEXION_DOM (Polyline)	150.000	120.000
264	New Roughness Group - 1	CONEXION_DOM (Polyline)	150.000	120.000
265	New Roughness Group - 1	CONEXION_DOM (Polyline)	150.000	120.000

Nota. Elaboración propia.

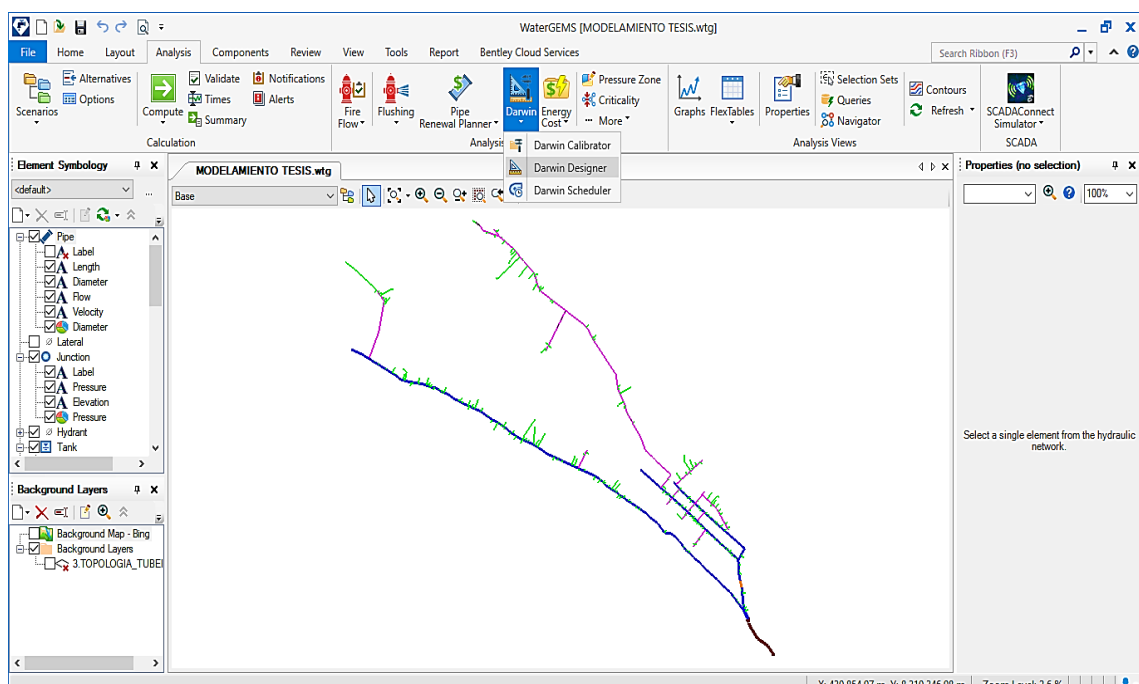
3.8.6. Sistema optimizado en cumplimiento con la normativa de presión en nodos mediante Darwin Designer

Para lograr un sistema mejorado y que dé consecución de los parámetros estandarizados en la normativa se tuvo que hacer lo siguiente:

1. Se ingresó a la pestaña Analysis, luego a la herramienta Darwin Designer, como muestra la figura 54.

Figura 54

Herramienta Darwin Designer del software WaterGEMS



Nota. Elaboración propia.

2. Luego se creó un estudio nuevo de diseño con el nombre de Diseño optimizado, ubicada dentro de la opción Darwin Designer.
3. Seguidamente, en la opción Design evento, se creó un evento nuevo, en la que se colocaron parámetros de presión mínima 5 mca y máxima 60 mca, para un buen funcionamiento del sistema y cumpliendo la presión mínima.

Figura 55

Creación de evento nuevo

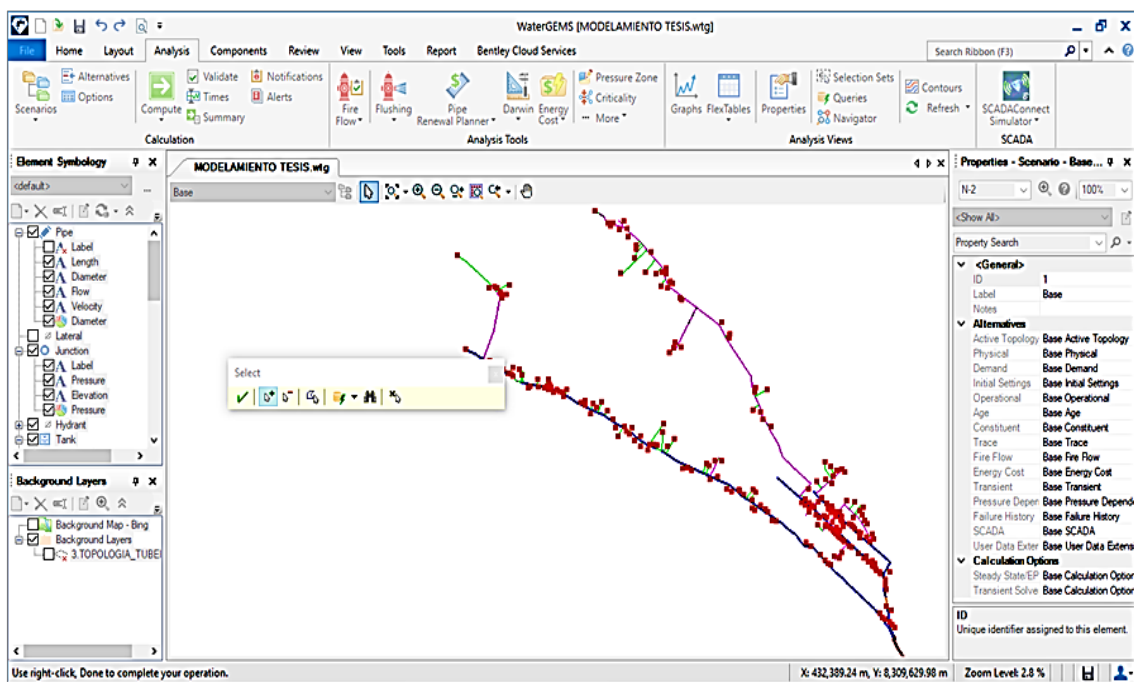
Representative Scenario: Base												
	Start Time	Design Time	Time From Start (hours)	Override Scenario Demand Alternative?	Demand Alternative	Demand Multiplier	Minimum Pressure (Default) (m H2O)	Maximum Pressure (Default) (m H2O)	Consider Pressure Benefit? (Default)	Minimum Velocity (Default) (m/s)	Maximum Velocity (Default) (m/s)	Notes
1	12:00:00	12:00:00	0.000	<input type="checkbox"/>	Base Demand	1.000	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>	0.60	3.00	

Nota. Elaboración propia.

4. Luego de ello, se seleccionó la opción Pressure Constraints, ubicada en la parte inferior, después se seleccionó el comando Select from Drawing, el cual permitió seleccionar los nodos del sistema de distribución, a fin de aplicar las restricciones, tal como muestra la figura 56.

