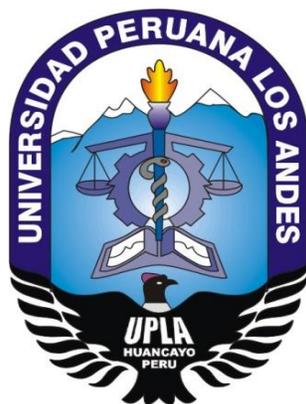


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN Y EFICIENCIA DE LA  
AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE: PÓLVORA –  
TOCACHE - 2020”**

**LÍNEA DE LA INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL  
SALUD Y GESTIÓN DE LA SALUD**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. RONALD VALDIVIEZO SALAZAR**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2021**

Ing. Julio Fredy Porras Mayta  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

Dedico esta tesis a mis padres Nery Valdiviezo Romero, Teresa Salazar Condori y mi hermana Karen Valdiviezo Salazar que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para llegar a ser un profesional, cumpliendo así mis metas tan añoradas.

A mi pareja Catherine Barreto Yauri, A mi hijo Mateo Valdiviezo Barreto y demás familiares generales, por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año en mi carrera universitaria y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, ser divino por darme la vida, salud y guiar mis pasos día a día, que me permite sonreír ante todos mis logros que son el resultado de ayuda, y que cuando caigo o me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de lo que pones frente mío es para que mejore como ser humano y crezca de diversas maneras.

Agradezco Al Ing. Julio Fredy Porras Mayta quien participo como asesor de tesis con sus valiosos consejos y pautas que hicieron realidad la elaboración de la presente tesis y así lograr un objetivo tan esperado en esta etapa de mi vida.

A mis maestros por sus enseñanzas para desarrollarme profesionalmente y haberme brindado todos sus conocimientos y herramientas para mi formación académica, y así poder desenvolverme en la sociedad.

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA  
PRESIDENTE**

---

**Ing. RANDO PORRAS OLARTE  
JURADO**

---

**Ing. CARLOS ALBERTO GONZALES ROJAS  
JURADO**

---

**Ing. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA  
JURADO**

---

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA  
SECRETARIO DOCENTE**

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	11
CAPITULO I.....	13
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	13
1.1. Planteamiento del problema .....	13
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	17
1.2.1. Problema general .....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	18
1.3. Justificación.....	18
1.3.1. Justificación social o práctica .....	18
1.3.2. Justificación metodológica .....	18
1.4. Delimitación del problema .....	18
1.4.1. Delimitación espacial .....	18
1.4.2. Delimitación temporal .....	21
1.4.3. Delimitación económica .....	21
1.5. Limitaciones .....	21
1.6. Objetivos .....	21
1.6.1. Objetivo general .....	21
1.6.2. Objetivos específicos.....	21
2.1 Antecedentes .....	22
2.1.1 Internacionales.....	22
2.1.2 Nacionales .....	26
2.1.3 Locales.....	28
2.2 Marco conceptual .....	28
2.2.1 Identificación de fallas en redes de distribución .....	28
➤ Sistema de distribución de agua .....	28
2.2.2 Fallas en el sistema de distribución de agua.....	30
2.2.3 Técnica para la detección de fallas .....	35
2.2.4 Identificación del problema: .....	35
2.2.5 Procedimiento de aislamiento de fallas clásico: .....	36
2.2.6 Información de la matriz de sensibilidad residual .....	37
2.2.7 Ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable.....	39

➤	Inclusión de sistema de tratamiento de agua .....	39
➤	Procesos en el tratamiento de agua.....	40
2.2.8	Eficiencia del suministro de agua.....	42
➤	Eficiencia hidráulica: .....	43
➤	Consumo unitario de los usuarios.....	44
➤	Aspectos físicos: sedimentación y filtración .....	44
➤	Aspectos químicos: coagulación y desinfección .....	45
➤	Aspectos biológicos: filtración rápida y lenta .....	48
2.3	Definición de términos.....	50
2.4	Hipótesis.....	50
2.4.1	Hipótesis general .....	50
2.4.2	Hipótesis específicas.....	50
2.5	Variables.....	51
2.5.1	Definición conceptual de la variable .....	51
2.5.2	Definición operacional de las variables.....	51
2.5.3	Operacionalización de a variable.....	52
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>53</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>		<b>53</b>
3.1	Método de investigación .....	53
3.2	Tipo de investigación .....	53
3.3	Nivel de investigación.....	53
3.4	Diseño de la investigación.....	54
3.5	Población y muestra .....	54
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	55
3.6.1	Técnicas de recolección de datos.....	55
3.6.2	Instrumentos de recolección de datos.....	55
3.7	Procesamiento de la información .....	56
3.8	Técnicas y análisis de datos .....	56
4.1	Características generales .....	57
➤	Región: San Martin .....	57
➤	Departamento: San Martin .....	57

➤	Provincia: Tocache.....	57
➤	Distrito: La Pólvara.....	57
➤	Localidad: La Pólvara .....	57
➤	Región geográfica: Selva media y baja .....	57
➤	Altitud: Variable: 550 y 570 msnm.....	57
➤	Coordenadas UTM: 312,790 E 9127000 N.....	57
4.2	Cálculo hidráulico del sistema de agua potable .....	63
4.2.1	Criterios y parámetros de diseño .....	63
4.2.2	Parámetros en línea de conducción .....	65
	Para el caso del proyecto se ha proyectado válvulas de aire y purga en todo el recorrido de las líneas.....	66
4.2.3	Sistema de agua potable .....	69
	Cuadro de resumen de metas .....	75
4.2.4	Criterios de diseño .....	75
	CAPITULO V.....	94
	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	94
	CONCLUSIONES.....	98
	RECOMENDACIONES .....	99
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	100
	ANEXOS .....	111
	Matriz de consistencia .....	111

### Índice de tablas

	Tabla 1: Matriz de firma binaria.....	37
	Tabla 2: Procesos unitarios según tipo de constitución para el tratamiento de aguas .....	41
	Tabla 2: Cronograma de actividades .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	Tabla 3: Presupuesto en recursos humanos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	Tabla 4: Presupuesto en materiales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	Tabla 5: Presupuesto total .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

### Índice de figuras

	Figura 1: <i>Matriz de sensibilidad</i> .....	38
--	---	----

## RESUMEN

La presente investigación se planteo como problema general: ¿Cuál es resultado de la evaluación de las fallas en redes de distribución y la eficiencia en la ampliación del sistema de agua potable, centro poblado Pólvora – Pólvora – Tocache - San Martín 2020?, cuyo objetivo general fue: Establecer la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia en el sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora– Tocache- San Martín, 2020 y la hipótesis general fue: Existe una relación significativa entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia del sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora– Tocache- San Martín, 2020.

El método general de investigación fue el científico, tipo aplicada descriptivo correlacional, diseño no experimental, la población estuvo conformada por las redes de distribución del sistema de agua potable el cual beneficiarios a 744 instalados en 229 viviendas, la muestra probabilística esta conformad por 119 usuarios.

Producto de la investigación se concluye que: De la evaluación de las fallas de redes de distribución, se cuenta con 300 ml. de redes de aducción con tubería PVC DN 2” unión rígida y 3100 ml, de redes de distribución con tubería PVC DN 2” y 1 1/2” clase 7.5 unión rígida a lo largo de las calles del centro poblado. La red de aducción baja desde la parte alta del centro poblado un desnivel promedio de 30 ml, la red de distribución se ubica a lo largo de las calles de la localidad, realizado el recorrido se constató que existe redes abiertas pese a que las calles y viviendas están densificadas y existen calles en dameros, asimismo se verifico que existen redes descubiertas de diámetros diversos los que presentan deterioros y cristalización de las tuberías, así como fugas en diversos puntos.

**Palabras claves:** Fallas en redes de distribución, eficiencia, ampliación, sistema de agua potable.

## ABSTRACT

The present research was raised as a general problem: What is the result of the evaluation of failures in distribution networks and efficiency in the expansion of the drinking water system, populated center Gunpowder – Gunpowder – Tocache - San Martín 2020?, whose general objective was: To establish the relationship between the failures in distribution networks and the efficiency in the drinking water system in the populated center Gunpowder - Gunpowder - Tocache- San Martín, 2020 and the general hypothesis was: There is a significant relationship between the failures in distribution networks and the efficiency of the drinking water system in the populated center Gunpowder - Gunpowder - Tocache- San Martín, 2020.

The general method of research was the scientific, applied descriptive type correlational, non-experimental design, the population was formed by the distribution networks of the drinking water system which beneficiaries to 744 installed in 229 homes, the probabilistic sample is made up of 119 users.

Product of the investigation it is concluded that: From the evaluation of the failures of distribution networks, there are 300 ml. of adduction networks with PVC pipe DN 2 " rigid union and 3100 ml, of distribution networks with PVC pipe DN 2 " and 1 1/2 " class 7.5 rigid union along the streets of the populated center. The network of low adduction from the upper part of the populated center an average slope of 30 ml, the distribution network is located along the streets of the town, made the tour it was found that there are open networks despite the fact that the streets and houses are densified and there are streets in dameros, also it was verified that there are discovered networks of diverse diameters those that present deteriorations and crystallization of the pipes, as well as leaks in various points.

**Keywords:** Failures in distribution networks, efficiency, expansion, drinking water system.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada

Partió del problema del abastecimiento y suministro del agua potable a hogares en zonas rurales, se ha convertido en un problema, que espera ser priorizado por las autoridades y entidades responsables, siendo priorizado por agendas de organismos internacionales, puesto que casi 2100 millones de personas carecen de agua potable y a raíz de ello se presenta enfermedades de transmisión como la cólera, disentería, tifoidea, etc., en la población más vulnerable del mundo (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Así mismo en Perú se ha encontrado que 3.4 millones de peruanos no tienen ningún tipo de acceso al agua potable y solo el 47% de la población total accede a agua potable segura en área urbana, mientras que los indicadores para áreas rurales, son preocupantes puesto que el nivel de desabastecimiento de agua es mucho mayor y tan solo el 1.7% de la población accede a agua segura (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2018).

Referente al departamento de San Martín, se puede afirmar que tan solo el 36% de la población rural tienen acceso a agua potable, siendo esta nuestra población de estudio (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2018).

La investigación está estructurada en V capítulos los cuales contienen la siguiente información:

Capítulo I, problema de investigación: Se desarrollan el planteamiento del problema; formulación y sistematización del problema: problema general, y específicos; justificación práctica o social, metodológica; delimitaciones: espacial, temporal, económica; limitaciones: de información, económica; finalmente el objetivo general y específicos.

El capítulo II, comprende: Marco teórico, antecedentes de la investigación, seguidamente se da a conocer el marco conceptual, definición de términos, de igual manera se da a conocer la hipótesis general y específica, finalmente se enuncian las variables, definición conceptual de la variable, definición operacional de la variable y la operacionalización de la variable

El capítulo III, METODOLOGÍA: Método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

El capítulo IV, comprende: Resultados, descripción del trabajo de campo, presentación de resultados, contrastación de resultados.

El capítulo V, Está referido a la discusión de resultados.

Finalmente se da a conocer las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

A nivel internacional, el problema del abastecimiento y suministro del agua potable a hogares en zonas rurales, se ha convertido en un problema, que espera ser priorizado por las autoridades y entidades responsables, siendo priorizado por agendas de organismos internacionales, puesto que casi 2100 millones de personas carecen de agua potable y a raíz de ello se presenta enfermedades de transmisión como la cólera, disentería, tifoidea, etc., en la población más vulnerable del mundo (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Así mismo en Perú se ha encontrado que 3.4 millones de peruanos no tienen ningún tipo de acceso al agua potable y solo el 47% de la población total accede a agua potable segura en área urbana, mientras que los indicadores para áreas rurales, son preocupantes puesto que el nivel de desabastecimiento de agua es mucho mayor y tan solo el 1.7% de la población accede a agua segura (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2018).

Referente al departamento de San Martín, se puede afirmar que tan solo el 36% de la población rural tienen acceso a agua potable, siendo esta nuestra población de estudio (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2018).

Martínez, Gómez, y De la Fuente (2018); encontró que, en la tubería general, las principales causas de falla son corrosión, presiones o maniobras no habituales. La corrosión se asocia al modo de fallo con el tener forma de agujero, y las presiones se ligan a las roturas longitudinales y de tipo explosivas. En acometidas, la causa de

fallo más frecuente se asocia con defectos del material de la tubería, y le corresponde un elevado número de roturas en forma circular.

Pietrucha y Tchórzewska (2018), publican una investigación que comprende: análisis de la tasa de falla, teniendo en cuenta el tipo de tubería de agua (red de distribución, conexiones de servicio (SC)) y una determinación, por referencia a los análisis realizados anteriormente, de la compatibilidad de las evaluaciones de los expertos en términos de estándares de fracaso y resultados obtenidos, a través del análisis de rango, para luego, con la implementación de un proceso de jerarquía Analítica, permitir que se realice una evaluación de riesgo de falla para la WDN, sobre la base del valor aditivo calculado del riesgo obtenido.

Pietrucha (2015), elabora un artículo científico sobre, predicción de fallas en el sistema de suministro de agua; precisa el investigador bajo un método de riesgo proporcional para la falla de la evaluación de las tuberías de agua permite evaluar la confiabilidad de las tuberías de agua y obtener la posibilidad de predicción de eventos no deseados, ello apoya significativamente el análisis de gestión del sistema de suministro de agua.

Romero (2013); demuestra que, la mayoría de problemas se encuentran relacionados con las redes de tuberías de agua potable, son las fugas, la intrusión patógena y pérdida de energía; respecto de fugas, el investigador precisa estas ocasionan desperdicios, reducen la eficiencia de las redes, así como, pérdidas económicas.

Syed (2013); determina la fiabilidad nodal y del sistema se calcula adoptando un enfoque de conjunto de corte mínimo, que implica el uso de probabilidades de falla de tubería. Se desarrolla una metodología basada en la función de expectativa genérica (GEF) para calcular una probabilidad de falla de tubería que se encuentra que es más realista.

Ahmadi, Javad, Ahmadi, & Babaei (2013); identificaron los factores más importantes que afectaron a la falla del sistema fueron: la corrosión, el tráfico y el deslizamiento de tierra. Además, la influencia simultánea del tipo y el diámetro de la tubería en las fallas fue estadísticamente significativa. La profundidad del establecimiento de las tuberías, la corrosión y la obsolescencia de las tuberías, así como el tipo inadecuado

de tuberías, fueron las causas más importantes de fallas en la red de distribución de agua de Ahvaz.

Porras (2014); con el propósito de contribuir en la reducción de pérdidas de caudal dentro de las redes de distribución bajo la adaptación de metodología de balance hídrico; sectorización, además del modelado de redes de distribución. Los resultados encontrados mostraron que la metodología de la sectorización debidamente implementada logro establecer en tres sectores, además de mejorar la gestión de presiones disminuyendo la perdida en un 40.5% respecto a la gestión de presiones, la distribución de agua mejoró en promedio de 15:55 horas al día por 21:05 horas al día. Empíricamente, los especialistas y el investigador han lanzado un sin número de probables inconvenientes para el eficiente manejo del sistema de agua potable en el centro poblado de Pólvora, sin embargo también son conscientes que uno de sus principales inconvenientes, es el manejo del presupuesto destinado a saneamiento de agua potable, por otro lado la identificación de estos fallas en la red de distribución, permitiría identificar y atacar directamente al problema, esperando con ello el ahorro del presupuesto.