Figura 56

Selección de nodos del sistema de distribución



Nota. Elaboración propia.

- Seguido ello, se procedió a colocar datos que están estipulados en la normativa para obtener un diseño de redes de agua potable, bajo limitaciones.

Figura 57

Ingreso de parámetros estandarizados

Boundary Overrides Demand Adjustments Pressure Constraints Flow Constraints						
	Design Event	Node	Override Defaults?	Minimum Pressure (m H2O)	Maximum Pressure (m H2O)	Consider Pressure Benefit?
1	DISEÑO NORMADO	N-455	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
2	DISEÑO NORMADO	N-415	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
3	DISEÑO NORMADO	N-307	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
4	DISEÑO NORMADO	N-453	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
5	DISEÑO NORMADO	N-290	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
6	DISEÑO NORMADO	N-348	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
7	DISEÑO NORMADO	N-336	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
8	DISEÑO NORMADO	N-339	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
9	DISEÑO NORMADO	N-413	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
10	DISEÑO NORMADO	N-332	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
11	DISEÑO NORMADO	N-349	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
12	DISEÑO NORMADO	N-458	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
13	DISEÑO NORMADO	N-350	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
14	DISEÑO NORMADO	N-305	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>
15	DISEÑO NORMADO	N-371	<input type="checkbox"/>	5.00	50.00	<input type="checkbox"/>

Nota. Elaboración propia.

- Posteriormente, se creó un nuevo grupo de tuberías de todo el sistema en la pestaña Desing Group.
- En la opción de Cost/Properties, se creó nuevo Design Option Groups, donde se asignó diámetros comerciales, como muestra la figura 58, con el fin de que la herramienta Darwin Designer se encargue de adoptar las soluciones adecuadas para lograr el cumplimiento de parámetros establecidos en la normativa tales como la presión mínima y máxima.

Figura 58

Designación de diámetros comerciales de tuberías para el sistema

Design Events Design Groups Rehabilitation Groups Cost/Properties Design Type Notes				
	Material	Diameter (mm)	Hazen Williams C Factor	Unit Cost (\$/m)
	PVC	21.00	150.0	7.80
	PVC	26.50	150.0	9.30
	PVC	33.00	150.0	12.60
	PVC	60.00	150.0	36.00
*				

Nota. Elaboración propia.

8. Se procedió a crear un estudio nuevo de diseño optimizado, luego en la opción Design Event, se ha seleccionado los diámetros comerciales que se creó anteriormente, como evidencia la figura 59.

Figura 59

Elección de diámetros comerciales

	Design Pipe Group	Is Active?	Cost/properties
1	Design Group - ADUCCION (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
2	Design Group - ADUCCION (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
3	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
4	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
5	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
6	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
7	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
8	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
9	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
10	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
11	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
12	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
13	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
14	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
15	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
16	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
17	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
18	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
19	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
20	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
21	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
22	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
23	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
24	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
25	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
26	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
27	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
28	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
29	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
30	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
31	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
32	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES
33	Design Group - RED AP ULT (Poly)	<input checked="" type="checkbox"/>	TUB DIAMETROS COMERCIALES

Nota. Elaboración propia.

9. Para finalizar, se procedió a validar y ejecutar el estudio nuevo creado, el cual nos mostrara soluciones, para la toma de decisiones.

Figura 60

Acreditación y verificación de datos establecidos en la normativa

Design Event	Is Active?
NO NORMADO	<input checked="" type="checkbox"/>

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados de calibración del coeficiente de rugosidad de la tubería de la red de distribución

Tabla 30

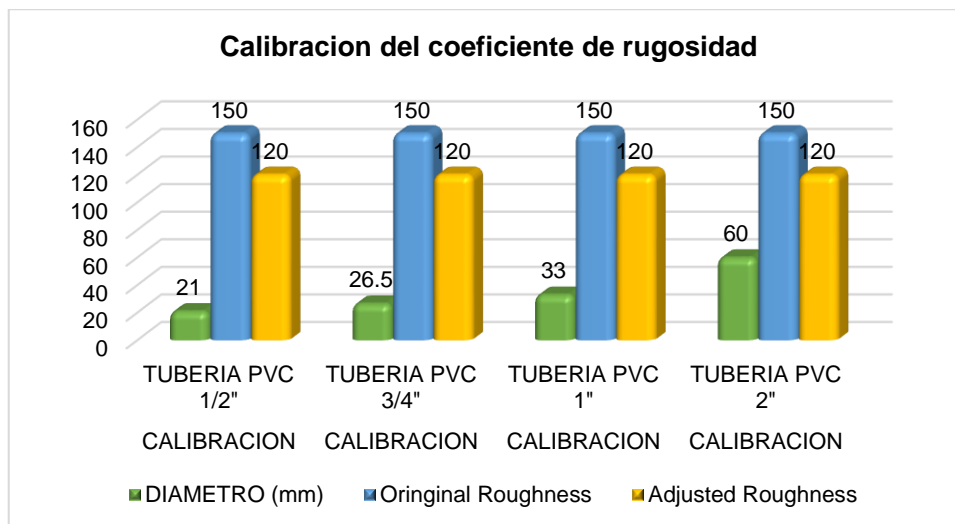
Resultados de calibración de coeficiente de rugosidad.

CALIBRATION GROUPS	TUBERIA	DIAMETRO (mm)	Original Roughness	Adjusted Roughness
CALIBRACION	TUBERIA PVC 1/2"	21	150	120
CALIBRACION	TUBERIA PVC 3/4"	26.5	150	120
CALIBRACION	TUBERIA PVC 1"	33	150	120
CALIBRACION	TUBERIA PVC 2"	60	150	120

Nota. Elaboración propia.

Figura 61

Comparación de rugosidad simulada, original respecto al diámetro



Nota. Elaboración propia.

En la tabla 30 y figura 61 se muestra los resultados de coeficiente de rugosidad en base a norma y coeficiente de rugosidad calibradas según el diámetro de tuberías empleadas en la red de distribución.

4.1.2. Vinculación de carga hidráulica evaluada in situ y calibrada

Tabla 31

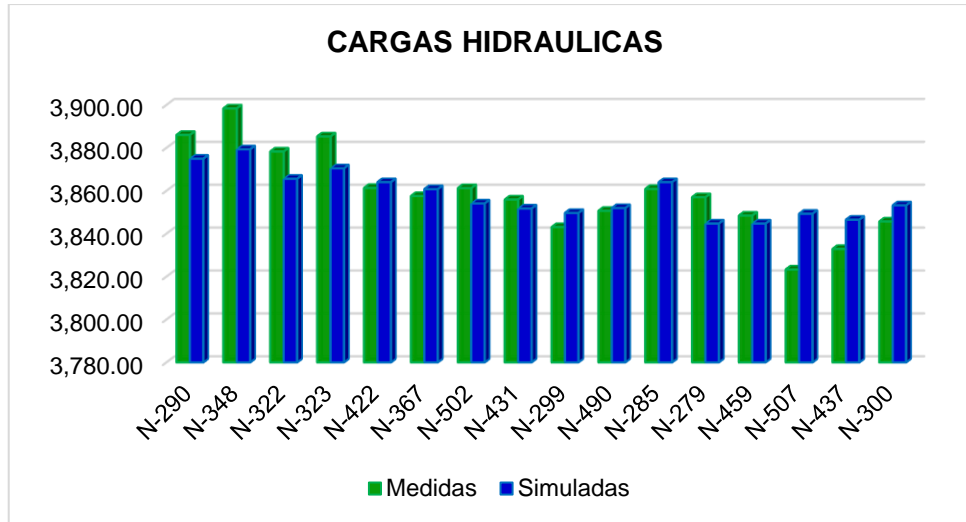
Comparativa de cargas hidráulicas de las 16 muestras medidas.

Nodo	Observed Hydraulic Grade (m)	Simulated Hydraulic Grade (m)	Difference (m)	Error %
N-290	3,886.04	3,874.95	-11.09	-0.285%
N-348	3,898.38	3,879.34	-19.04	-0.488%
N-322	3,878.29	3,865.61	-12.68	-0.327%
N-323	3,885.34	3,870.47	-14.87	-0.383%
N-422	3,861.33	3,864.02	2.69	0.070%
N-367	3,857.56	3,860.77	3.21	0.083%
N-502	3,861.24	3,854.10	-7.14	-0.185%
N-431	3,855.92	3,851.74	-4.18	-0.108%
N-299	3,843.08	3,849.66	6.58	0.171%
N-490	3,850.66	3,851.95	1.29	0.034%
N-285	3,860.85	3,864.01	3.16	0.082%
N-279	3,857.01	3,844.74	-12.27	-0.318%
N-459	3,848.42	3,844.73	-3.69	-0.096%
N-507	3,823.30	3,849.29	25.99	0.680%
N-437	3,832.88	3,846.50	13.62	0.355%
N-300	3,845.70	3,853.21	7.51	0.195%
Solution	Fitness			
Solution 1	1406.131			

Nota. Elaboración propia.

Figura 62

Comparativa de cargas hidráulicas de datos medidos y calibrados.



Nota. Elaboración propia.

En la tabla 31, la calibración con las 14 muestras medidas, se evidencio que el fitness es de 1406.131, conforme a una diferencia mayor de cargas en los nodos N-290, N-348, N-322, N-323, N-279, N-507 y N-437. Por lo tanto, el nodo que muestra el mayor diferendo de carga hidráulica es N-507 con una falla porcentual de 68%, mientras el nodo N-490 representa un diferendo menor de carga hidráulica de 1.29 y falla porcentual de 3.4 %.

Tabla 32

Comparativa de cargas hidráulicas reducidas a 12 muestras.

Nodo	Observed Hydraulic Grade (m)	Simulated Hydraulic Grade (m)	Difference (m)	Error %
N-290	3,886.04	3,876.27	-9.77	-0.251%
N-322	3,878.29	3,868.84	-9.45	-0.244%
N-422	3,861.33	3,867.56	6.23	0.161%
N-367	3,857.56	3,864.94	7.38	0.191%
N-502	3,861.24	3,859.51	-1.73	-0.045%
N-431	3,855.92	3,857.61	1.69	0.044%
N-299	3,843.08	3,855.94	12.86	0.335%
N-490	3,850.66	3,857.78	7.12	0.185%
N-285	3,860.85	3,867.55	6.70	0.174%
N-279	3,857.01	3,852.05	-4.96	-0.129%
N-459	3,848.42	3,852.05	3.63	0.094%
N-300	3,845.70	3,858.87	13.17	0.342%

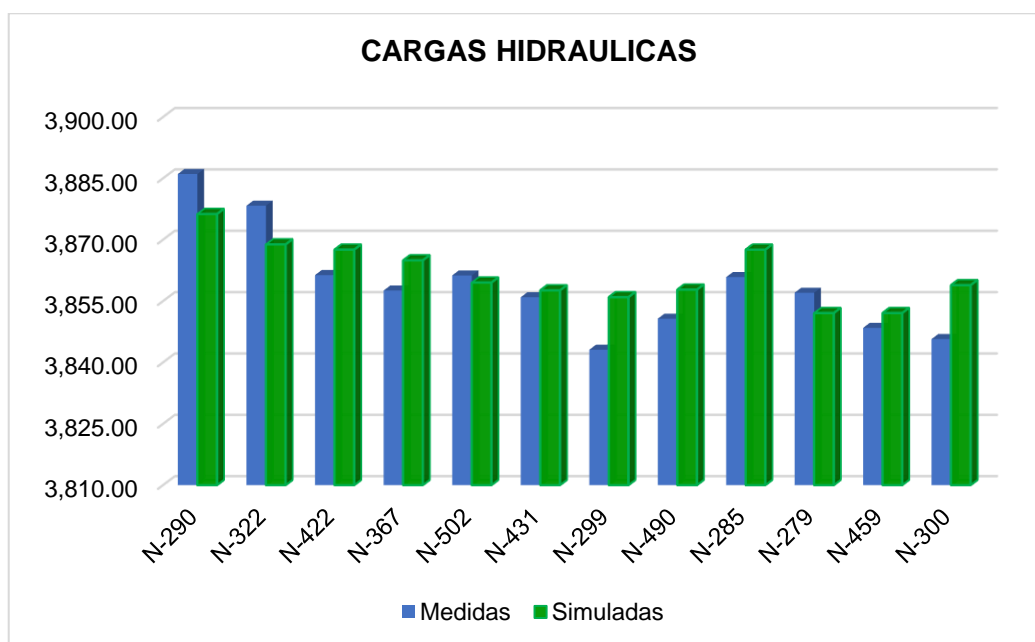
Solution	Fitness
Solution 1	678.16

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 32, se observa la diferencia que existe entre las cargas simuladas y observadas en campo de la segunda calibración en la cual se redujeron las muestras a 12 mediciones. Por lo tanto, se logró reducir el fitness inicial casi el 50% de 1406.131 de las 16 muestras a 678.16. presentado una gran diferencia de carga en el nodo N-300 con un valor de 13.17 y error porcentual de 34.2%, y con una menor diferencia de carga hidráulica en el nodo N-431 con un valor de 1.69 y error porcentual de 4.4%.

Figura 63

Comparativa de cargas hidráulicas reducidas a 12 muestras.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 63, se evidencia la mayor carga hidráulica medida in situ, tal como se ve en el nodo N-290 el valor de 3886.04, mientras que la carga simulada se presenta en el mismo nodo N-290 el valor de 3876.27, que difieren un total de 9.77m.

4.1.3. Comparativa de cargas

La carga hidráulica se refiere a la altura del punto evaluado referente a las presiones obtenidas in situ. Estas son comparadas una vez ya modeladas para su evidenciar su diferenciación entre ambas cargas hidráulicas determinadas.