Las condiciones de abastecimiento de agua potable a la localidad de Pólvora han alcanzado dimensiones críticas en los últimos años, notándose la necesidad de contar con una captación superficial de agua mediante captación de la quebrada pacota margen derecho denominada agua dulce con barraje tipo lateral, línea de conducción, planta de tratamiento de agua potable, reservorio apoyado, línea de aducción, redes de distribución y sistemas de recolección, planta de tratamiento de agua residuales y una adecuada disposición final de las aguas servidas.

Por otro lado, el acelerado crecimiento demográfico de Pólvora, debido a la inmigración desde los departamentos de Huánuco, Junín, Ucayali, San Martín, han hecho que esta situación sea cada vez más álgida, estableciéndose una situación de emergencia que exige la imperiosa necesidad de implementar la construcción de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario.

Para la elaboración de presente proyecto se tomaron como base los estudios de pre inversión a nivel de perfil del proyecto, elaborado por la municipalidad distrital de Pólvora –gerencia de infraestructura y desarrollo urbano y rural, la información del

sistema de agua potable y alcantarillado sanitario de Pólvora, actualmente en servicio, documentos que han sido proporcionados por la Municipalidad Distrital de Pólvora. Al respecto del sistema de agua potable, este fue construido hace aproximadamente 15 años de manera artesanal por los propios pobladores de la localidad, es por ello que el sistema de agua potable no cumple con los requisitos mínimos establecidos en las normativas peruanas vigentes además que ya ha cumplido su vida útil y/o en su defecto por no haber tenido la operación y funcionamiento requerido ha permitido que el sistema colapse.

Con el crecimiento de las familias el servicio de agua potable ha sufrido un déficit, debido a la falta de volumen de agua almacenado. El servicio de alcantarillado no cuenta en los caseríos en estudio, los pobladores disponen de letrinas y/o pozos ciegos en pésimas condiciones sanitarias y otros hacen uso del campo libre. A causa de ellos la incidencia de enfermedades va en aumento.

Al respecto del servicio de agua potable, se sustenta en un riachuelo en una quebrada afluente al río Pacota, la estructura existente es un baraje fijo a desnivel ubicado transversalmente en la quebrada, con muros de encauzamiento de concreto en ambos márgenes, la ventana de captación es una tubería empotrada con rejilla de fierro corrugado. Con respecto a la línea de conducción, se cuenta con 1200 ml. de Tubería PVC DN 2 1/2" unión flexible, en su recorrido se aprecia tuberías colocadas muy superficialmente que en algunos sectores están descubiertas, debido al tipo de terreno con bolonerías y roca dura se recomendaría una línea de conducción con redes superficiales debidamente fijadas. Ahora bien, en la línea de conducción se cuenta con 02 pases aéreos (columnas y vigas de varios tramos) de 20 y 30 ml. de luz total, que atraviesan quebradas anchas, por lo que se recomienda pases aéreos de un solo tramo a fin de evitar socavaciones y colapso del mismo.

Con respecto del reservorio esta tiene una forma cuadrada y una capacidad de almacenamiento de 20 m<sup>3</sup> de losa y paredes de concreto armado techo de losa armada y tapas de inspección de concreto, cuenta con una caja de válvulas de control de ingreso y salida no se cuenta con cerco de protección y las escaleras de gato son de fierro corrugado. El estado de conservación de esta estructura es malo. Mientras que el cerco perimétrico es de adobe en mal estado y se encuentra totalmente deteriorado,

las redes de distribución y aducción cuenta con 300 ml de redes de aducción con tubería PVC DN 2” unión rígida y 3100 ml de redes de distribución con tubería PVC DN 2” y 1 1/2” clase 7.5 unión rígida a lo largo de las calles del centro poblado. La red de aducción baja desde la parte alta del centro poblado un desnivel promedio de 30 ml la red de distribución se ubica a lo largo de las calles de la localidad, realizado el recorrido se constató que existe redes abiertas pese a que las calles y viviendas están densificadas y existen calles en dameros, asimismo se verifico que existen redes descubiertas de diámetros diversos los que presentan deterioros y cristalizado de las tuberías, así como fugas en diversos puntos.

Debido a que las redes de distribución no son cerradas restringe realizar ampliaciones y una distribución adecuada de presiones de agua en todos los puntos, por lo que se recomienda cambiar el diseño a redes cerradas con un diseño hidráulico según la población actual desnivel de la línea de aducción y futuras ampliaciones. Asimismo, se debe plantear en las redes de distribución válvulas de purga, aire y de control para hacer más eficiente el mantenimiento, reparación y control de fugas. Se tiene 256 conexiones domiciliarias en la ciudad donde se tienen redes de distribución de agua sin embargo no se cuentan con cajas de control para mantenimiento y control de consumos las conexiones son directas a cada vivienda siendo vulnerable perdidas del caudal de agua tratada. Debido a lo expuesto anteriormente y teniendo en cuenta que dichas estructuras tienen aprox. son antiguas no podrá ser utilizada ninguna infraestructura existente como parte del presente estudio, sin embargo ello debe ser analizado a detalle, según las especificaciones técnicas requeridas a fin de establecer lo más eficiente para la inversión como para la población, finalmente con el sustento mencionado anteriormente se propone determinar la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia del sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora– Tocache- San Martín, 2019.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es resultado de la evaluación de las fallas en redes de distribución y la eficiencia en la ampliación del sistema de agua potable, centro poblado Pólvora – Pólvora – Tocache - San Martín 2020?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia técnica en el sistema de agua potable?
- b) ¿Cuál es la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia económica en el sistema de agua potable?
- c) ¿Cuál es la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia hidrológica en el sistema de agua potable?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación social o práctica**

La justificación social y practica de esta investigación radica en varios puntos, el principal, es que al identificarse las fallas en las redes de distribución de agua o realizar el cambio u ampliación de las redes, se mejorará la calidad de vida de la población beneficiaria, pues ellos, tendrán una mayor presión y caudal de agua en sus casas, así mismo la calidad de esta será mejor puesto que no habrá filtración de agentes patógenos que puedan contaminar el agua que llegue a sus hogares. Por otro lado, al realizarse el análisis económico de los presupuestos, se podrá identificar la mejor opción para el desarrollo del proyecto, de acuerdo a las especificaciones técnicas mínimas establecidas por el MINSA, RNE y el Ministerios de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

### **1.3.2. Justificación metodológica**

La justificación metodológica parte por la implementación y uso de sistemas estadísticos que permiten determinar la ubicación de las fallas, a través de programas especializados, así también este contraste entre lo cuantitativo y los practico u aplicado, da un soporte importante al método de investigación científica, pues permiten, un mejor análisis y contrastación de los resultados.

## **1.4. Delimitación del problema**

### **1.4.1. Delimitación espacial**

El ámbito de estudio de la investigación se encuentra en:

- ✓ Centro poblado : Pólvora
- ✓ Distrito : Pólvora
- ✓ Provincia : Tocache

✓ Departamento : San Martín

Figura N° departamento: San Martín



Figura N° Provincia: Tocahe



Figura N° distrito: Polvora



#### **1.4.2. Delimitación temporal**

Así mismo el periodo de estudio será durante los años 2019 y 2020, donde se realizará progresivamente los análisis que permita desarrollar cumplir el objetivo de la investigación.

#### **1.4.3. Delimitación económica**

Los gastos para el desarrollo de la investigación serán cubiertos en su totalidad por el bachiller.

### **1.5. Limitaciones**

### **1.6. Objetivos**

#### **1.6.1. Objetivo general**

Establecer la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia en el sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora–Tocache- San Martín, 2020.

#### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia técnica en el sistema de agua potable.
- b) Determinar la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia económica en el sistema de agua potable.
- c) Determinar la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia hidrológica en el sistema de agua potable.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

##### **2.1.1 Internacionales**

- a) Martínez, Gómez, y De la Fuente (2018); publican un artículo científico en la Revista Iberoamericana del Agua, sobre Relación entre las causas y los modos de fallo de tuberías en la red de distribución del canal de Isabel en la ciudad de Madrid; con el propósito de presentar una metodología en la determinación de causas y tipos de fallas de tuberías dentro de las redes de distribución de agua; es decir, determinar la relación entre las causas y modos de falla. Se utilizó como técnica la toma de muestras y su posterior análisis; constó de 4482 roturas registradas en la red de distribución de agua. El caso de estudio se construye sobre la toma de muestras directas de las roturas, durante el proceso de rehabilitación. En la tubería general, las principales causas de fallo son corrosión, y presiones o maniobras no habituales. La corrosión se asocia al modo de fallo con el tener forma de agujero, y las presiones se ligan a las roturas longitudinales y de tipo explosivas. En acometidas, la causa de fallo más frecuente se asocia con defectos del material de la tubería, y le corresponde un elevado número de roturas en forma circunferencial. Estos resultados sirven

como base para el desarrollo de modelos mecánicos y contribuyen al esfuerzo de las compañías gestoras del agua en reducir el número de roturas.

- b) Pietrucha y Tchórzewska (2018), publican un artículo científico sobre los enfoques para el análisis de riesgo de fallas de la red de distribución de agua con respecto a la seguridad de los consumidores; con el propósito de presentar nuevos enfoques para la evaluación del riesgo de falla en lo que respecta al funcionamiento de una red de distribución de agua (WDN). El marco para la investigación involucrada aquí comprende: (a) un análisis del fallo de la WDN con respecto a una aglomeración urbana en el sureste de Polonia; (b) análisis de la tasa de falla, teniendo en cuenta el tipo de tubería de agua (red, distribución, conexiones de servicio (SC)) y los meses del año, con una evaluación de los resultados en términos de valores de criterio para la tasa de falla; (c) una determinación, por referencia a los análisis realizados anteriormente, de la compatibilidad de las evaluaciones de los expertos en términos de estándares de fracaso y resultados obtenidos, a través del análisis de rango; y (d) la propuesta de un Análisis de Decisión Multi-Criterio modificado con la implementación de un Proceso de Jerarquía Analítica, para permitir que se realice una evaluación de riesgo de falla para la WDN, sobre la base del valor aditivo calculado del riesgo obtenido. El análisis en cuestión se basó en datos reales de operación, según los datos de la compañía de distribución de agua. Trata las fallas en la WDN durante un período de 13 años en funcionamiento, desde 2005 hasta 2017.
- c) Pietrucha (2015), elabora un artículo científico sobre, predicción de fallas en el sistema de suministro de agua; precisa el investigador que, El método presentado para la evaluación del funcionamiento del sistema de suministro de agua frente a la ocurrencia de eventos no deseados toma en cuenta el análisis de fallas. El análisis desarrollado permitirá el apoyo a la toma de decisiones en la evaluación de la eficiencia tanto físico y económica del funcionamiento de la infraestructura de suministro de agua. El método de riesgo proporcional para la falla de la evaluación de las tuberías de agua permite evaluar la confiabilidad de las tuberías de agua y obtener la posibilidad de predicción de eventos no

deseados. El uso del método propuesto puede apoyar significativamente el análisis de gestión del sistema de suministro de agua. El establecimiento de los parámetros de evaluación es un tema muy importante que requiere el uso de la experiencia en obras hidráulicas. Además, se basa en los datos reales del funcionamiento del sistema de suministro de agua.

- d) Romero (2013); para obtener el grado de ingeniero civil de la Universidad Nacional Autónoma de México ejecutó una investigación sobre problemas en redes de abastecimiento de agua potable; con el propósito de presentar y analizar problemas que suceden en las redes de abastecimiento del agua, como fugas e intrusión patógena; se realizó un análisis documental. Los resultados demostraron que, la mayoría de problemas se encuentran relacionados con las redes de tuberías de agua potable, son las fugas, la intrusión patógena y pérdida de energía; respecto de fugas, el investigador precisa estas ocasionan desperdicios, reducen la eficiencia de las redes, así como, pérdidas económicas; por otra parte, las consecuencias de las fugas, se encuentra la intrusión patógena a partir de la confluencia de 3 circunstancias; la primera sobre la depresión, que hace que se contamine la red de distribución de agua potable, es decir, da paso a la contaminación microbiana, enfermedades y alterando la calidad del agua, por sus concentraciones patógenas potenciales en los consumidores. Sobre la pérdida de energías, pueden ser ocasionadas por fricción o locales, las mismas que pueden minimizarse con un adecuado diseño y mantenimiento de redes.
- e) Syed (2013); para obtener el grado académico de master en ingeniería civil, elabora una investigación sobre el análisis de riesgos y fiabilidad hidráulica de los sistemas de distribución de agua; en este estudio, el análisis de confiabilidad de los sistemas de distribución de agua se realiza enfocándose en la falla hidráulica del sistema de distribución de agua como una variable que es afectada a través de diferentes eventos, tales como corrosión y deterioro, razón por la cual se hace uso de métodos matemáticos y estadísticos para proveer respuestas acerca de la problemática del documento revisado. Al principio, las variables aleatorias de entrada se generan para el enfoque de Monte Carlo utilizando el paquete de análisis estadístico STATISTICA, y para el arranque, las variables

aleatorias de entrada son generadas por MATLAB. El software de simulación hidráulica EPANET y WATERCAD se utiliza para realizar un análisis hidráulico para cada conjunto de variables aleatorias de entrada generadas, y se calculan las presiones de cada nodo. Finalmente, la fiabilidad nodal y del sistema se calcula adoptando un enfoque de conjunto de corte mínimo, que implica el uso de probabilidades de falla de tubería. Se desarrolla una metodología basada en la función de expectativa genérica (GEF) para calcular una probabilidad de falla de tubería que se encuentra que es más realista.

- f) Ahmadi, Javad, Ahmadi, & Babaei (2013); publican una investigación sobre el análisis de fallas de la red de distribución de agua durante 2006-2008 en Ahvaz, Irán; debido a que las fallas en la red de distribución de agua son algunos de los factores más importantes en las pérdidas de agua, la escasez de agua y la insatisfacción de los usuarios y también las contaminaciones secundarias. Esta investigación tuvo como objetivo analizar las fallas en las redes de distribución de agua durante 2006-2008, para una mejor gestión del agua. Los informes diarios de fallas en la red de distribución de Ahvaz, Irán, durante 2006-2008, se obtuvieron del departamento de emergencias de Ahvaz wáter and Wastewater Company; a partir de entonces, se ingresaron en una base de datos de Excel, las fallas también se definieron por el tipo de tubería, el diámetro de la tubería y la causa de la falla, y finalmente se analizaron los datos. Los resultados indicaron que las tuberías de asbesto y polietileno muestran fallas máximas; Se han producido fallas y fracturas máximas en tuberías con diámetros de 100 y 150 mm. Los factores más importantes que afectaron a la falla fueron la corrosión, el tráfico y el deslizamiento de tierra. Además, la influencia simultánea del tipo y el diámetro de la tubería en las fallas fue estadísticamente significativa. La profundidad del establecimiento de las tuberías, la corrosión y la obsolescencia de las tuberías, así como el tipo inadecuado de tuberías, fueron las causas más importantes de fallas en la red de distribución de agua de Ahvaz. En este sentido, la actualización de los estándares de configuración de materiales de tuberías y la renovación de la red de tuberías de agua son las principales estrategias para minimizar las fallas.