Tabla 33

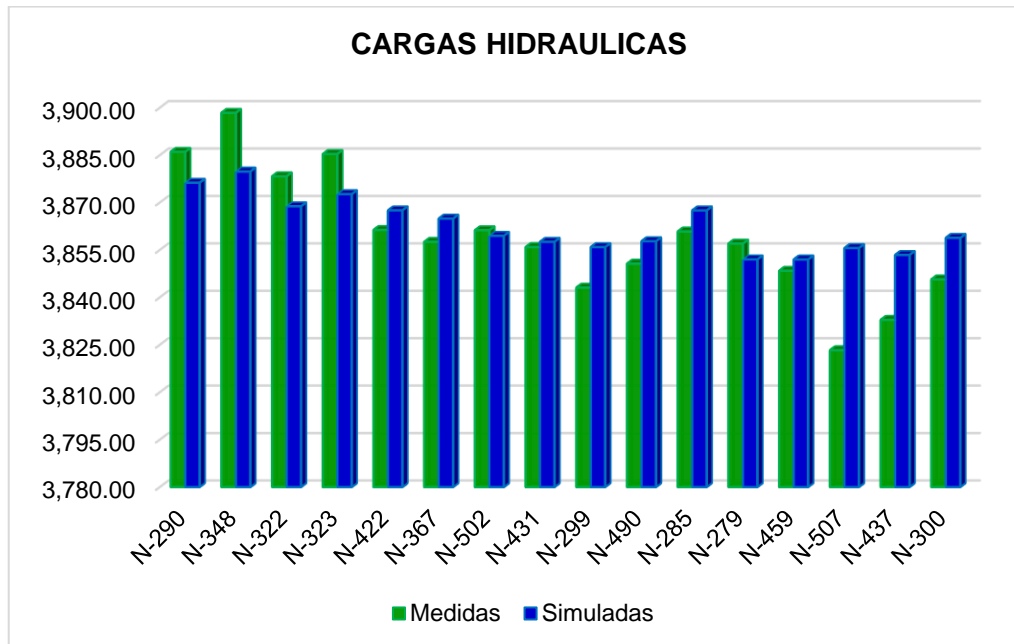
Comparativa de cargas hidráulicas evaluadas y modeladas.

Nodo	Observed Hydraulic Grade (m)	Simulated Hydraulic Grade (m)	Difference (m)	Error %
N-290	3,886.04	3,876.26	-9.78	-0.252%
N-348	3,898.38	3,879.80	-18.58	-0.477%
N-322	3,878.29	3,868.81	-9.48	-0.244%
N-323	3,885.34	3,872.66	-12.68	-0.326%
N-422	3,861.33	3,867.52	6.19	0.160%
N-367	3,857.56	3,864.91	7.35	0.191%
N-502	3,861.24	3,859.47	-1.77	-0.046%
N-431	3,855.92	3,857.58	1.66	0.043%
N-299	3,843.08	3,855.90	12.82	0.334%
N-490	3,850.66	3,857.75	7.09	0.184%
N-285	3,860.85	3,867.51	6.66	0.173%
N-279	3,857.01	3,852.00	-5.01	-0.130%
N-459	3,848.42	3,851.99	3.57	0.093%
N-507	3,823.30	3,855.60	32.30	0.845%
N-437	3,832.88	3,853.42	20.54	0.536%
N-300	3,845.70	3,858.83	13.13	0.341%

Nota. Elaboración propia.

Figura 64

Comparativa de cargas hidráulicas evaluadas y modeladas.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 64 y tabla 33 se evidencia las cargas de presión evaluadas en campo y las presiones modeladas con el factor de rugosidad normalizado 150, en la cual se evidencia que difieren en gran parte entre ambas cargas, siendo la máxima diferencia 32.30 m.

4.1.4. Comparativa de presiones in situ

Tabla 34

Comparativa de presiones en campo.

N°	Nombre de Usuarios	Vivienda	Julio		Julio		Diferencia de presión mca
			Sábado 06:00 am - 07:00 am		Domingo 06:00 am - 07:00 am		
			Presión In Situ		Presión In Situ		
			psi	mca	psi	mca	
1	MACHACA CONDORI FACUNDO	N-290	40	28.16	38	26.75	1.41
2	APAZA GOMEZ ROSA	N-348	50	35.20	46	32.38	2.82
3	COAQUIRA MAMANI JUAN DE DIOS	N-322	38	26.75	39	27.46	0.70
4	APAZA GOMEZ GREGORIO	N-323	30	21.12	33	23.23	2.11
5	MAMANI APAZA DELFINA	N-422	29	20.42	28	19.71	0.70
6	COAQUIRA APAZA LEONIDAS	N-367	25	17.60	25	17.60	0.00
7	PUESTO DE SALUD	N-502	40	28.16	37	26.05	2.11
8	PINTO GOMEZ HIPOLITO	N-431	18	12.67	17	11.97	0.70
9	CONDORI COAQUIRA GREGORIA	N-299	10	7.04	11	7.74	0.70
10	PINTO GOMEZ ZENON	N-490	5	3.52	7	4.93	1.41
11	GOMEZ CONDORI MAURA	N-285	27	19.01	4	2.82	16.19
12	PINTO APAZA DELIA	N-279	15	10.56	13	9.15	1.41
13	GOMEZ APAZA JULIA	N-459	11	7.74	10	7.04	0.70
14	GOMEZ CONDORI GILMER	N-507	4	2.82	5	3.52	0.70
15	AÑAMURO COAQUIRA SOLEDAD	N-437	13	9.15	12	8.45	0.70
16	CONDORI MAMANI HORACIO	N-300	12	8.45	9	6.34	2.11
Promedio presión							2.16

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 34, muestra las presiones medidas en campo realizadas en dos días, día 1 y día 2 de Julio del 2023, donde la diferencia promedio de presiones es de 2.16 mca, y la máxima diferencia entre presiones se encuentra en el punto N-285 de 16.19 mca.

4.1.5. Validación de presiones

Tabla 35

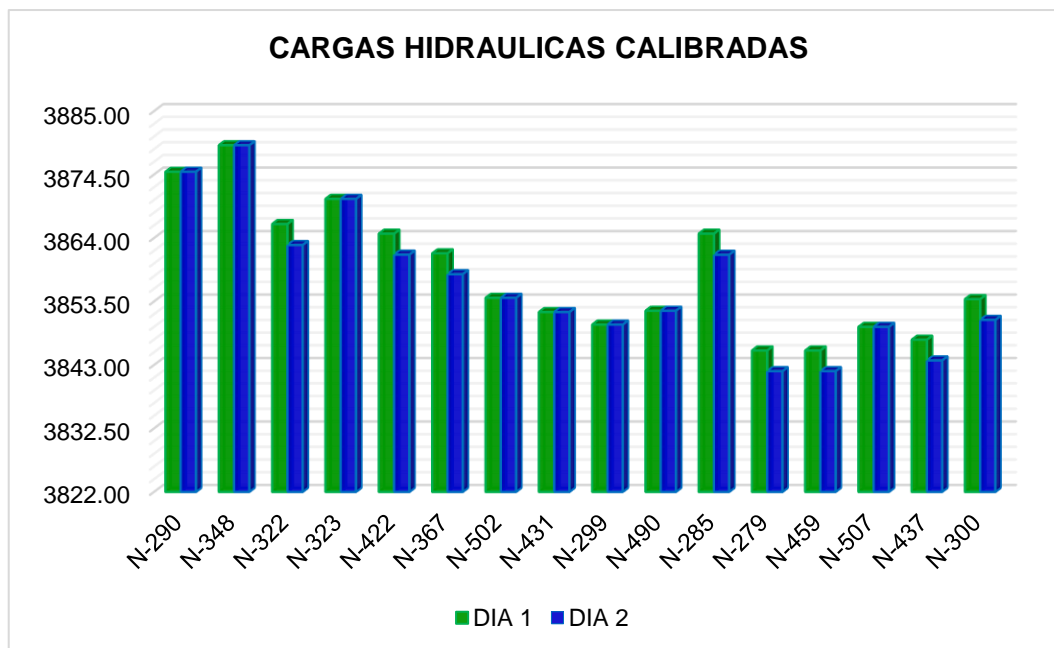
Comparativa de cargas hidráulicas calibradas.