### 2.1.2 Nacionales

- a) Alvarado Sanchez & Cauna Aguilar (2019) para obtener el título de ingeniero civil de la Universidad Privada de Tacna, desarrolla una investigación que cuenta con un lineamiento de pérdidas no físicas, pues se realiza en base a información sobre el agua no facturada en el sector 6 de la red de la EPS Tacna y detallar los cálculos y determinar un índice de pérdidas, usando la metodología del modelo de Balance hídrico termina por cumplir con el objetivo de analizar el Índice de Pérdidas para mejorar el Sistema de Abastecimiento de agua potable del Sector VI de la Ciudad de Tacna.

Siguiendo la metodología del IWA (Asociación Internacional del Agua), se encontró un índice de Pérdidas de 26%; para luego detallar medidas para reducir estas pérdidas, que se enfocaron en las mejoras de la inexactitud de la micro medición y errores en el manejo de los datos, identificación de fugas en conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente, detección de fugas en tuberías de distribución o líneas principales, análisis y detección del consumo no autorizado y revisión de la demás red de abastecimiento para poder establecer posibles efectos de la red sobre el sector estudiado.

- b) Concha Huánuco & Guillén Lujan (2014) desarrollaron una investigación para optar al título de ingeniero civil en la Universidad San Martín de Porres, esta investigación es acerca de la captación de agua potable en Valle Esmeralda en Ica, una nueva urbanización que responde al crecimiento demográfico de la zona de estudio, no obstante, el problema es que ello requiere una mayor demanda de agua. Por lo que el estudio se basa en un análisis comparativo entre dos alternativas, el mejoramiento o la ampliación del sistema de abastecimiento actual.

Mientras que para el mejoramiento se establece la profundización del pozo tubular ya existente, esto como consecuencia de la explotación del recurso hídrico subterráneo en los últimos diez años; en el caso de la ampliación se enmarca en proyectar una nueva obra de captación, nuevo pozo, la bomba sumergible, potencia de la bomba, y demás componentes. Los resultados de la investigación denotan que dadas las características de la zona y el análisis

técnico se recomienda la alternativa del mejoramiento del pozo tubular existente.

- c) Illán Mendoza (2017), realizó una investigación de tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Cesar Vallejo tomado en Distrito de Buenavista Alta, Provincia de Casma, Ancash, bajo una metodología detallada en base al tipo de investigación no experimental y transeccional, a través de técnicas de recolección de datos en base a la observación y análisis documental. Finalmente se llegó a obtener los resultados y se concluyó en que el sistema de agua potable del Asentamiento Humano Héroes del Cenepa, conduce muy poco caudal, debido que el matriz principal hasta la línea de aducción abastece más de cinco pueblos y por ello se propone a realizar una captación de pozo tubular solo para dicho asentamiento humano.
- d) Ochoa (2005), para obtener el grado académico de ingeniero, elabora una investigación sobre La eficiencia de un sistema de agua potable a ciudades que se asocia con el proceso de captar, conducir, regularizar, potabilizar y distribuir el agua, desde la fuente natural hasta los consumidores, con un servicio de calidad total. En este contexto de la eficiencia se identifican tres escenarios: a) El de la ingeniería del sistema de abastecimiento, b) El de la comercialización de los servicios de agua potable, y c) El del desarrollo institucional del organismo operador.

En el diagnóstico sobre los servicios de agua y saneamiento en pequeñas poblaciones del Perú surgieron datos muy ilustrativos, como el hecho de que el 33 % de una muestra de 22 localidades cuenta con servicio de agua por un período menor a seis horas diarias. Por ello, resulta esencial identificar tecnologías alternativas de bajo costo, cuyo desarrollo y aplicación se encuentre adecuadamente documentado y que permitan niveles de cobertura y calidad equivalentes a los que pueden obtenerse mediante tecnologías convencionales. Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe (2004).

- e) Calderón (2004), de los 8.9 millones de habitantes rurales 3.3 no tienen acceso al agua potable, esto es el 37%, y 6.2 millones carecen de una adecuada eliminación de excretas y agua residuales, el 70%.

Ministerio de Vivienda de Construcción y Saneamiento (2003), Al hecho que un 37% de la población rural carezca de servicios de agua potable y un 70% de saneamiento, debe añadirse que en ambos casos sólo un 12% de los sistemas existentes se encuentra en buen estado.

### **2.1.3 Locales**

- a) Porras (2014); para obtener el grado académico de ingeniero mecánico de la Universidad Nacional del Centro del Perú, elabora una investigación sobre la reducción de pérdidas de caudal en red de tuberías para mejorar distribución de agua potable en un sector de la Merced; con el propósito de contribuir en la reducción de pérdidas de caudal dentro de las redes de distribución bajo la adaptación de metodología de balance hídrico; sectorización, además del modelado de redes de distribución. Los resultados encontrados mostraron que la metodología de la sectorización debidamente implementada logro establecer en tres sectores, además de mejorar la gestión de presiones disminuyendo la perdida en un 40.5% respecto a la gestión de presiones, la distribución de agua mejoro en promedio de 15:55 horas al día por 21:05 horas al día.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Identificación de fallas en redes de distribución**

#### **➤ Sistema de distribución de agua**

El propósito principal de un sistema de distribución de agua es proporcionar agua segura de calidad, cantidad y continuidad deseables a los consumidores. Sin embargo, en muchos casos, un sistema de distribución de agua no cumple su objetivo debido a fallas hidráulicas, estructurales y asociadas y / o fallas en la calidad del agua. El impacto de estas fallas puede reducirse significativamente si se toman acciones preventivas en función de su potencial de ocurrencia o si ocurre una falla y se detecta dentro de un período mínimo de tiempo después de su ocurrencia. (Organización mundial de la Salud, 2006)

Un sistema de suministro de agua o red de suministro de agua es un sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos diseñados que proporcionan suministro de agua. Un sistema de suministro de agua incluye típicamente:

- Una cuenca de drenaje

- Un punto de recolección de agua cruda (sobre o debajo del suelo) donde se acumula el agua, como un lago, un río o agua subterránea de un acuífero subterráneo. El agua cruda se puede transferir utilizando acueductos a nivel del suelo, túneles cubiertos o tuberías de agua subterráneas no cubiertas para instalaciones de purificación de agua.
- Instalaciones de depuración de aguas. El agua tratada se transfiere mediante tuberías de agua (generalmente subterráneas).
- Instalaciones de almacenamiento de agua, como reservorios, tanques de agua o torres de agua. Los sistemas de agua más pequeños pueden almacenar el agua en cisternas o recipientes a presión. Los edificios altos también pueden necesitar almacenar agua localmente en recipientes a presión para que el agua llegue a los pisos superiores.
- Es posible que los componentes adicionales de presurización del agua, como las estaciones de bombeo, deban estar situados a la salida de depósitos subterráneos o sobre tierra o cisternas (si el flujo por gravedad no es práctico).
- Una red de tuberías para la distribución de agua a los consumidores (que pueden ser casas privadas o establecimientos industriales, comerciales o institucionales) y otros puntos de uso (como las bocas de incendio).
- Las conexiones a las alcantarillas (tuberías subterráneas o zanjas de superficie en algunos países en desarrollo) generalmente se encuentran aguas abajo de los consumidores de agua, pero el sistema de alcantarillado se considera un sistema separado, en lugar de parte del sistema de suministro de agua.

Las redes de suministro de agua a menudo son administradas por los servicios públicos de la industria del agua, como es el caso de la localidad de Pólvara, el suministro del agua potable está a cargo de la junta administradora de servicios de saneamiento (JASS).

Los sistemas de distribución de agua dependen del tipo de fuente de agua utilizada, de la topografía y del nivel de servicio de suministro proporcionado. Los suministros de agua individuales, como la recolección de agua de lluvia y los pozos de agua subterránea poco profundos equipados con bombas manuales, por lo general no necesitan sistemas de suministro por tubería. El agua superficial tratada,

sin embargo, normalmente se distribuye por un sistema de tuberías. Una topografía adecuada a menudo permite la instalación de un sistema de gravedad que mejorará la confiabilidad y la continuidad del suministro. Dado que los esquemas de suministro de agua bombeada dependen de un suministro confiable de energía y piezas de repuesto, son muy susceptibles a paradas temporales. Finalmente, el nivel de servicio del suministro de agua gobierna fuertemente la demanda de agua. El uso del agua aumenta drásticamente a medida que mejora el servicio: puesto público, conexión en el patio, conexión doméstica de tomas múltiples. El artículo "Ahorro y reutilización del agua" trata este aumento en el consumo con un aumento en la comodidad.

### **2.2.2 Fallas en el sistema de distribución de agua**

En este estudio, las fallas de Sistema de distribución de agua se han clasificado en dos grupos: fallas hidráulicas estructurales y asociadas y fallas en la calidad del agua. Las fallas hidráulicas estructurales y asociadas se refieren a la falla de las tuberías de transmisión y distribución debido a diversos factores de presión que causan daños en las tuberías de transmisión y distribución y permiten que el agua tratada escape inesperadamente del sistema de distribución de agua. La falla en la calidad del agua se refiere al compromiso de la calidad del agua resultante de la presencia de contenidos indeseables en el agua (Comisión Nacional del Agua, 2007).

La pérdida de integridad estructural o falla estructural se manifiesta a través de la fuga del sistema de distribución de agua. Farley & Trow (2003) discutieron diferentes vías de fuga, mecanismos de formulación de fugas y relación de presión con fuga. También sugirieron numerosas técnicas para la estimación de fugas y opciones de gestión. Lambert (2014) mostró la relación de las fugas con la presión del sistema operativo. Desarrolló la estimación de fondo y ráfaga (BABE), una metodología de estimación de volumen de fugas basada en componentes. Sin embargo, estos autores no han estudiado la probabilidad de ocurrencia (potencial) de fugas en sistema de distribución de agua

Zayed & Fares (2009) estudiaron el riesgo de falla de todo el sistema de distribución utilizando un enfoque basado en difusos. Presentaron una

metodología para evaluar el riesgo de falla principal del agua utilizando un sistema experto jerárquico difuso jerárquico. Sin embargo, no incluyeron fugas pequeñas como fugas de fondo en su análisis. Kleiner, Sadiq, & Rajani (2004) propusieron un nuevo enfoque para modelar el proceso de deterioro de tuberías enterradas utilizando el proceso de Markov no homogéneo basado en reglas difusas. Su modelo propuesto puede generar un riesgo de falla en función de la antigüedad de la tubería en cada punto a lo largo de la vida útil de la tubería. Jowitt & Xu (1993) presentaron una metodología para predecir los efectos de falla de tubería en sistema de distribución de agua sin ningún análisis de red.

Esta metodología proporciona una técnica para estimar los impactos de las fallas de los componentes en la red general y el desempeño nodal individual al evaluar la vulnerabilidad de la red ante la pérdida de cualquier elemento de tubería en particular. Rogers (2006) desarrolló una herramienta de evaluación de fallas de tuberías para priorizar el reemplazo de tuberías en el sistema de distribución de agua basado en el inventario de tuberías existente y separar los datos de los registros existentes de la organización de servicios públicos. Sin embargo, no estudiaron el potencial de fuga para el sistema de distribución. Mamlook & Al-Jayyousi, (2003) propusieron una técnica para detectar fugas en sistema de distribución de agua utilizando una evaluación sintética difusa. Identificaron cuatro factores principales que afectan la fuga: la antigüedad de la tubería, el material de la tubería, los aspectos operativos y los patrones de demanda. Propusieron un potencial de fugas en las tuberías a través de números difusos que incluyen "fugas", "posibles fugas" y "no fugas". Basado en el método de confiabilidad de primer orden (FORM), Yamini & Lence (2010) presentaron una metodología para estimar la probabilidad de falla mecánica de sistema de distribución de agua debido a la corrosión interna y externa. Han demostrado cómo la corrosión interna y externa afectan la edad de servicio de los tubos de fundición. Torres, Brumbelow, & Guikema (2009) propuso una metodología para la clasificación de vulnerabilidad de sistema de distribución de agua y aplicó su metodología a un sistema de distribución de agua virtual. . Farley, Mounce, & Boxall (2010) presentó una metodología completa basada en la enumeración para

identificar las ubicaciones "óptimas" de los sensores de presión para la detección de una fuga / explosión. La metodología ha sido verificada mediante la creación de un escenario de fuga artificial.

Pérez et al., (2009) presentó una metodología de detección de fugas y colocación de sensores para identificar (localizar) fugas en un sistema de distribución de agua basado en la desviación de la presión del sensor de la presión estimada. Expresaron el efecto de la fuga sobre la presión en un nodo utilizando una matriz de sensibilidad. Sin embargo, reconocieron plenamente la dificultad de calcular los valores analíticos para la matriz de sensibilidad. Poulakis, Valougeorgis, & Papadimitriou (2003) propusieron una metodología de detección de fugas basada en la identificación bayesiana. Su metodología fue capaz de estimar el volumen más probable y la ubicación de las fugas, así como las incertidumbres en las estimaciones. También abordaron los problemas relacionados con los errores de modelado, el ruido de medición, la severidad de las fugas y la configuración del sensor. Sin embargo, reconocieron que esta metodología solo era aplicable a un cierto umbral de cantidad de fugas.

Mounce, Boxall, & Machell (2010) proporcionó una evaluación de la aplicación en línea y los beneficios resultantes de un sistema de inteligencia artificial para la detección de fugas. Mounce, Boxall, & Machell (2010) presentaron una metodología basada en una red neuronal artificial (ANN) para sintetizar datos obtenidos de diferentes sensores para clasificar diferentes tipos de fugas en un sistema de distribución de agua. Desarrollaron un modelo empírico basado en ANN para la predicción y clasificación de fugas, utilizando datos de series de tiempo de sensores. Debido a la metodología basada en ANN, este estudio requiere una gran base de datos de monitoreo.

Zhang, Achari, Sadiq, Langford, & Dore (2012) propuso una metodología para detectar explosiones de tuberías en un sistema de distribución de agua. Su sistema detecta ráfagas basadas en sus valores característicos y análisis de similitud. En su metodología, el sistema calcula los valores de las características de ráfaga ideales en función de la tasa de fuga y luego estima los valores reales. Al utilizar la relación de similitud difusa de valores ideales y reales, su sistema puede detectar la

presencia de una ráfaga en un sistema de distribución de agua. La precisión reportada de su sistema fue superior al 80%. Misiunas, Lambert, Simpson, & Olsson (2005) desarrollaron un algoritmo mediante la combinación de monitoreo continuo de presión y transitorio hidráulico para la detección e identificación de la ubicación de explosiones repentinas en un sistema de distribución de agua. Para identificar la ubicación de la explosión, utilizaron los tiempos de llegada y las magnitudes de las ondas transitorias inducidas por la explosión en dos o más puntos. Wu, Sage, & Turtle, (2010) propusieron una metodología basada en la optimización (algoritmo genético) para detectar fugas en sistema de distribución de agua. En su metodología, las fugas se consideran una demanda dependiente de la presión, y la diferencia entre el flujo y la presión monitoreados y predichos por el modelo se ha minimizado. Aksela, Aksela, & Vahala (2009) presentó una metodología para la detección de fugas en términos de función de fugas basada en el mapa auto organizado utilizando datos de flujo de agua.

Similar a la literatura relacionada con la falla hidráulica estructural y asociada, también se encuentra disponible una gran cantidad de publicaciones en la falla en la calidad del agua en el sistema de distribución. Sadiq, Kleiner, & Rajani (2010) presentaron un esquema conceptual para el análisis forense de la falla en la calidad del agua en sistemas de distribución. Los mismos autores propusieron una metodología basada en el riesgo para predecir el riesgo de intrusión de contaminantes en sistema de distribución de agua. En el primer artículo de una serie de tres publicaciones en papel, Sadiq et al. (2010) propusieron un marco para modelar el potencial de la falla en la calidad del agua en los sistemas de distribución. El objetivo principal de su trabajo fue identificar los principales mecanismos de deterioro que contribuyen la falla en la calidad del agua y desarrollar un modelo de falla de la calidad del agua basado en el deterioro. Aún no se conocen los impactos de las condiciones de operación, como la presión, la velocidad del agua, etc., en su potencial la falla en la calidad del agua general. Boxall & Saul (2005) presentaron un novedoso enfoque de modelado de transporte cohesivo para simular la decoloración dentro de sistema de distribución de agua.

Storey, Van der, & Burns (2011) proporciona una revisión de las tecnologías de monitoreo de la calidad del agua potable adaptadas en diferentes partes del mundo. Sobre la base de la revisión, a pesar de muchas tecnologías emergentes, es necesaria una mejora significativa de la investigación para implementar esas tecnologías emergentes en las operaciones existentes. Westrell, Bergstedt, Stenström, & Ashbolt (2003) examinan las influencias de la falla de la calidad del agua, especialmente microbiana (*Cryptosporidium parvum*, rotavirus y la bacteria *Campylobacter jejuni*), sobre el riesgo anual de infección de la población atendida. Richardson, Nichols, Lane, Lake, & Hunter (2009) muestra los impactos ambientales y climáticos en la calidad del agua basados en la vigilancia pasiva en el sistema privado de suministro de agua en Inglaterra. Del análisis, encontraron una fuerte influencia estacional en la calidad del agua en un sistema privado de suministro de agua. Lindhe, Rosén, Norberg, & Bergstedt (2009) desarrolló un método de análisis de riesgo integrado y probabilístico para sistema de distribución de agua utilizando análisis de fallas. Los autores evaluaron los minutos de consumo perdidos como una medida del riesgo resultante de la cantidad de agua y la falla de calidad. Rizak & Hrudehy (2008) proporcionan una revisión y análisis de diferentes artículos publicados para identificar los factores de riesgo comunes relacionados con el proceso de tratamiento del agua y el clima que contribuyen a los brotes de enfermedades del agua potable.

Aunque en la literatura se ha informado un gran volumen de investigaciones sobre fallas estructurales, hidráulicas y de calidad del agua, en la literatura no se presenta una visión holística de los diferentes tipos de investigación de fallas. En la literatura, diferentes tipos de fallas han sido tratadas con una incidencia individual y modeladas como tipo de falla individual. En realidad, diferentes tipos de fallas están vinculadas con parámetros sistema de distribución de agua similares / iguales. Como resultado, cuando un tipo de falla ocurrió en un sistema de distribución de agua, también influye en la falla del otro tipo. También se revela que la mayoría de los modelos se han empleado en aplicaciones estratégicas en lugar de problemas operativos. Se ha informado que un número limitado de investigaciones aborda los problemas operacionales relacionados con un sistema

de distribución de agua, como la evaluación potencial de fallas instantáneas y, en caso de fallas, detección y ubicación de las fallas. La bibliografía de pronóstico y diagnóstico fragmentada disponible produjo predicciones poco confiables que incurrieron en costos adicionales para la operación de servicios públicos.

### **2.2.3 Técnica para la detección de fallas**

Las nuevas tecnologías se desarrollan para lograr niveles más altos de eficiencia, con la intención de reducir las pérdidas a niveles aceptables considerando los aspectos técnicos y económicos. Por lo general, un método de detección de fugas en un DMA comienza a analizar los datos de flujo de entrada, como los flujos nocturnos mínimos y los datos de medición del consumidor. Una vez que se identifica que la zona de distribución de agua tiene una fuga, se utilizan técnicas para localizar la fuga para el reemplazo o reparación de la tubería. Todo el proceso podría llevar semanas o meses con un volumen importante de agua desperdiciada. Para evitar esto, la detección de fugas y la localización en el campo se realiza utilizando diferentes técnicas.

Una de tales técnicas es el uso de modelos matemáticos (Brdys y Ulanicki, 1994) que pueden "comparar" los datos recopilados por los sensores instalados en la red con los datos obtenidos por un modelo de esta red. Si se detecta una diferencia entre estos conjuntos de datos, se obtiene una detección de un evento anormal. Por lo tanto, el modelado es primordial para lograr resultados exitosos. Este modelo es la herramienta matemática que vincula los datos reales del sensor recopilados de la red con el procedimiento de toma de decisiones. La herramienta proporciona una posible detección de fallas, así como su ubicación probable en la red. El procedimiento de detección de fugas se realiza comparando los datos de presión con su estimación mediante la simulación del modelo de red matemático y el análisis de sensibilidad a la presión de los nodos en una red cuando hay una fuga en un nodo. La simulación de la red en presencia y ausencia de fugas proporciona una aproximación de esta sensibilidad.

### **2.2.4 Identificación del problema:**

La DMA tiene dos entradas llamadas Alaba y Llull. Para simularlo aislado, las condiciones de contorno deben ser fijas. Las condiciones de contorno son

presiones y flujos medidos cada 10 minutos. Normalmente, la presión se fija mediante un reservorio y la demanda total se calcula como la suma de la entrada distribuida en el DMA utilizando el modelo (patrón de demanda).

### **2.2.5 Procedimiento de aislamiento de fallas clásico:**

La metodología de localización de fugas propuesta se basa principalmente en la teoría estándar del diagnóstico basado en modelos. El diagnóstico basado en modelos se puede dividir en dos subtarefas: detección de fallas y aislamiento de fallas.

Por un lado, el principio de la detección de fallas basada en modelos es verificar la consistencia del comportamiento observado, mientras que el aislamiento de fallas intenta aislar el componente defectuoso. La verificación de consistencia se basa en el cálculo de residuos  $r(k)$ , obtenido de la entrada medida  $u(k)$  y las señales de salida  $y(k)$  (utilizando los sensores instalados en el sistema monitoreado) y las relaciones analíticas que se obtienen mediante el modelado del sistema:

$$r(k) = \Psi(y(k), u(k)) \quad (1)$$

donde  $\Psi$  es la función generadora de residuos que depende del tipo de estrategia de detección utilizada (ecuación de paridad u observador (Chen & Patton, 1999). En cada paso de tiempo  $k$ , el residuo se compara con un valor de umbral (cero en el caso ideal o casi cero en un caso real). El valor de umbral suele determinarse utilizando métodos estadísticos o basados en conjuntos que tienen en cuenta el efecto del ruido y la incertidumbre del modelo (Blanke, Kinnaert, Lunze, & Staroswiecki, 2006). Cuando un residuo es más grande que el umbral, se determina que hay una falla en el sistema; de lo contrario, se considera que el sistema funciona correctamente. En la práctica, debido al ruido de entrada / salida, las entradas molestas y los errores de modelado que afectan al modelo considerado, se deben usar generadores de residuos sólidos. Cuando un sistema de detección de fallas solo es sensible a las fallas, incluso en presencia de diferencias modelo-realidad, se dice que es robusto. La robustez se puede lograr en la fase de generación residual (activa) o en la fase de evaluación (pasiva). Se propone un

método pasivo en el dominio del tiempo para la detección robusta de fallas, donde el umbral de detección se ha obtenido utilizando el método descrito en (Pérez et al., 2009). La evaluación residual robusta permite obtener un conjunto de firmas de fallas observadas  $\Phi(k) = [\Phi_1(k), \Phi_2(k) \dots \Phi_{n\phi}(k)]$ , donde cada indicador de falla se obtiene de la siguiente manera:

$$\Phi_i(k) = \begin{cases} 0 & \text{si } |r_i(k)| \leq \tau_i(k) \\ 1 & \text{si } |r_i(k)| > \tau_i(k) \end{cases} \quad (2)$$

Dónde  $\tau_i$  es el umbral asociado al residual  $r_i(k)$ .

Por otro lado, el aislamiento de fallas implica identificar las fallas que afectan al sistema. Se realiza sobre la base de firmas de fallas observadas, generadas por el módulo de detección y su relación con todas las faltas consideradas,  $f(k) = \{f_1(k), f_2(k), f_3(k), \dots, f_n(k)\}$  que se comparan con la firma teórica de la matriz FSM (Gertler, 1998). un elemento de la matriz FSM<sub>ij</sub> será igual a uno si hay una falla  $f_j(k)$  se ve afectado por el residual  $r_i(k)$ . En este caso, el valor del indicador de falla  $\Phi_i(k)$  debe ser igual a uno cuando la falla aparece en el sistema monitoreado; De lo contrario, el elemento FSM<sub>ij</sub> será cero. Una falla dada  $f_i(k)$  se propone como candidato de falla cuando la firma de falla observada coincide con su firma de falla teórica.

Para la ubicación de fugas utilizando sensores de presión en una red de agua, por lo general, cualquier fuga afecta más o menos a la presión de todos los nodos. En consecuencia, en esta aplicación, la matriz de firma binaria tiene unidades en todas sus posiciones (ver Tabla 1) y luego esta matriz de firma no es útil para aislar las fugas, a menos que una buena selección de umbral incremente la discriminabilidad (Pérez et al., 2009). Sin embargo, tal binarización implica pérdida de información.

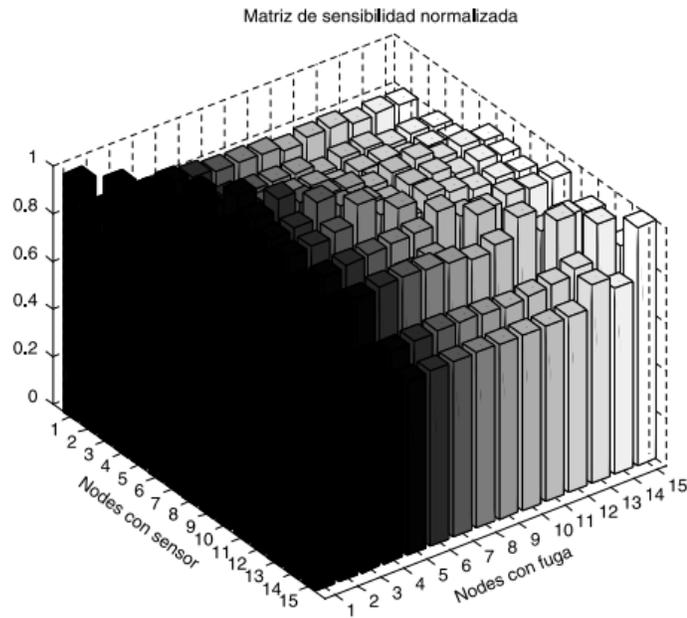
**Tabla 1: Matriz de firma binaria**

	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	$f_8$	$f_9$	$f_{10}$	$f_{11}$	$f_{12}$	$f_{13}$	$f_{14}$	$f_{15}$
$s_1$	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
$s_2$	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

### 2.2.6 Información de la matriz de sensibilidad residual

Es posible utilizar otra información asociada con la relación entre los residuos y las fallas (como la sensibilidad a la falla residual) para mejorar los resultados de

aislamiento. La matriz de sensibilidad  $S$  tiene las amplitudes de los residuos del sensor de presión (diferencia entre la presión en situaciones sin fallas y con fallas) para un tamaño de fuga nominal predefinido en todos los nodos de la red.



**Figura 1: Matriz de sensibilidad**

Esta matriz de sensibilidad residual  $S$  se puede obtener a partir del análisis de sensibilidad de fuga. Este análisis evalúa el efecto de una fuga en la medición de presión en un determinado nodo. Si este proceso se repite para cada nodo y posible fuga nominal, se obtiene la matriz de sensibilidad, donde cada elemento  $s_{ij}$  mide el efecto de la fuga  $f_j$  en la medición de presión del nodo  $p_i$ . La matriz  $S$  es extremadamente difícil de calcular analíticamente en una red real porque el modelo se basa en un conjunto enorme de ecuaciones no lineales implícitas como se describió anteriormente. En su lugar, este trabajo propone generar la matriz de sensibilidad por simulación introduciendo un flujo de fuga constante en cada nodo y observando su efecto en todos los sensores de presión. La matriz de sensibilidad depende del punto de trabajo, es decir, de la demanda y las condiciones de los límites (Vento & Puig, 2009).

### **2.2.7 Ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable**

La ampliación del sistema de abastecimiento de potable puede ser realizada de múltiples formas y niveles; sin embargo, para efectos de la presente investigación, se tratará estas:

#### **➤ Inclusión de sistema de tratamiento de agua**

El tratamiento de agua es cualquier proceso que mejora la calidad del agua para que sea más aceptable para un uso final específico. El uso final puede ser la bebida, el suministro de agua industrial, el riego, el mantenimiento del caudal del río, la recreación del agua o muchos otros usos, incluido el retorno seguro al medio ambiente. El tratamiento de agua elimina contaminantes y componentes indeseables, o reduce su concentración para que el agua se adapte a su uso final deseado. Este tratamiento es crucial para la salud humana y permite que los seres humanos se beneficien de la bebida y el uso del riego (Orellana, 2016).

El tratamiento para la producción de agua potable implica la eliminación de contaminantes del agua cruda para producir agua que sea lo suficientemente pura para el consumo humano sin riesgo a corto o largo plazo de ningún efecto adverso para la salud. En términos generales, los mayores riesgos microbianos están asociados con la ingestión de agua contaminada con heces humanas o animales (incluidas las aves). Las heces pueden ser una fuente de bacterias patógenas, virus, protozoos y helmintos. Sustancias que se eliminan durante el proceso de tratamiento del agua potable. La desinfección es de una importancia incuestionable en el suministro de agua potable segura. La destrucción de patógenos microbianos es esencial y muy comúnmente implica el uso de agentes químicos reactivos tales como sólidos suspendidos, bacterias, algas, virus, hongos y minerales como el hierro y el manganeso. Estas sustancias continúan causando un gran daño a varios países menos desarrollados que no tienen acceso a la purificación del agua (Organización Panamericana de la Salud, 2007)

Los procesos involucrados en la eliminación de los contaminantes incluyen procesos físicos como la sedimentación y la filtración, procesos químicos

como la desinfección y la coagulación y procesos biológicos como la filtración lenta con arena.