Field Data Snapshot	Junction	Calibración día 1	Calibración día 2	Dif.
		Simulated Hydraulic Grade (m)	Simulated Hydraulic Grade (m)	
VALIDACION DE RED	N-290	3874.95	3874.96	0.01
VALIDACION DE RED	N-348	3879.34	3879.34	0.00
VALIDACION DE RED	N-322	3866.31	3862.84	3.47
VALIDACION DE RED	N-323	3870.47	3870.47	0.00
VALIDACION DE RED	N-422	3864.72	3861.24	3.48
VALIDACION DE RED	N-367	3861.46	3858.01	3.45
VALIDACION DE RED	N-502	3854.10	3854.10	0.00
VALIDACION DE RED	N-431	3851.75	3851.75	0.00
VALIDACION DE RED	N-299	3849.67	3849.67	0.00
VALIDACION DE RED	N-490	3851.96	3851.96	0.00
VALIDACION DE RED	N-285	3864.72	3861.23	3.49
VALIDACION DE RED	N-279	3845.39	3841.97	3.42
VALIDACION DE RED	N-459	3845.39	3841.97	3.42
VALIDACION DE RED	N-507	3849.30	3849.30	0.00
VALIDACION DE RED	N-437	3847.17	3843.74	3.43
VALIDACION DE RED	N-300	3853.89	3850.45	3.44

Nota. Elaboración propia.

Figura 65

Comparativa de cargas hidráulicas.



Nota. Elaboración propia.

La tabla 35 y figura 65, muestra la calibración realizada en el WaterGEMS con la herramienta Darwin Calibrator con los datos que se tomaron en campo los días 1 y 2 de Julio del 2023 en el centro poblado Jacha Jaa, en el horario de 6.00am – 7:00am, donde se presenta una gran diferencia de estas dos calibraciones mostrando la capacidad de reflejar con buena confiabilidad de simulación hidráulica.

4.1.6. Presiones mínimas y máximas en red normada

4.1.6.1. Presiones mínimas

En la tabla 36 se muestra 1 punto de salida de presión que, si cumple con la presión mínima de la normativa, mientras que 5 puntos restantes no cumplen con la normativa.

Tabla 36

Presiones mínimas

N° de Nodos	Label	Elevation (m)	Demand (L/seg)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (mca)
1	N-2	3877.26	0.0046	3881.69	4.42
2	N-3	3875.07	0.0046	3881.66	6.57
3	N-495	3861.85	0.0046	3870.43	8.56
4	N-434	3848.11	0.0046	3857.71	9.58
5	N-449	3860.78	0.0046	3870.42	9.62
6	N-247	3848.00	0.0046	3857.71	9.69

Nota. Elaboración propia.

4.1.6.2. Presiones máximas

En la tabla 37, se muestra las presiones máximas de la red normada, de las cuales ninguna presión sobrepasa la presión máxima establecida en la norma os 050.



Tabla 37

Presiones máximas

N° de Nodos	Label	Elevation (m)	Demand (L/seg)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (mca)
1	N-202	3822.15	0.0046	3860.28	38.04
2	N-213	3822.18	0.0046	3860.3	38.05
3	N-201	3822.11	0.0046	3860.28	38.09
4	N-373	3822.06	0.0046	3860.27	38.14
5	N-214	3822.07	0.0046	3860.3	38.15
6	N-232	3822.00	0.0046	3860.28	38.2
7	N-408	3822.00	0.0046	3860.28	38.2
8	N-409	3822.00	0.0046	3860.27	38.2
9	N-501	3822.00	0.0046	3860.27	38.2
10	N-187	3822.00	0.0046	3860.29	38.21
11	N-188	3822.00	0.0046	3860.29	38.21
12	N-456	3822.00	0.0046	3860.28	38.21
13	N-478	3822.00	0.0046	3860.29	38.21
14	N-450	3822.00	0.0046	3860.29	38.22
15	N-507	3820.48	0.0046	3860.26	39.7

Nota. Elaboración propia.

4.1.7. Parámetros de presión en la red

Para lograr un diseño optimizado que cumplan los parámetros de presión máxima y mínima se ejecutó una modelación con la herramienta Darwin Designer con la finalidad de revalidar si los diámetros preliminares de diseño son los responsables de que presenten presiones menores a 5mca.



4.2. DISCUSIÓN

Según los resultados encontrados en esta investigación se tiene que el comportamiento hidráulico presenta una gran variabilidad, evidenciando la incidencia del factor de rugosidad de las tuberías existentes.

En base al resultado obtenido en este trabajo, se evidencia que la pérdida de carga se debe al factor de rugosidad de la tubería, la topografía del terreno, accesorios y fugas de agua en distintos trayectos del sistema de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa. Mientras que en la investigación de Gavilánez (2019), se evidencia que los resultados del coeficiente de rugosidad C es afectada por la presión, a medida que va aumentando la carga y manteniendo la pérdida de energía en cada presión ensayada.

En este trabajo se obtuvo una diferencia de presiones 2.16 mca esta situación se da porque se hizo la toma de datos reales en campo, a pesar de presentar una gran diferencia de presiones de cumplimiento se considera deficiente. Sin embargo, en la investigación de (Briceño & Infantes, 2019), la diferencia de presiones entre la presión normada y calibrada se encuentra en un rango de 0-0.3 mca, el cual es un valor muy bajo para poder considerar como un factor de incidencia en la pérdida de presión de la red, teniendo en cuenta que gran parte de sus mediciones cumplían con los parámetros establecidos en la normativa.

En base a los resultados obtenidos de velocidad y caudal, la mayoría de estos valores incumplen los límites estandarizados, por lo que se deduce que existe una variabilidad, evidenciado que las zonas más alejadas no cuentan con suficiente agua, debido a los diámetros de tubería existente, mientras mayor sea el diámetro mayor será el caudal y mayor velocidad. No obstante, en la tesis de (Briceño & Infantes, 2019), se evidencia que los caudales y velocidad del fluido no cumplen los parámetros establecidos en la normativa vigente.