Las medidas tomadas para garantizar la calidad del agua no solo se relacionan con el tratamiento del agua, sino también con su transporte y distribución después del tratamiento. Por lo tanto, es una práctica común mantener los desinfectantes residuales en el agua tratada para eliminar la contaminación bacteriológica durante la distribución.

Las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) son un conjunto general de estándares que se deben aplicar cuando no se implementan mejores estándares locales. Se aplican estándares más rigurosos en Europa, Estados Unidos y en la mayoría de los otros países desarrollados. Siguen en todo el mundo los requisitos de calidad del agua potable.

El agua suministrada a las propiedades domésticas, para el agua del grifo u otros usos, puede tratarse adicionalmente antes de su uso, a menudo utilizando un proceso de tratamiento en línea. Tales tratamientos pueden incluir ablandamiento de agua o intercambio de iones. Muchos sistemas patentados también pretenden eliminar los desinfectantes residuales y los iones de metales pesados.

➤ **Procesos en el tratamiento de agua**

Se utiliza una combinación seleccionada de los siguientes procesos para el tratamiento de agua potable municipal en todo el mundo (Andía, 2009):

- Pre- cloración para el control de algas y para detener el crecimiento biológico.
- La aireación junto con la precloración para eliminar el hierro disuelto cuando está presente con pequeñas cantidades de manganeso
- Coagulación para floculación o filtración lenta en arena.
- Ayudas de coagulante, también conocidas como polielectrolitos, para mejorar la coagulación y para una formación de flóculos más robusta
- Sedimentación para la separación de sólidos que es la remoción de sólidos suspendidos atrapados en el flocuador.

- Filtración para eliminar partículas del agua, ya sea mediante el paso a través de un lecho de arena que se puede lavar y reutilizar o mediante el paso a través de un filtro diseñado para tal fin que puede ser lavable.
- Desinfección para matar bacterias, virus y otros patógenos.
- Las tecnologías para el agua potable y otros usos están bien desarrolladas, y existen diseños generalizados a partir de los cuales se pueden seleccionar los procesos de tratamiento para las pruebas piloto en la fuente de agua específica. Además, varias empresas privadas ofrecen soluciones tecnológicas patentadas para el tratamiento de contaminantes específicos. La automatización del tratamiento del agua es común en el mundo desarrollado. La calidad del agua de origen a través de las estaciones, la escala y el impacto ambiental pueden dictar los costos de capital y los costos operativos. El uso final del agua tratada dicta las tecnologías de monitoreo de calidad necesarias, y las habilidades disponibles localmente dictan el nivel de automatización adoptado.

**Tabla 2: *Procesos unitarios según tipo de constitución para el tratamiento de aguas***

<b>Constitución</b>	<b>Procesos unitarios</b>
Turbidez y partículas.	Coagulación / floculación, sedimentación, filtración granular.
Principales compuestos inorgánicos disueltos.	Ablandamiento, aireación, membranas.
Inorgánicos menores disueltos	Membranas
Patógenos	Sedimentación, filtración, desinfección.
Principales compuestos orgánicos disueltos	Membranas, adsorción

### **2.2.8 Eficiencia del suministro de agua**

Bardhan (1995) y Albi (1992) en una investigación señalan que se debe diferenciar los conceptos de eficiencia y eficacia, así, se entenderá como eficacia a la capacidad de establecer y lograr metas establecidas mientras que eficiencia (en términos genéricos, con el fin de distinguirla de eficacia y sin prejuicio de su posterior e inmediato análisis conceptual) aludirá a la capacidad de obtener objetivos por medio de una relación deseable de entrada y salida empleados, como de productividad y costo.

Lindbek (1971) la eficiencia técnica, surge de la interpretación de la función de producción como el conjunto de los puntos frontera del conjunto de producción, quedando particionado así el espacio de asignaciones en eficientes (las situaciones debajo de las mismas) y las imposibles (las localizadas más allá). En este sentido, se trata de un concepto puramente técnico puesto que contempla únicamente la relación entre las cantidades de insumos y productos mas no sus valores, este es un elemento que le diferencia de la eficiencia asignativa o de precios, lo cual supone lograr el costo mínimo de producción de una determinada cantidad de resultado o de salida al cambiar las relaciones proporcionales a los datos de entrada o insumos, utilizados en función de sus precios y productividad marginal.

Lindbek (1971), entiende como eficiencia técnica, la proporción de factores de una asignación eficiente que puede variar si se modifica la técnica de producción, pero no si cambian los precios y las productividades, además, la eficiencia técnica, en su versión estática, tendría a su vez una doble acepción, la primera de ella la macroeconomía, que aplicaría la reasignación de los recursos productivos para alcanzar un punto de en la curva de transformación de una economía. La segunda la microeconomía, aria referencia a la ubicación de cada unidad productiva en el conjunto de producción.

Debreu (1951,274) nos ofrece una definición de medida de eficiencia basándose en un ratio de distancias, dicho ratio cuantificaría la proporción de en que la situación de obtenida n una economía se aleja de la óptima, considerando como tal aquella en la que fuera imposible aumentar la satisfacción de cualquier individuo,

sin al menos disminuir la de otro. Este modo de concebir la cuantificación de eficiencia, si bien no dependía de las unidades de medida.

Alindor Suarez Laboriano (Cajamarca; 2014) para obtener el grado de Ingeniero, señala que la eficiencia en el aprovechamiento del agua, es uno de los criterios más importantes dentro de una correcta gestión de recursos hídricos. Entre los beneficios está reducir los costos por el servicio de agua y que un número mayor de usuarios tengan acceso a agua de buena calidad, combinando el aprovechamiento con la conservación.

Por lo tanto, se ha llegado a la hipótesis que actualmente, el sistema de agua potable del centro poblado Tartar Grande no abastece la demanda de la población por lo que se presume es deficiente hidráulicamente. Asimismo, se justifica analizar los sistemas de transporte y distribución del agua y corregir las eventuales deficiencias de análisis y diseño. El abastecimiento hídrico óptimo, desde la perspectiva técnica, no se puede lograr sin el uso de herramientas modernas de modelación que permitan evaluar adecuadamente la elevada complejidad técnica de las redes hidráulicas.

➤ **Eficiencia hidráulica:**

Conagua (2019), La eficiencia hidráulica se define como la relación entre la capacidad de captación, conducción y distribución del agua con la que cuenta un sistema hidráulico de abastecimiento urbano, y la capacidad real con la que funciona dicho sistema. No hay un indicador específico para determinar el valor de la eficiencia hidráulica; sin embargo, la manera más práctica de valorarla es a través de algunos parámetros sobre la disponibilidad espacial y temporal del agua a los usuarios. Algunos de estos parámetros son:

- Consumo unitario de los usuarios (1/hab/día)
- Dotación (1/hab/día)
- Continuidad del servicio de agua (horas/día)
- Déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (%)
- Presión media del agua en la red de distribución (kg/cm<sup>2</sup>)

➤ **Consumo unitario de los usuarios**

Conagua (2019), El consumo unitario se clasifica en doméstico y no-doméstico. El consumo unitario doméstico es un parámetro que indica la cantidad de agua que utiliza un habitante común en un día típico promedio en una población. El cálculo se consigue aplicando la ecuación:

$$Cud = \frac{cd}{np}$$

Dónde:

Cud =Consumo unitario doméstico (1/hab/día)

Cd =Consumo total domestico diario (1/día)

np = Número de habitantes servidos de la localidad

➤ **Aspectos físicos: sedimentación y filtración**

Rhodes (2008) explica para el caso de la sedimentación que muchos procesos de separación se basan en las diferencias en la velocidad de sedimentación de partículas de alta densidad y baja densidad. Una corriente ascendente de fluido (gas o líquido) separa preferentemente las partículas de baja densidad en el desbordamiento, dejando que las partículas de alta densidad salgan en el subflujo. Para las partículas esféricas, existen ecuaciones bien establecidas para predecir la velocidad de sedimentación libre terminal  $u_t$  en función del diámetro de partícula  $d$  y la densidad  $\rho_p$ , la densidad del fluido  $\rho_f$  y la viscosidad  $\mu$ , y la aceleración gravitacional  $g$ . Estos dependen del régimen de asentamiento en el que se encuentra la partícula. En el régimen de la ley de Stokes, donde dominan las fuerzas viscosas ( $Re_t = u_t \rho_f d / \mu < 1$ ):

$$u_t = \frac{d^2(\rho_p - \rho_f)g}{18\mu} \dots\dots\dots 4$$

Mientras que filtración, definido por McGuire et al. (2008) es un proceso que elimina partículas de la suspensión en agua. La eliminación se lleva a cabo mediante una serie de mecanismos. Los filtros pueden clasificarse según el método principal de captura, es decir, exclusión de partículas en la superficie de los medios de filtro, es decir, deformación o deposición dentro de los medios, es decir, filtración en profundidad.

Los filtros generalmente consisten en una simple barrera física delgada hecha de metal o plástico. En el tratamiento del agua, tienden a usarse en la entrada del sistema de tratamiento para excluir objetos grandes (por ejemplo, hojas, peces y detritos gruesos). Estas pueden ser pantallas de barra raspadas manual o mecánicamente. El espacio entre las barras varía de 1 a 10 cm. Las pantallas de admisión pueden tener un espacio mucho más pequeño creado por placas estrechamente espaciadas o incluso tela metálica fina. Por lo general, estos últimos están destinados a eliminar el limo fino y especialmente las algas y se conocen como micro entrenadores.

Los filtros, como se entiende comúnmente en el tratamiento del agua, generalmente consisten en un medio dentro del cual se pretende capturar la mayoría de las partículas en el agua. Dichos filtros pueden fabricarse como filtros de cartucho desechables, que pueden ser adecuados para aplicaciones domésticas (es decir, tratamiento en el punto de uso) y aplicaciones industriales a pequeña escala. Existen formas más grandes de filtros de cartucho que se pueden limpiar. Una versión es la filtración previa a la capa en la que una superficie de soporte porosa recibe un recubrimiento de sacrificio de tierra de diatomeas u otro material adecuado, cada vez que se limpia el filtro. Además, una pequeña cantidad de tierra de diatomeas se aplica continuamente durante la filtración. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los filtros utilizados en el tratamiento de aguas municipales contienen arena u otro material granular apropiado (por ejemplo, antracita, vidrio triturado u otro material cerámico u otro mineral relativamente inerte) como medio filtrante. La filtración que utiliza dichos filtros a menudo se denomina filtración de medios granulares en profundidad.

➤ **Aspectos químicos: coagulación y desinfección**

La coagulación son barreras importantes para los contaminantes microbiológicos y son procesos clave para reducir la materia orgánica y la turbidez naturales, que pueden afectar seriamente la eficiencia de la desinfección. Los productos químicos utilizados como coagulantes en el tratamiento del agua potable incluyen sales de aluminio y hierro, como sulfato

de aluminio, cloruro de polialuminio o sulfato férrico. No se han establecido valores de referencia basados en la salud para el aluminio y el hierro, porque ninguno de los dos se considera importante para la salud cuando se usa en circunstancias normales en el tratamiento del agua. Sin embargo, ambas sustancias pueden provocar problemas de decoloración y deposición de sedimentos en la distribución si están presentes en cantidades excesivas. Las concentraciones en el agua potable por encima de las cuales es probable que ocurran problemas son 0.3 mg / l para el hierro y 0.2 mg / l para el aluminio. Esta concentración de aluminio debe lograrse mediante cualquier trabajo de tratamiento de agua, pero un trabajo de tratamiento grande bien ejecutado debe ser capaz de alcanzar un valor residual promedio de rutina de 0.1 mg / l.

La mejor estrategia de manejo para el aluminio y el hierro cuando se usa en el tratamiento es asegurar que la coagulación esté optimizada para evitar que queden cantidades excesivas en el agua potable. A veces, los polímeros orgánicos, conocidos como coagulantes, se utilizan para ayudar con la coagulación. Estos polímeros pueden contener monómeros residuales de acrilamida o epiclohidrina. El monitoreo de estos químicos en el agua potable normalmente no es apropiado, porque la medición en el agua es muy difícil. En cambio, estos productos químicos se manejan especificando una cantidad máxima de monómero residual en el polímero y una concentración máxima de polímero que se puede agregar al proceso de tratamiento (Organización mundial de la salud, 2004).

Al respecto de la desinfección, (Organización mundial de la salud, 2004), los tres productos químicos más utilizados como desinfectantes primarios son el cloro, el dióxido de cloro y el ozono. La monoclaramina, generalmente conocida como cloramina, se usa como desinfectante residual para la distribución.

Cloro: El cloro es el desinfectante primario más utilizado y también se usa a menudo para proporcionar desinfección residual en el sistema de distribución. El monitoreo del nivel de cloro en el agua potable que ingresa a un sistema de distribución normalmente se considera de alta prioridad (si es posible), porque

el monitoreo se utiliza como un indicador de que se ha realizado la desinfección. Las concentraciones residuales de cloro de aproximadamente 0.6 mg / lo más pueden causar problemas de aceptabilidad para algunos consumidores en función del sabor. El monitoreo del cloro libre en diferentes puntos del sistema de distribución a veces se usa para verificar que no haya una demanda excesiva de cloro en la distribución que pueda indicar otros problemas en el sistema, como el ingreso de contaminación.

El cloro reacciona con la materia orgánica natural en el agua cruda para formar una gama de subproductos no deseados. Se han establecido valores de referencia para varios de estos subproductos. Para garantizar la seguridad microbiana del agua potable, la desinfección nunca debe verse comprometida al tratar de cumplir con las pautas para cualquier subproducto de desinfección. Dióxido de cloro: El dióxido de cloro se descompone para dejar a los químicos inorgánicos clorito y clorato. Estos se manejan mejor controlando la dosis de dióxido de cloro aplicado al agua. El clorito también se puede encontrar en la solución de hipoclorito que se ha dejado envejecer. No existe un valor de referencia para el clorato debido a los datos limitados sobre su toxicología, pero se ha demostrado que este químico es menos tóxico que el clorito y está presente en concentraciones más bajas. Controlar el clorito generalmente también controlará adecuadamente el clorato.

Ozono: El ozono, utilizado como desinfectante primario, no se puede controlar en el agua potable, ya que no deja residuos. La ozonización en presencia de bromuro inorgánico, que puede ocurrir naturalmente en agua cruda, puede dar lugar a bajas concentraciones de bromato. El análisis del bromato es difícil y costoso, porque pueden estar presentes otras sustancias inorgánicas que interfieren con el análisis. Se considera, por lo tanto, que el monitoreo de bromato es de baja prioridad, y que el manejo debería implicar el control de las condiciones de ozonización.

Monocloramina: La monocloramina, utilizada como desinfectante residual para la distribución, generalmente se forma a partir de la reacción del cloro con amoníaco. El control cuidadoso de la formación de monocloramina en el

tratamiento del agua es importante para evitar la formación de di y triclorominas, ya que pueden causar sabores y olores inaceptables. La formación de nitrito como consecuencia de la actividad microbiana en las biopelículas en el sistema de distribución es una posibilidad cuando la monocloramina se usa como desinfectante residual, particularmente si los niveles de amoníaco no están suficientemente controlados.