CONCLUSIONES

1. Se concluye que, el valor del coeficiente de rugosidad influye en el comportamiento hidráulico de redes de agua potable, teniendo un valor de 120 de coeficiente de rugosidad, gracias a ello la pérdida de presión o carga varía considerablemente, ya que su cálculo se basa en un estudio de campo y calibrado, de tal manera que nos admite evidenciar el comportamiento real de presiones a fin de proponer mejoras para su cumplimiento de parámetros establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones para el beneficio de la los usuarios.
2. En las redes de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaa concluye que, la pérdida de presión de carga presenta gran variabilidad, debido a que se encontró fugas de agua en distintos tramos de la red de distribución de agua, a su vez la cantidad de accesorios que se pudieron encontrar.
3. Se concluye que, las presiones de la red de distribución de agua potable presentan una gran variación debido a la ubicación topográfica de las tuberías que abastecen a los usuarios, y a su vez en los días que se realizó las mediciones de presiones, en la que se consideró un fin de semana. Teniendo en cuenta que la diferencia de presiones es de 2.16 mca.
4. Al estimar la variabilidad del caudal y la velocidad en las redes que distribuyen agua potable se concluye que sufren una variación considerable debido a las cargas hidráulicas y el coeficiente de rugosidad.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda efectuar una evaluación de coeficiente de rugosidad en laboratorio para conocer el valor exacto del mismo, para un mejor modelamiento hidráulico que nos permita ver el comportamiento real de las redes de distribución.
2. Para obtener un registro de datos verídicos de pérdida de carga del sistema de agua, es necesario que no se tenga fugas de agua en las tuberías, para una evaluación correcta de la incidencia del factor de rugosidad en el análisis hidráulico.
3. Para la toma de datos de presiones en campo es necesario contar con un buen instrumento de medición a fin obtener datos más precisos y correctos. Por lo que, se requiere realizar mediciones en campo de dos semanas de forma periódica, considerándose 4 a 5 días entre semana continuos.
4. Se recomienda realizar una buena simulación inicial bajo criterios de la normativa vigente, con la finalidad de ubicar puntos estratégicos para la realización de mediciones in situ, de manera que permita conocer dicha información.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrien, N. (2004). *Computational Hydraulics and Hydrology. An Illustrated Dictionary*. Florida, EE.UU.
- Agüero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Lima, Perú.
- Alegret, E., & Martinez, Y. (2019). Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 41-55.
- Araya, A., Gonzáles, V., & Jiménez, M. (2018). Análisis de la variación del coeficiente de rugosidad de Mannig con respecto a la pendiente del canal en tubería de PVC de 315 mm de diámetro. *Ingeniería UC*, 25(1).
- Arocha, S. (1979). *Abastecimiento de Agua, Teoría y Diseño* (3ra Ed. ed.). Caracas: Coordinación de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.
- Briceño, J., & Infantes, D. (2019). *Influencia del coeficiente de rugosidad en la pérdida de presión de la red de distribución de agua potable en el Caserío De Sanjapampa-Huamachuco*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- Comisión Nacional del Agua. (2012). *Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*. Gobierno de la República de México.
- Comisión Nacional del Agua CONAGUA. (2016). *Diseño de redes de distribución de agua potable*. México.
- Gavilánez, F. (2019). Incidencia de la presión sobre el coeficiente de rugosidad C de Hazen Williams. *Tecnología y Ciencias del Agua*. doi:10.24850/j-tyca-2019-05-08
- Gil, J., & Khan, R. (2002). Evaluación del comportamiento hidráulico de varios emisores importados para riego por goteo. *Revista UDO*, 64-72. Obtenido de <https://dialnet.unrioja.es>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. (2020).



- Jaramillo, G. (2022). *Simulación del comportamiento de la red de distribución de agua potable del sector Cruz Verde 4B1 Sur, a través de un modelo hidráulico para el análisis de vulnerabilidad operativas del sistema*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- Jiménez, J. (2013). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Universidad Veracruzana.
- Martínez, D. (2022). *Análisis del comportamiento Hidráulico del sistema de distribución de agua potable de la Colonia Piedra Lisa, Morelia-Michoacán*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). *Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ambito rural*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Mora, D., & Ávila, V. (2019). *Afectación del coeficiente de rugosidad para la ecuacion de Mannig con el envejecimiento de tuberías de diferentes materiales*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Orellana, J. (2005). *Características del agua potable*. Ingeniería Sanitaria UTN-FrrO.
- Organización Mundial de la Salud OMS. (2020). *Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento*. Instituto Nacional de estadística e informática.
- Organización Panamericana de la Salud OPS. (2005). *Guías para la construcción de reservorios elevados de agua potable*. Organización Panamericana de la Salud.
- Rodríguez, P. (2001). *Abastecimiento de Agua*. Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidraulica de Tuberias, Abastecimiento de agua, Redes, Riegos*. Bogota, D.C.: Alfaomega.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS. (2021).
- Uribe, R. J. (2014). *Estudio sobre el uso de la Ecuacion de Hazen-Williams vs la ecuacion de Darcy-Weisbach en tuberia de gran diametro (Sistemas matrices) y en tuberias primarias de bombeo*. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería.



Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados.

Vera, D. (2018). *Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable, mediante métodos computacionales convencionales en el Distrito de Chupaca*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

Ziegler, D., Sorg, F., Fallis, P., Hübschen, K., Happich, L., Baader, J., . . . Knobloch, A. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua. Un enfoque en la gestión de la presión*. Eschborn, Alemania: GIZ.