➤ **Aspectos biológicos: filtración rápida y lenta**

Bartone & Salas (1984) desarrollan el concepto de los sistemas de filtración: filtros de arena lentos y filtros de arena rápidos.

Un filtro de arena lento consiste en una caja estanca, equipada con un desagüe inferior, que soporta el material filtrante y distribuye el flujo uniformemente a través del filtro. Se han utilizado muchos medios diferentes para el sistema de drenaje subterráneo. Ladrillos, piedra e incluso bambú se han utilizado para este propósito; Sin embargo, el bambú requiere un reemplazo frecuente porque es orgánico y está sujeto a descomposición. El tamaño efectivo de la arena utilizada en los filtros de arena lentos es de aproximadamente 0.2 mm, y puede variar entre 0.15 mm y 0.35 mm, con un coeficiente de uniformidad de entre 1.5 y 3.0. En un lecho maduro, se forma una capa de algas, plancton y bacterias en la superficie de la arena. Las paredes del filtro pueden ser de hormigón o piedra. Las paredes inclinadas, excavadas en la tierra y apoyadas o protegidas con refuerzo de alambre de pollo y un revestimiento de arena o betún de arena, podrían ser una alternativa rentable al concreto. Algunos países latinoamericanos, como Ecuador y El Salvador, usan concreto reforzado con una cantidad mínima de hierro (ferrocemento). Las entradas y salidas deben estar provistas de controladores para mantener constante el nivel de agua cruda y la tasa de filtración. Las tuberías laterales varían de 2 a 8 pulgadas, mientras que los desagües inferiores están normalmente entre 10 y 30 pulgadas. Los desagües inferiores consisten en un sistema de tuberías múltiples y laterales. El desempeño exitoso de un filtro de arena lento depende principalmente de la retención de materia inorgánica suspendida por la acción de deformación de la arena. Las tasas de filtración generalmente empleadas en los países en

desarrollo oscilan entre 2.5 y 6.0 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> / día. Se pueden usar tasas más altas después de que una serie de pruebas demuestren que los efluentes son de buena calidad. El sistema debe estar diseñado para ofrecer flexibilidad y debe constar de varias unidades separadas para permitir que se realice el mantenimiento sin interrupción del servicio de agua.

Por otra parte, los filtros de arena rápidos difieren de los filtros de arena lentos en el tamaño de los medios empleados. Los medios en los filtros rápidos de arena pueden variar en tamaño de 0.35 a 1.0 mm, con un coeficiente de uniformidad de 1.2 a 1.7. Un tamaño típico puede ser de 0,5 mm, con un tamaño efectivo de 1,3 a 1,7 mm. Este rango de tamaño de medios ha demostrado la capacidad de manejar turbideces en el rango de 5 a 10 NTU a velocidades de hasta 4,88 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> / h. Las tasas de filtración para filtros rápidos pueden ser tan altas como 100 a 300 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> / día, o aproximadamente 50 veces la tasa de un filtro de arena lento. El número de filtros utilizados para una planta específica varía de 3 filtros para una capacidad de planta de 50 l / sa 10 filtros para una capacidad de planta de 1 500 l / s.

Un filtro de arena rápido típico consiste en una cuenca estanca abierta que contiene una capa de arena de 60 a 80 cm de espesor, apoyada en una capa de grava. La grava, a su vez, está soportada por un sistema de drenaje subterráneo. A diferencia de un filtro de arena lento, la arena se clasifica en una configuración de filtro de velocidad rápida. La arena se vuelve a clasificar cada vez que se lava el filtro, con la arena más fina en la parte superior de la cama. El sistema de drenaje subterráneo, además de realizar las mismas funciones que sirve en el filtro de velocidad lenta, sirve para distribuir el agua de retrolavado uniformemente a la cama. El sistema de drenaje inferior puede estar hecho de tuberías perforadas, una tubería y un filtro, bloques de azulejos vitrificados con orificios, placas porosas, etc. Por lo general, se ubica un pozo transparente debajo de los filtros (o en una estructura separada), para proporcionar una cantidad de salida constante. El número mínimo de unidades de filtro en un sistema es dos. El área de superficie de una unidad es normalmente inferior a

150 m<sup>2</sup>. La relación de largo a ancho es 1.25 a 1.35. (The National Environmental Services Center at West Virginia University, 2009).

## **2.3 Definición de términos**

### **➤ Redes de distribución**

Conjunto de tuberías principales y ramales de distribución que permiten abastecer de agua para consumo humano a las viviendas (RNE-OS.050).

### **➤ Fallas en redes de distribución**

Son aquellos inconvenientes ubicados dentro de la red de distribución, están pueden ser hidráulicas estructurales o asociadas (Zayed & Fares, 2009).

### **➤ Sistema de distribución de agua**

Red de suministro de agua es un sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos diseñados que proporcionan suministro de agua (Organización mundial de la Salud, 2006).

### **➤ Eficiencia**

Es el logro de las metas con la menor cantidad de recursos (Koontz y Weihrich

### **➤ Tratamiento de agua**

Proceso que mejora la calidad del agua para que sea más aceptable para un uso final específico (Orellana, 2016).

### **➤ Filtración de agua potable**

Sistema de para purificación el agua para el consumo doméstico (The National Environmental Services Center at West Virginia University, 2009)

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

Existe una relación significativa entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia del sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora–Tocache- San Martín, 2020.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

a) Existe una relación significativa entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia Técnica del sistema de agua potable en el centro poblado Pólvora - Pólvora–Tocache- San Martín, 2020.

- b) Existe una relación significativa entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia económica del sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora– Tocache- San Martín, 2020.
- c) Existe una relación significativa entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia social del sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora– Tocache- San Martín, 2020.

## **2.5 Variables**

### **2.5.1 Definición conceptual de la variable**

Fallas en redes de distribución. - La pérdida de integridad estructural o falla estructural se manifiesta a través de la fuga del sistema de distribución de agua. Farley & Trow (2003) discutieron diferentes vías de fuga, mecanismos de formulación de fugas y relación de presión con fuga.

Eficiencia del sistema de distribución de agua: Red de suministro de agua es un sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos diseñados que proporcionan suministro de agua (Zayed & Fares, 2009).

### **2.5.2 Definición operacional de las variables**

Fallas en redes de distribución. - Según la definición operacional, se tomará como fallas hidráulicas (Mamlook & Al-Jayyousi, 2003), estructurales (M. Farley & Trow, 2003; Lambert, 2014) y de calidad de agua (Ríos-Tobón, Agudelo-Cadavid, & Gutiérrez-Builes, 2017).

Eficiencia del sistema de distribución de agua: se enfoca en la cantidad y calidad del agua, es decir el nivel de abastecimiento de agua, y la calidad medida en los niveles mínimos establecidos según la OMS para la potabilización del agua, es en este sentido que se toman en consideración los aspectos físicos, donde se evalúa el nivel de sedimentación (Rhodes, 2008) y filtración (McGuire et al., 2008), químicos, donde se evalúa la coagulación y desinfección (Organización mundial de la salud, 2004), y finalmente, el biológico, donde se denotan las filtraciones rápida y lenta (Bartone & Salas, 1984).

la eficiencia técnica, surge de la interpretación de la función de producción como el conjunto de los puntos frontera del conjunto de producción, quedando particionado así el espacio de asignaciones en eficientes y las imposibles. En este

sentido, se trata de un concepto puramente técnico puesto que contempla únicamente la relación entre las cantidades de insumos y productos mas no sus valores, este es un elemento que le diferencia de la eficiencia asignativa o de precios, lo cual supone lograr el costo mínimo de producción de una determinada cantidad de resultado o de salida al cambiar las relaciones proporcionales a los datos de entrada e insumos, utilizados en función de sus precios y productividad marginal. (Lindbek, 1971)

### **2.5.3 Operacionalización de a variable**

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método de investigación**

En la presente investigación se hizo uso del método general científico, el cual se identifica a partir de procesos organizados y estructurados, desde el planteamiento del problema hasta validación de la hipótesis planteada y el cumplimiento de los objetivos específicos (Rodríguez & Valldeoriola, 2010), también se hizo uso del método matemático estadístico, con el que se pudo identificar las fallas en el sistema de agua potables, así como el análisis estadístico inferencial para la validación de la hipótesis general (Mark & Caputi Peter, 2001).

#### **3.2 Tipo de investigación**

El tipo de investigación requerido para este estudio, fue el aplicado, ya que con el sustento teórico y con precedentes de investigaciones similares, se dio sustento para replicar el tema de estudio en realidades parecidas, o que dispongan de una realidad que presenten los problemas de fallas en las redes de distribución y el objeto de estudio, con los resultados obtenidos se podrá contrastar, a fin de corroborar o refutar el sustento teórico. La generación y aplicación de este tipo de investigación permite reforzar conocimiento científico.

#### **3.3 Nivel de investigación**

El nivel de la investigación será descriptivo - comparativo correlacional (Gomez Bastar, 2012). En el desarrollo de la investigación se describirá detalladamente cada uno de las variables, así como la identificación, análisis a fin de cumplir con los objetivos

plasmados en la investigación. Así mismo se hizo uso del nivel comparativo para el último objetivo específico, donde se detalló el costo de la reparación y del cambio y ampliación del sistema de agua potable, así también será correlacional, puesto el problema general se halla la correlación o relación de las variables de estudio.

### 3.4 Diseño de la investigación

La investigación será trabajada bajo el diseño no experimental y observacional puesto que el investigador no podrá tener dominio de las variables (no pudiendo manipularlas), además de tener un diseño de corte transeccional o transversal, el cual se caracteriza por su recopilación de información en un solo periodo de tiempo y a varios de los individuos de estudio Y, es observacional, pues se irá registrando la información durante la ejecución del expediente técnico del proyecto, haciendo uso también de un registro fotográfico obtenido en este proceso de investigativo (Rajasekar, Philominathan, & Chinnathambi, 2006).

### 3.5 Población y muestra

La población de estudio directa fueron las redes de distribución del sistema de agua potable en el centro poblado de Pólvora, distrito de Pólvora, provincia de Tocache, departamento de San Martín. Sin embargo, para el análisis correlacional los datos serán obtenidos de una encuesta referida a la percepción de la población beneficiaria, la cual es equivalente a 744 y un total de viviendas particulares ocupadas equivalente a 229, puesto que el sistema de agua tiende a ser uno por casa, se tomará como referencia ello, tomando como población referencial a 229, jefes de hogar equivalente al número de viviendas.

La muestra de investigación para la población referencial será la probabilística de muestra finita, la cual será hallada de la siguiente forma:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q} \quad (5)$$

En donde,

N = tamaño de la población (229)

Z = nivel de confianza (1.96)

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada (80%)

Q = probabilidad de fracaso (20%)

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción). (5%).

Reemplazando los valores tenemos:

$$n = \frac{229 \times 1.96^2 \times 0.8 \times 0.2}{0.05^2 \times (229 - 1) + 1.96^2 \times 0.8 \times 0.2} = 118.81 \quad (6)$$

n = 119 usuarios.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1 Técnicas de recolección de datos**

Se utilizó la técnica de la observación estructurada, recopilación de datos registrales y la encuesta (Kothari, Kumar, & Uusitalo, 2014) puesto que permite generar un análisis de la variable característica de una forma ordenada, detallada y enmarcada en una metodología especificada, es decir, se basa en una estructura metodológica.

Para la obtención de datos técnicos se realizaron pruebas en diferentes puntos de la red de distribución, además de ser simulados simultáneamente con la herramienta de WaterCad, para la corroboración de resultados.

También se realizaron ensayos de laboratorios, de las muestras obtenidas en campo, sacadas de la red de distribución y en los puntos de salida de agua, como vienen ser en las cajas de registro y en las viviendas beneficiarias del sistema.

#### **3.6.2 Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento utilizado en esta investigación fue la hoja registral de datos, y por otro un lado la encuesta, el expediente técnico, o la información recopilada para la ejecución del PIP de mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable en el centro poblado de Pólvora, en el distrito de Pólvora, Provincia de Tocache, departamento de San Martín (Kothari et al., 2014)

Por parte del equipo técnico que apoya en la investigación se tiene como instrumentos: laptops, computadoras, herramientas de construcción necesarias, etc.

### **3.7 Procesamiento de la información**

Las bases de datos obtenidos serán transferidas a un computador donde con apoyo de la hoja de cálculo de MS-Excel 2016 y para la descripción y el análisis correlacional se hará uso del paquete estadístico IBM - SPSS 25 con el objetivo de plasmar estadísticos que permitan la validación de la hipótesis establecida.

### **3.8 Técnicas y análisis de datos**

La técnica a utilizarse es el test de medias, la cual implica una separación de la muestra en dos grupos, detallado en la característica más importante y proceder a calcular la diferencia de las medias con respecto a las variaciones estadísticas de las mismas, es decir, además de la diferencia también se tiene en consideración la estabilidad de la misma. Esto se trabaja mediante el estadístico t- Student y tiene como principal fundamento a la probabilidad de que este estadístico tenga un nivel superior al máximo teórico permitido en una significancia del 95%.

El nivel del estadístico a nivel teórico varía entre 1.96 a más, dependiendo principalmente del número de datos con los que se cuente. Es así que cuando el estadístico t tiene un valor por debajo de 2, se dice que está más cerca a cero, validando la hipótesis nula de la investigación (no existencia de la influencia entre variables) y teniéndose un valor de la probabilidad por encima del 5%. En viceversa cuando el valor es superior a 2.04, se da el caso que está lo suficiente alejado del cero, rechazando la hipótesis nula y validando la alterna (existencia de alguna influencia), denotándose una probabilidad del estadístico de menos del 5%.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Características generales**

- Región: San Martín
- Departamento: San Martín
- Provincia: Tocache
- Distrito: La Pólvara
- Localidad: La Pólvara
- Región geográfica: Selva media y baja
- Altitud: Variable: 550 y 570 msnm
- Coordenadas UTM: 312,790 E 9127000 N

#### **A) Vías de acceso.**

##### ➤ **Vía terrestre:**

Desde Lima-Huánuco (8 horas) Huánuco - Tingo María (4 horas) –Tingo María – Tocache (3 horas) y desde Tocache a Pólvara 65 km (1.20 horas) por las carreteras Central y Fernando Belaunde Terry haciendo un total de 16.70 horas en bus.

Desde Lima-Chiclayo-Olmos-Bagua-Rioja-Moyobamba, Tarapoto (28 horas) en bus, Tarapoto – Juanjuí (2 horas) en auto, Juanjuí – Pólvara (4 horas) en auto por la carretera Fernando Belaunde Terry haciendo un total de 34 horas entre bus y auto.

## **B) Principales ciudades y tiempo de comunicación vial**

Ciudades		Tiempo	Tipo de vía
Moyobamba	Tarapoto	116 1h 40´	Asfaltada
Tarapoto	Juanjuí	138 2h	Asfaltada
Juanjuí	Pólvora	144 3h 30´	Afirmada
Pólvora	Tingo María	158 2h 30´	Asfaltada
Tingo María	Huánuco	120 2h	Asfaltada
Huánuco	Lima	410 8h	Asfaltada

## **C) Topografía.**

La topografía de la zona es de pendientes suaves. En efecto, el terreno donde se ubicará el proyecto se levanta sobre un terreno de pendientes que varían entre 10% a 30%.

## **D) Clima**

El clima varía de húmedo y cálido en las áreas bajas de planicies y lomadas del sector central de la cuenca, hasta muy húmedo y templado frío en las montañas. Una característica fundamental de la provincia es el exceso de humedad, que da lugar a escorrentía durante todo el año, bajo la forma de arroyuelos, riachuelos y ríos de regímenes continuos. De esta manera, la escorrentía hídrica constituye el principal factor para el potencial desarrollo de la actividad agropecuaria de la zona.

## **E) Temperatura**

La localidad de Pólvora presenta una temperatura promedio de 24°C, reduciéndose hasta 15°C y la temperatura más elevada es de 28 °C.

## **F) Servicios públicos**

La población cuenta con los siguientes servicios públicos:

- Energía Eléctrica.

- Agua potable (deficiente).
- Centro educativo primario.
- Gobernación y Juez de Paz.
- Telefonía fija y móvil.
- Comedor popular.
- Centro de salud.

La localidad no cuenta con sistema de alcantarillado.

#### **G) Descripción del sistema existente**

##### **➤ Localidad de pólvora**

El sistema de agua potable fue construido hace aproximadamente 15 años, es por ello que ya ha cumplido su vida útil y/o en su defecto por no haber tenido la operación y funcionamiento requerido ha permitido que el sistema colapse.

Con el crecimiento de las familias el servicio de agua potable ha sufrido un déficit, debido a la falta de volumen de agua almacenado. El servicio de alcantarillado no cuenta en los caseríos en estudio, los pobladores disponen de letrinas y/o pozos ciegos en pésimas condiciones sanitarias y otros hacen uso del campo libre. A causa de ellos la incidencia de enfermedades va en aumento.

#### **H) Servicio de agua potable**

##### **➤ Captación:**

las captaciones existentes son de fuente de agua superficial Riachuelo ubicado en una quebrada afluente al río Pacota, la estructura existente es un baraje fijo a desnivel ubicado transversalmente en la quebrada, con muros de encauzamiento de concreto en ambas márgenes, la ventana de captación es una tubería empotrada con rejilla de fierro corrugado.

➤ **Línea de conducción**

Se cuenta con 1200 ml. De Tubería PVC DN 2 1/2" unión flexible, en su recorrido se aprecia tuberías colocadas muy superficialmente que en algunos sectores están descubiertas, debido al tipo de terreno con bolonerías y roca dura se recomendaría una la línea de conducción con redes superficiales debidamente fijadas.

En la línea de conducción se cuenta con 02 pases aéreos (columnas y vigas de varios tramos) de 20 y 30 ml, de luz total, que atraviesan quebradas anchas, por lo que se recomienda pases aéreos de un solo tramo a fin de evitar socavaciones y colapso del mismo.

➤ **Reservorio cuadrado**

Con una capacidad de almacenamiento de 20 m<sup>3</sup> de losa y paredes de concreto armado techo de losa armada y tapas de inspección de concreto, cuenta con una caja de válvulas de control de ingreso y salida no se cuenta con cerco de protección y las escaleras de gato son de fierro corrugado. El estado de conservación de esta estructura es malo.

➤ **Cerco perimétrico**

El cerco perimétrico es de adobe en mal estado y se encuentra totalmente deteriorado.

➤ **Redes de distribución y aducción**

Se cuenta con 300 ml. de redes de aducción con tubería PVC DN 2" unión rígida y 3100 ml, de redes de distribución con tubería PVC DN 2" y 1 1/2" clase 7.5 unión rígida a lo largo de las calles del centro poblado. La red de aducción baja desde la parte alta del centro poblado un desnivel promedio de 30 ml, la red de distribución se ubica a lo largo de las calles de la localidad, realizado el recorrido

se constató que existe redes abiertas pese a que las calles y viviendas están densificadas y existen calles en dameros, asimismo se verifico que existen redes descubiertas de diámetros diversos los que presentan deterioros y cristalización de las tuberías, así como fugas en diversos puntos.

Debido a que las redes de distribución no son cerradas restringe realizar ampliaciones y una distribución adecuada de presiones de agua en todos los puntos, por lo que se recomienda cambiar el diseño a redes cerradas con un diseño hidráulico según la población actual desnivel de la línea de aducción y futuras ampliaciones. Asimismo, se debe plantear en las redes de distribución válvulas de purga, aire y de control para hacer más eficiente el mantenimiento, reparación y control de fugas.

➤ **Conexiones domiciliarias**

Se ha contabilizado un total de 256 conexiones domiciliarias en la ciudad donde se tienen redes de distribución de agua sin embargo no se cuentan con cajas de control para mantenimiento y control de consumos las conexiones son directas a cada vivienda siendo vulnerable perdidas del caudal de agua tratada.

Debido a lo expuesto anteriormente y teniendo en cuenta que dichas estructuras son antiguas no podrá ser utilizada ninguna infraestructura existente como parte del presente estudio.

➤ **Servicio de alcantarillado - sanitario**

Actualmente la localidad de Pólvora no cuenta con un sistema de desagüe motivo por el cual la población suele defecar al aire libre o se han provisto de letrinas, pero la mayor parte de las viviendas arrojan sus aguas servidas a un canal que se ubica en medio de la ciudad.

## I) Consideraciones de diseño del sistema propuesto

### ➤ Población actual (beneficiaria)

La población directamente afectada es la que reside en la localidad de la Pólvara una zona rural del distrito de Pólvara y está conformada por una población de 2409 habitantes, asumiendo que se cuenta con 5,2 miembros por familia, con 463 viviendas, con un crecimiento promedio anual de 3.27% según INEI del distrito de Pólvara.

Cuadro N° Características del distrito de Pólvara

Características del distrito de Pólvara	
Población Censada 2007	10,177
Población Urbana 1993	6,010
Tasa Crecimiento Intercensal	3.27

### ➤ Población de diseño

La localidad de la Pólvara de la provincia de Tocache tiene una tasa de crecimiento de 3.27% según INEI para esta localidad, se tiene una población inicial de 2,409 habitantes.

Nota: se considera que el 50% del tiempo, la persona lo pasa en los centros educativos y otros lugares públicos.

Información y Base de Parametros			
LOCALIDAD	POLVORA	Sin Proyecto	Con Proyecto
POBLACION ACTUAL (habitantes)		2409	2409
TASA CRESIMIENTO ANUAL DE POBLACION(%) (1)		3.27	3.27
DENSIDAD POR LOTE (hab/lote) (2)		5.2	5.2
DOTACION DE CONSUMO POR CONEXIONES(litros/habitante-dia)(3)		100	150
DOTACION DE CONSUMO POR PILETAS(litros/habitantes-dia) (4)		50	50
N° DE FAMILIAS POR PILETAS (5)		0	0
APORTE DE AGUAS RESIDUALES(6)		0	20%
POBLACION ACTUAL CON CONEXIONES AGUA(resd publica)		0	
POBLACION ACTUAL CON PILETAS		0	
POBLACION ACTUAL CONCONEXIONES ALCANTARILLADO(red publica)		0	
(1) Proyeccion INEI			
(2) Informacion INEI y/o Determinado por a UF)			
(3) y (4)Dotacion del Reglamento		<b>Vivienda =</b>	<b>463</b>
(5) Estimado		<b>Densidad=</b>	<b>5.2 hab/lote</b>
(6) Reglamento nacional de Construcciones )			

Se tiene como datos de acuerdo a la información de la página del INEI y trabajos de campo, considerando una densidad de vivienda de 5,2 hab/viv, una dotación para la zona que por su población se considera zona Urbana.

Para un periodo de diseño de 20 años; se calcula una población futura de 3,850 habitantes

## 4.2 Cálculo hidráulico del sistema de agua potable

### 4.2.1 Criterios y parámetros de diseño

Los criterios y parámetros de diseño que se presentan a continuación se basan, en las siguientes normativas:

- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Nuevo Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima y Callao - SEDAPAL.
- Normas Sanitarias Peruanas
  - OS.010 Captación y Conducción de Agua para Consumo Humano
  - OS.030 Almacenamiento de Agua para Consumo Humano
  - OS.040 Estaciones de Bombeo de Agua para Consumo Humano
  - OS.050 Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano
  - Reglamentaciones y Recomendaciones del CEPIS.

### A) Área de influencia de la investigación

El área de la investigación, se encuentra definida como la localidad de Pólvora.

En lo referente a la población de diseño se adoptaron los valores, tal como se indica en el cuadro siguiente, que se refiere a la población servida durante los años de evaluación que se muestran:

**Cuadro N° 01**  
**Población servida – Pólvora**

Año	Edad	Población servida (habitantes)
2,013	BASE	2,409
2,012	1	2,457
2,016	5	2,660
2,021	10	2,937
2,026	15	3,243
2,033	20	3,580

### B) Horizonte de diseño / Período de diseño

El horizonte del estudio se ha definido de acuerdo al estudio de factibilidad mediante los estudios de población y demanda, siendo este de 20 años.

D.- Nivel de cobertura

En agua potable, en los sectores en mención presentan una cobertura 0.00% en el año base, y para el año 20 es de 100.00%.

E.- Coeficiente de variación de consumo

Los coeficientes propuestos son:

- a) Coeficiente del día de mayor consumo: K1: 1,30
- b) Coeficiente de la hora de mayor consumo: K2: 2,00

F.- Coeficiente de almacenamiento

El volumen de almacenamiento y regulación, respeta la Norma del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se ha adoptado un volumen de regulación como el 25% del promedio anual de la demanda promedia.

#### **4.2.2 Parámetros en línea de conducción**

En línea de impulsión, los parámetros a usar en los cálculos son:

- Material de la tubería.
- Coeficientes de Fricción.
- Pendientes mínimas.
- Protección contra acumulación de aire en puntos altos.
- Sistema de evacuación de sedimentos en puntos bajos.

Tomando como datos básicos el caudal a conducir, la longitud de la línea, el desnivel entre punto de inicio (carga) y el punto de llegada (descarga) se consideran los siguientes parámetros:

##### **A) Material de la tubería:**

- Líneas de Impulsión: PVC, Diámetros mayores a 160mm, Serie 10 a Serie 15, Norma ISO 4422, Norma DIN u otras aceptadas a nivel internacional

Los accesorios según el material de la tubería, normas ISO u otras normas aceptadas a nivel internacional.

##### **B) Coeficientes de fricción:**

Para el cálculo hidráulico de tuberías se utilizarán los coeficientes de fricción "C" en la fórmula de Hazen y Williams, conforme a lo establecido en Reglamento Nacional de Edificaciones:

- a) Tuberías nuevas - Policloruro de vinilo: 150

##### **C) Pendientes mínimas:**

El trazo y diseño de las líneas de impulsión se ha realizado considerando la operación del sistema, de tal manera que conforme a la topografía la instalación de las tuberías no se facilite la acumulación de aire en las partes altas pronunciadas, en donde se instalarán elementos (válvulas de aire) que aseguren la evacuación de éste; y la evacuación de los sedimentos depositados en las partes bajas.

Se ha considerado una pendiente mínima de 2.00 m/Km en el trazo de las líneas.

**D) Protección contra acumulación de aire en puntos altos (válvula de aire):**

Los aparatos de purga de aire se situarán en puntos altos y en cambios de pendiente. De acuerdo al diámetro del conducto o tubería se colocarán válvulas de aire, alojadas en una cámara de concreto armado.

DN < 200 mm, Ventosa de DN50

DN 250 a DN 300, Ventosa de DN80

DN 350 a DN 450, Ventosa de DN100

**E) Sistema de evacuación de sedimentos en puntos bajos (válvulas de purga):**

Su ubicación será en los puntos bajos de las conducciones y en zonas de cambio de pendiente, estarán alojadas en una cámara de concreto armado:

DN 100 a 350, Válvulas de DN 100

DN 400 a 500, Válvulas de DN 150

Para el caso del proyecto se ha proyectado válvulas de aire y purga en todo el recorrido de las líneas.

**F) Estudio de demanda y población:**

Los cuadros de estudio de demanda y población mostraran los requerimientos necesarios para el abastecimiento integral en el periodo de diseño establecido.

**G) Diseño de las líneas y unidades proyectados:**

Se presentará las hojas de cálculo de los diseños de los sistemas proyectados en lo referente a las líneas de impulsión, líneas de aducción y redes de distribución proyectados.

Asimismo, se evaluará los sistemas proyectados para diferentes años en el tiempo siendo a considerar en este proyecto los años como: Año 10 (2021) y Año 20 (2031); este último como periodo óptimo de diseño para el proyecto integral en los sistemas proyectados.

**H) Coeficientes de variación de consumo**

El consumo varía de acuerdo a muchos factores, entre los que podemos mencionar el clima, calidad del agua, desperdicios y fugas, ausencia de medidores, características propias de la población, entre otras.

➤ **Coefficiente de variación diario (K1)**

Se llama así a la relación del día de máximo consumo para el máximo anual de la demanda diaria dividido por el promedio anual de consumo diario y varia de 1.2 a 1.5.

Para el presente estudio se ha adoptado el valor de  $K1 = 1.3$ , en atención a los trabajos efectuados en otras localidades similares sobre el mismo tema.

➤ **Coefficiente de variación horario (K2)**

Se llama así a la relación de la hora de máximo consumo para el máximo día de la demanda horaria dividido por el promedio diario del consumo horario y varia de 1.8 a 2.5.

Para el presente estudio se ha adoptado el valor de  $K2 = 2.0$ , en atención a los trabajos efectuados en otras localidades similares sobre el mismo tema, las recomendaciones que da el Reglamento Nacional de Construcciones y lo que nos aconseja la experiencia de otras ciudades de la selva peruana.

➤ **Demanda de dotaciones**

Considerando los factores que determinen la variación de la demanda de consumo de agua en las diferentes localidades urbanas.

Dotación por número de habitantes

Dotación por región

<i>Población (habitantes)</i>	<i>Dotación (l/hab./día)</i>
<i>Hasta 500</i>	<i>60</i>
<i>500 – 1000</i>	<i>60 – 80</i>
<i>1000 – 2000</i>	<i>80 – 100</i>

Región	Dotación (l/hab./día)
Selva	70
Costa	60
Sierra	50

Para el cálculo de la población futura se aplicó la siguiente expresión:

$$\text{Población } f = \text{Población } o \times (\text{Tasa de crecimiento} + 1)^t$$

Pf = Población futura.

Po = Población actual

r = Tasa de crecimiento anual.

t = Tiempo en años, correspondiente al período de diseño.

Se ha efectuado el cálculo de la población futura, tomando la tasa de crecimiento proyectada por el INEI para la población urbana, correspondiente.

Cuadro N° Población servida Pólvora

Año	Edad	Población servida (hab)
2,013	BASE	2,409
2,014	1	2,457
2,018	5	2,660
2,023	10	2,937
2,028	15	3,243
2,033	20	3,580

Fuente: Elaborado por el bachiller con encuestas a toda la población.

Para el diseño del proyecto se ha considerado una dotación de 150 lt/hab/día. (Reglamento Nacional de Edificaciones).