ANEXOS



ANEXO 01

Matriz de consistencia



MATRIZ DE CONSISTENCIA

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAA, MOHO – 2023							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
Problema general ¿Cómo se evaluará la influencia del coeficiente de rugosidad en el comportamiento hidráulico del sistema de distribución de agua potable en el Centro Poblado de Jacha Jaa, Moho?	Objetivo general Evaluar la influencia del coeficiente de rugosidad en el comportamiento hidráulico del sistema de distribución de agua potable en el Centro Poblado de Jacha Jaa, Moho-2023	Hipótesis general Dado que el sistema de distribución de agua potable del Centro Poblado de Jacha Jaa - Moho tiene una antigüedad mayor a 20 años es probable que el coeficiente de rugosidad influya negativamente su comportamiento hidráulico.	Variable Independiente: Coeficiente de rugosidad	Coeficiente de rugosidad	Disminución de resistencia de tubería.	Adimensional	Tipo de investigación: Aplicada Diseño de investigación: No experimental - longitudinal Nivel de investigación: Aplicado-descriptivo-explicativo Enfoque: Cuantitativo Método de investigación: Hipotético - deductivo Población: Sistema de distribución de agua potable Muestra: La misma que la población Técnicas de obtención de datos: - Fichas de recopilación de datos - Software de análisis - Manómetro Técnicas de procesamiento de datos: Software WaterGEMS (modelamiento y análisis)
				Ecuación	Hazen Williams	Adimensional	
Problemas específicos PE1: ¿Cuánto será la variabilidad de la pérdida de carga en las redes de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaa, Moho?	Objetivos específicos OE1: Determinar la variabilidad de la pérdida de carga en las redes de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaa, Moho - 2023.	Hipótesis específicas HE1: La pérdida de carga en las redes de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaa – Moho, presenta una gran varianza ya que este tiene pérdidas reales y aparentes.	Variable Dependiente: Comportamiento hidráulico de redes de distribución	Presión	Presiones en viviendas	m.c.a	
				Velocidad	Velocidad mínima	m/seg	
PE2: ¿Cuánto será la varianza de la presión en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa, Moho?	OE2: Identificar la varianza de la presión en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa, Moho - 2023.	HE2: La presión en las redes de distribución de agua potable en el centro poblado de Jacha Jaa – Moho, será variable puesto que cuenta con diferentes diámetros y no cumplen con la normativa vigente.	Variable Dependiente: Comportamiento hidráulico de redes de distribución		Velocidad máxima	m/seg	
				Caudal	Cantidad de agua	m3/seg	
PE3: ¿Cuánto será la variación del caudal y velocidad del flujo en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa, Moho?	OE3: Estimar la variación del caudal y velocidad en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa, Moho - 2023.	HE3: El caudal y velocidad en las redes de distribución de agua potable del centro poblado de Jacha Jaa – Moho, tienden a ser variables respecto al diámetro y longitud de la tubería, por lo tanto, es probable que no cumpla con la normativa.	Variable Dependiente: Comportamiento hidráulico de redes de distribución	Perdida de energía	Localizada	m	
					Aparente	m	
				Normativa	Norma OS.050	Cumplimiento	
				Software	WaterGEMS	Simulación	

Nota. Matriz de consistencia de la investigación. Fuente: Elaboración propia.



ANEXO 02

Panel fotográfico

Fotografía 1

Estado actual de la captación existente de agua potable.



Nota: Condición actual de la fuente de agua – Julio, 2023.

Fotografía 2

Componentes internos de la captación de manantial existente.



Nota: Partes internas de captación de agua – Julio, 2023.

Fotografía 3

Condición actual de almacenamiento de agua (reservorio) existente.



Nota: Almacenamiento de agua existente – Julio, 2023.

Fotografía 4

Condición actual de redes de aducción de agua potable.



Nota: Redes principales de agua que distribuye a la población actual – Julio, 2023.

Fotografía 5

Estado actual de pase aéreo de agua potable.



Nota: Pase aéreo de red principal existente que distribuye agua – Julio, 2023.

Fotografía 6

Diagnóstico de estructuras existentes de abastecimiento de agua potable.



Nota: Medición de las dimensiones de la captación existente de agua – Julio, 2023.

Fotografía 7

Aforo de caudal del fluido en la captación existente.



Nota: Medición de caudal en la fuente de agua – Julio, 2023.

Fotografía 8

Encuesta a usuarios de la JASS Jacha Jaa, sobre el diagnóstico de abastecimiento de agua.



Nota: Encuesta sobre la situación actual de sistema de agua existente – Julio, 2023.

Fotografía 9

Encuesta a usuarios de la JASS Jacha Jaa, sobre el diagnostico de abastecimiento de agua.



Nota: Encuesta sobre la situación actual de sistema de agua existente – Julio, 2023.

Fotografía 10

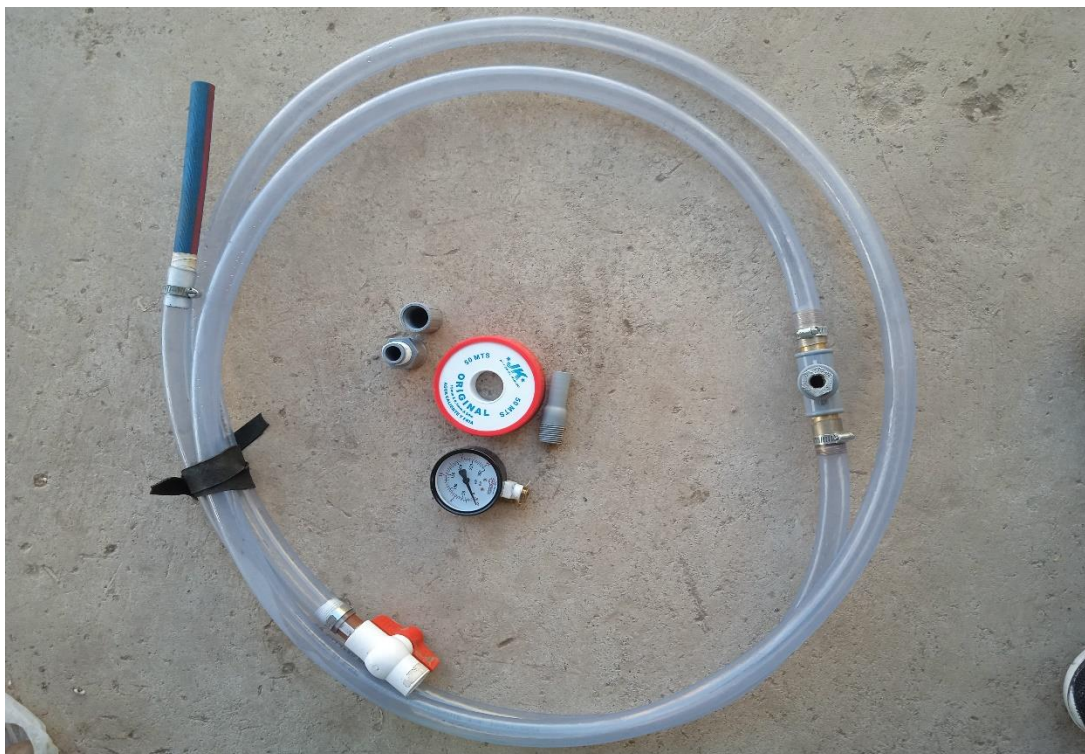
Encuesta a usuarios de la JASS Jacha Jaa, sobre el diagnostico de abastecimiento de agua.



Nota: Encuesta sobre la situación actual de sistema de agua existente – Julio, 2023.

Fotografía 11

Materiales empleados para la medición de presión.



Nota: Materiales usados para el desarrollo de esta investigación – Julio, 2023.

Fotografía 12

Medición de presiones en campo del sistema de agua existente.



Nota: Medición de presión en zona central del sistema de agua existente – Julio, 2023.

Fotografía 13

Medición de presiones en campo del sistema de agua existente.



Nota: Medición de presión en la parte inicial del sistema de agua existente – Julio, 2023.

Fotografía 14

Medición de presiones en campo del sistema de agua existente.



Nota: Medición de presión en la parte inicial del sistema de agua existente – Julio, 2023.

Fotografía 15

Medición de presiones en campo del sistema de agua existente.



Nota: Medición de presión en la zona central del sistema de agua existente – Julio, 2023.

Fotografía 16

Medición de presiones en campo del sistema de agua existente.



Nota: Medición de presión en la zona central del sistema de agua existente – Julio, 2023.



ANEXO 03

Calculo hidráulico del sistema de agua potable existente



CALCULO HIDRAULICO PARA REDES DE AGUA POTABLE					
NOMBRE DEL PROYECTO		SERVICIO DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAÁ, DISTRITO DE MOHO - MOHO- PUNO			
UBICACIÓN	SECTOR	:	JACHA JAÁ	SUBSISTEMA	1 MARGEN DERECHA
	COMUNIDAD	:	JACHA JAÁ		
	DISTRITO	:	MOHO		
	PROVINCIA	:	MOHO		
	DEPARTAMENTO	:	PUNO		
A. DATOS GENERALES					
	CANT. SISTEMA DE AGUA POTABLE	:	1		
	CANT. SECTORES	:	1		
B. POBLACIÓN					
	<u>DATOS</u>				
	NÚMERO DE VIVIENDAS	:	223	Viviendas	
	INTEGRANTES/VIV. (Densidad)	:	2.39	Hab/Viv	
	TASA DE CRECIMIENTO (%)	:	0	%	Según INEI (Censo de Población 2007-2017) es -3.4% por lo tanto es 0
	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	:	20	Años	Según Guía Ministerio Vivienda 2018
	POBLACION ACTUAL	:	533	Hab	
	POBLACIÓN FUTURA				
	$Pf=Po*(1+r*t/100)$:	533	Hab	
C. DEMANDA DE AGUA					
	REGIÓN	:	Sierra		
	DOTACION (LT/HAB/DIA)	:	80		Según Guía Ministerio Vivienda 2018
	CONSUMO PROMEDIO ANUAL (LT/SEG)				
	$Qp=Pop.*Dot./86400$		0.494	lt/seg	
	CONSUMO MAXIMO DIARIO (LT/SEG)				
	$Qmd=1.30*Q$		0.642	lt/seg	
	CAUDAL DE LA FUENTE (LT/SEG)				
	Aforo en época de estiaje		0.592	lt/seg	CAPTACION
	VOLUMEN DEL RESERVORIO (M3)				
	$V=0.20*Qp*86400/1000$		8.53		
	A UTILIZAR		10.00	M ³	actual
	CONSUMO MAXIMO HORARIO (LT/SEG)				
	$Qmh=2.00*Qp$		0.987	lt/seg	"Caudal para el Cálculo de la Linea de Conducción"
	CONSUMO POR LOTE HABITABLE (LT/SEG)				
	$Qmh=Qmh/\#lotes$		0.00443	lt/seg	
#REF!	POBLACION	DEMANDA MAXIMA DIARIA (l/s)	DEMANDA MAXIMA HORARIA (l/s)	DEMANDA DE ALMACENAMIENTO (m3)	TIPO DE CAPTACION
SUBSISTEMA 1	533	0.6416	0.9870	8.53	CAPTACION DE LADERA
TOTAL=	533	0.6416	0.9870		



ANEXO 04

Calculo de Tasa de crecimiento

PERÍODO DE DISEÑO

Método aritmético

$$P_d = P_i * (1 + r * t/100)$$

Donde:

- P_i: Población del período inicial (hab)
- P_d: Población del período futura o diseño (hab)
- r: Tasa de crecimiento anual (%)
- n: periodo de diseño (años)

1 FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

$$r = ((P_f / P_i)^{(1/n)} - 1)$$

Donde:

- P_f: Población del período final (hab)
- P_i: Población del período inicial (hab)
- r: Tasa de crecimiento poblacional (%)
- n: Intervalo de tiempo (años)

2 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TASA DE CRECIMIENTO

Lugar:	C.P Jacha Jaá	DISTRITO:	Moho	
		Censo	Población	
Población del período final		2017	11518	Habitantes
Población del período inicial		2007	17042	Habitantes
Tiempo en Años			10	

3 CÁLCULO DE VALOR DE LA TASA DE CRECIMIENTO

Año	P (Hab)	n (años)	tc	tc (%)	tc a usar
2007	17042				
		10	-0.0384	-3.84	
2017	11518				
TASA DE CRECIMIENTO			-0.0384	-3.84	0.00



ANEXO 05

Calculo de caudales de aforo en captación existente



AFORO DE FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA - CAPTACIÓN Orejena

UBICACIÓN

Departamento: Puno
 Provincia: Moho
 Distrito: Moho
 Localidad: Jacha Jaá
 Coordenadas (ESTE): 433833.105
 Coordenadas (NORTE): 8308297.67
 Cota (msnm):

CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE

Nombre de la fuente: Orejena
 Tipo de fuente: Manantial

AFORO

Método de aforo: Volumétrico
 Punto de aforo: Salida de captación
 Fecha de aforo: 30 de junio de 2023

	N°	Tiempo (seg)	Volumen (l)	Caudal (l/seg)
Primer ingreso	1	08.05	4	0.497
	2	07.89	4	0.507
	3	07.41	4	0.540
	4	07.11	4	0.563
	5	07.78	4	0.514
Promedio				0.524

	N°	Tiempo (seg)	Volumen (l)	Caudal (l/seg)
Segundo ingreso	1	08.88	4	0.450
	2	09.09	4	0.440
	3	09.48	4	0.422
	4	09.61	4	0.416
	5	08.78	4	0.456
Promedio				0.437

	N°	Tiempo (seg)	Volumen (l)	Caudal (l/seg)
Tercer ingreso	1	06.86	4	0.583
	2	06.87	4	0.582
	3	07.06	4	0.567
	4	06.59	4	0.607
	5	06.67	4	0.600
Promedio				0.588

	N°	Tiempo (seg)	Volumen (l)	Caudal (l/seg)
Cuarto ingreso	1	05.69	4	0.703
	2	05.75	4	0.696
	3	05.23	4	0.765
	4	05.39	4	0.742
	5	05.15	4	0.777
Promedio				0.736

	N°	Tiempo (seg)	Volumen (l)	Caudal (l/seg)
Quinto ingreso	1	07.25	4	0.552
	2	07.72	4	0.518
	3	07.90	4	0.506
	4	08.03	4	0.498
	5	08.06	4	0.496
Promedio				0.514

	N°	Tiempo (seg)	Volumen (l)	Caudal (l/seg)
Sexto ingreso	1	04.90	4	0.816
	2	05.36	4	0.746
	3	05.71	4	0.701
	4	05.34	4	0.749
	5	05.41	4	0.739
Promedio				0.750

Caudal promedio (l/seg)	0.592
--------------------------------	--------------



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 30-07-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: MIRIAM LIZZIE GOMEZ COAQUIRA

Dirección: Jr. Alberto Cuentas # 343

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70290097

Teléfono: 925605363 email: miriamgomez.isa20@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: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación [] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [] Trabajo Académico []

Título: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE JACHA JAA, MOHO - 2023

Palabras claves, (3 a 5 términos): COEFICIENTE DE RUGOSIDAD, COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO, AGUA POTABLE

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV 1, 2?

2

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, entre 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 P-22

Firma de Autor



huella digital

30-07-2024

Fecha