La norma de referencia establece que para las condiciones climáticas y geográficas de la zona del proyecto le corresponde una dotación de 180 lt/hab/día, pero considerando que la población ya se familiariza con el uso del

agua se adopta el parámetro de dotación de 150 lt/hab/día, por ser una zona templado y cálido.

#### **I) Periodo de diseño del proyecto**

El periodo de planeamiento del sistema de agua potable será de 20 años de vida.

#### **J) Densidad de vivienda**

De acuerdo a la última inspección realizada por el personal de estudios (marzo 2,019), el número de viviendas según la lotización asciende a 463 unidades.

Por lo tanto:

N° de viviendas = 463 lotes

Población total = 2049 hab.

Densidad = 5.2 hab/lotes.

#### **K) Caudales de diseño**

Caudal promedio diario anual (Qp)

$$Q_p = P_f \times Dot$$

Caudal máximo diario (Qmd)

$$Q_{md} = 1.3 \times Q_p$$

Caudal máximo horario (Qmh)

$$Q_{mh} = 2.0 \times Q_p$$

### **4.2.3 Sistema de agua potable**

La presente investigación toma como referencia los planteamientos en base a los trabajos de campo como topografía y la propuesta para el mejoramiento de puntos de captación y metrados.

Las captaciones existentes son de fuente de agua superficial riachuelo ubicado en una quebrada afluente al río Pacota, la estructura a construcción un baraje Fijo a desnivel ubicado transversalmente en la quebrada, con muros de encauzamiento de concreto en ambas márgenes, la ventana de captación será una tubería empotrada con rejilla de fierro corrugado.

En la captación, aparte se instalará una línea de conducción, siguiendo el recorrido según se detalla en los planos y llegará al sedimentador de flujo

horizontal después será derivado a la unidad de filtro lento: la operación del sistema debe ser concordante con el diseño establecido. Los cuáles serán después almacenados por un reservorio proyectado de concreto armado de capacidad de 310 m<sup>3</sup>.

Las estructuras proyectadas a realizarse dentro del sistema de agua potable se describen a continuación:

**A) Captación tipo lateral**

Se construirá una Captación tipo Barraje Lateral, con un caudal de 9.95 lps, con barraje de concreto simple y enrocado formando el azud de disipación de energía, se encuentra ubicado en la coordenada UTM 9128170 N 319550 E.

**B) Sedimentador de flujo horizontal (01 unidad)**

➤ **Filtro lento**

Construcción de una unidad de Filtro Lento con 02 compartimentos.

El cual se encuentra ubicado en las coordenadas UTM 9127175.32 N, 318332,49 E.

Se debe de realizar un cerco perimétrico con tubería de fierro galvanizado de 2", con alambre de púas; de tal manera que las estructuras queden protegidas.

➤ **Línea de conducción (2,190 ml)**

La Línea de Aducción se ha proyectado realizar con tubería de PVC 2,190 ml de 160 mm.

➤ **Válvulas de purga y caja de limpia**

8 puntos ubicados según los planos (línea de distribución), se coloca en los puntos más bajos, quebradas profundas para eliminar el barro o arenilla que se acumulan en los tramos de la tubería. Cuyas dimensiones son:

Longitud: 1.60m

Ancho: 0.90m

Altura: 1.70m

Espesor de paredes: 0.20m

Espesor de losa de fondo: 0.20m

F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

➤ **Reservorio de concreto armado 310 m<sup>3</sup>**

Los reservorios existentes serán reemplazados por un nuevo reservorio de mayor capacidad para abastecer a la poblacional final del periodo de diseño, provista de sus respectivas estructuras de acceso (escalera); con tuberías de ingreso, salida a la población, rebose, limpieza y ventilación y una caja de válvulas, el reservorio será construido de concreto armado  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Ubicada en las coordenadas UTM 9126844N, 318173 E

➤ **Reservorio apoyado**

Reservorio apoyo (C-1 N°1)	Cota m.s.n.m.
Reservorio N°1	580.00

➤ **Red de aducción y distribución (8,917.88 ml.)**

Línea aducción reservorio apoyado a red de distribución.

Diámetro nominal 160 mm, clase 7.5.,  $L = 2325.00 \text{ m}$ , del reservorio apoyado a la red de distribución.

Esta línea de aducción empalma a la red de distribución, cuenta con una cámara rompe presión en la progresiva 1+628, con coordenada UTM 9126129.50N 316863.37E y una cota de 580.00 msnm.

Caseta de vigilancia y laboratorio para cloración.

- Sistema de distribución
- Red primaria de distribución
- Instalación de tuberías DN 160 mm. A-7.5, en una longitud de 156.61m.
- Instalación de tuberías DN 110 mm. A-7.5, en una longitud de 744.18m.
- Red secundaria de distribución.
- Instalación de tuberías DN 90 mm. A-7.5, en una longitud de 1,851.53 m.

- Instalación de tuberías DN 63 mm. A-7.5, en una longitud de 3,840.56 m.
- 01 pasea aéreo 45 metros con coordenada UTM 9125023.83N 315876.38E.
- Total, redes de distribución: 8,917.88ml.

➤ **Válvula de aire (02 unidades)**

Se instalará en la red de distribución, válvulas de aire, con sus respectivas cámaras accesibles en los puntos indicados en los planos, serán instaladas sobre el eje de la tubería, mediante un ramal Tee bridado.

➤ **Conexiones domiciliarias: agua potable**

Las líneas de conexiones domiciliarias están constituidas por tuberías PVC SAP de diámetros 1/2". Con una cantidad de beneficiarios de 334 viviendas.

**C) Sistema de alcantarillado**

➤ **Red colectora**

Comprende emisor, redes secundarias, redes de relleno.

Suministro e instalación red colectora de tuberías PVC SAP U.F.  $\Phi=200$  mm, tiene una longitud de 7,599.83 m.

Para la prueba de calidad (hidráulica) será de 7,599.83 m de longitud total.

➤ **Buzones**

Construcción de buzones de 116 buzones de las siguientes dimensiones:

- Buzones de concreto tipo "a" de h= 1.20 m, 93 unidades.
- Buzones de concreto tipo "a" de h= 1.21 hasta 1.50 m, 1.00 unidad.
- Buzones de concreto "a" de h= 1.51 hasta 2.00 m, 8.00 unidades.
- Buzones de concreto "a" de h= 2.01 hasta 2.50 m, 6 unidades.
- Buzones de concreto "a" de h= 2.51 hasta 3.00 m, 5 unidades.
- Buzones de concreto "b" de h= 3.01 hasta 3.50 m, 3 unidades.

**D) Conexiones domiciliarias: alcantarillado**

Suministro e instalación de 334 conexiones domiciliarias simples (caja y tapa de registro), constituidas por tuberías PVC SAP U.F. de diámetros 110 mm = 4”

**E) Planta de tratamiento**

Desarenador – tanque Imhoff – lecho de secado – filtro biológico	Cota m.s.n.m
PT - N°1	504.50

**F) Cámara desarenadora (01 unidad)**

Proyectada en un área de 24.00 m<sup>2</sup>. Ver diseño.

**G) Tanque Imhoff (01 unidad)**

Sera construido por dos comportamientos o cámaras: sedimentación, espuma y digestión Proyectada en un área de 33.54m<sup>2</sup>.

- Longitud : 7.80m
- Ancho : 4.30m
- Altura : 6.87m
- Espesor de paredes : 0.25m
- Espesor de losa de fondo : 0.25m

**H) Lecho de secado (03 unidad)**

Es parte del tanque Séptico e Imhoff Proyectada c/u área de 125.32 m<sup>2</sup>.

- Longitud : 16.71m
- Ancho : 7.50m
- Altura mayor : 1.60m
- Espesor de paredes : 0.20m
- Espesor de losa de fondo : 0.20m

**I) Filtro biológico (humedales 01 unidad)**

Proyectada en un área de 448.88 m<sup>2</sup>.

- Longitud interior : 28.50m
- Ancho Interior : 15.61m

- Altura total : 0.80m
- Espesor de paredes : 0.10m

Cámara de rejillas y desarenador, estructuras necesarias para el tratamiento preliminar de las aguas servidas, con el objetivo de remoción de partículas de arrastre.

Tanque Imhoff, son tanques de sedimentación primaria en los cuales se incorpora la digestión de lodos en un compartimiento localizado en la parte inferior.

Lecho de secado, es aquella superficie natural confinada o lechos artificiales de material poroso, en los cuales son secados los lodos digeridos de las aguas residuales por escurrimiento y evaporación.

Humedales o filtro biológico, sistema en el que aplica el agua residual sedimentada sobre un medio filtrante de piedra gruesa o material sintético.

Asociado a esto se encuentra una laguna facultativa cuya.

También se ha considerado en una parte del proyecto estructuras contempladas como cerco perimétrico.

### Cuadro de resumen de metas

Metas de la pre inversión			Metas del expediente técnico		
Descripción	Unid	Cant.	Descripción	Unid	Cant.
Agua potable y alcantarillado			Sistema de agua potable		
Obras preliminares	Unid	1	Obras comunes	Unid	1
Sistema de captación	Unid	1	Sistema de captación	Unid	1
Planta de tratamiento de agua	Unid	1	Sedimentador	Unid	1
Red primaria de agua	Unid	1	Filtro lento	Unid	1
Red de alcantarillado	Unid	28	Línea de conducción	ml	2,190
Buzones	Unid	2	Cámara rompe presión tipo-6	Unid	1
Conexiones domiciliarias	Gbl	01	Reservorio (310 m3)	Unid	01
Acueductos colgantes	Unid	18	Redes de distribución de agua	ml	9,917.88
Tanque séptico	Unid	1	Conexiones domiciliarias	Unid	334
estructura total tanque Imhoff	Unid	1	Sistema de alcantarillado	Unid	
estudio de impacto ambiental	Unid	1	Red colectora	ml	7,599.83
programa de capacitación sanitaria	Unid	1	Conexiones domiciliarias	Unid	334
			Buzones de inspección	Unid	116
			Cámara de rejillas	Unid	1
			Tanque Imhoff	Unid	1
			Lecho de secado	Unid	1
			Filtro biológico	Unid	1
			Mitigación ambiental	Unid	1
			Capacitación sanitaria	Unid	1
			Flete terrestre	Unid	1

#### 4.2.4 Criterios de diseño

##### A) Líneas de agua potable

Para el diseño de la conducción con tuberías se tendrá en cuenta las condiciones topográficas, la característica del suelo y la climatología de la zona a fin de determinar el tipo y la calidad de la tubería.

La velocidad mínima no debe producir depósitos ni erosiones, en ningún caso será menor de 0.60 m/seg (de acuerdo con el Reglamento Nacional - Norma OS 0.10).

La velocidad máxima admisible en tuberías de PVC 5.00 m/seg (de acuerdo con el Reglamento Nacional - Norma OS 0.10).

Para el cálculo de las tuberías que trabajan con flujos a presión se utilizaran formulas racionales. En caso de aplicarse Hazzen & Williams, como se hizo en el presente proyecto (el modelamiento que desarrolla el Programa Watercad, trabaja en función a esta fórmula) se utilizara el coeficiente para tuberías de PVC, “C” 150.

Formula de Hazzen & Williams:

En las líneas de conducción se instalarán válvulas extractoras de aire cuando haya cambio de dirección en los tramos con pendiente positiva. En los tramos con pendiente uniforme se colocarán cada 2.00 kilómetros como máximo.

Se colocarán válvulas de purga en los puntos bajos, teniendo en consideración la calidad del agua a conducir y la modalidad de funcionamiento de la línea. Las válvulas de purga se dimensionarán de acuerdo a la velocidad de drenaje, siendo recomendable que el diámetro de válvula sea menor que el de la tubería. Estas válvulas deben de ser instaladas en cámaras adecuadas, seguras y con elementos que permitan su fácil operación y mantenimiento.

La red de distribución estará provista de válvulas de interrupción en cantidad y distribución tal, que permitan aislar sectores de redes no mayores a 500.00 metros de longitud. En casos especiales y justificados se podrá permitir el aislamiento de zonas de mayor extensión.

El cálculo de la línea de conducción se realizará utilizando el caudal máximo diario y la máxima presión estática de 50 metros de columna de agua.

El cálculo de las líneas de aducción, conducción y rebose, y redes de distribución, se hará utilizando el criterio de gasto máximo horario.

Se presentarán para su revisión, las hojas de cálculo de los balances hidráulicos y presiones para las condiciones extremas máximas y mínimas de funcionamiento de la red distribución.

## **B) Reservorios de almacenamiento**

Las elevaciones del nivel mínimo de agua en los reservorios de almacenamiento, deberán ser tales, que permitan producir las presiones necesarias en las redes de distribución, debiendo referirse las cotas correspondientes a un Bench Mark.

Los reservorios, que podrán ser apoyados o elevados, contendrán válvulas de control de caudales, de ingreso y salida

Su ventilación se hará con tubería en forma de "U" invertida, protegida en su boca de salida con una malla de material no sujeto a corrosión, no permitiéndose ventilación tipo linterna. La tapa de ingreso será tipo sanitaria. Las escaleras externas serán de material no corrosible, preferentemente inclinadas y con soportes de seguridad o parcialmente removibles y las escaleras internas con material liviano y con soportes de seguridad. No se permitirá escaleras tipo gato.

Los diseños estructurales deberán estar acompañados por sus correspondientes estudios de suelos y hojas de cálculo.

## **C) Líneas de alcantarillado**

Para el diseño de la conducción con tuberías se tendrá en cuenta las condiciones topográficas, la característica del suelo y la climatología de la zona a fin de determinar el tipo y la calidad de la tubería.

La base para determinar con caudal de diseño es el caudal máximo horario y el coeficiente de retorno de agua (contribución al desagüe).

En los sistemas de recolección, la sección circular es la más común. El diámetro nominal mínimo permitido es de 200mm.

Las velocidades bajas pueden llevar a que los sólidos transportados se depositen en los colectores. La velocidad mínima que también se conoce como “velocidad mínima de arrastre”, es establecida en la mayoría de normas en 0.60m/s; sin embargo, muchos autores consideran y recomiendan que una velocidad de 0.30m/s, es suficiente para garantizar el arrastre y auto limpieza de la tubería; asimismo el Reglamento Nacional de Edificaciones en su Norma OS 0.70, señala que para el caso de tuberías de alcantarillado “podrá”

utilizarse la fórmula de Ganguiller-Kutter para calcular esta velocidad mínima. Finalmente, se establece en el presente proyecto, una velocidad mínima de 0.45m/s, basada en una velocidad mínima recomendada por Amanco en diversos Congresos y Seminarios dictados con motivo de optimizar la utilización de las tuberías de PVC.

En caso no sea posible alcanzar la velocidad mínima, debe verificarse que el esfuerzo cortante sea mayor que 1.2 N/m.

Las altas velocidades pueden traer problemas de abrasión dependiendo del material que se utilice. Se recomienda que la velocidad máx. Real no sobrepase los 5m/s.

El valor de la pendiente mínima debe permitir tener condiciones adecuadas de auto limpieza y de control de gases.

La pendiente máxima de una línea, será aquella para la que se obtenga la mayor velocidad real.

La profundidad hidráulica (tirante de agua) máxima, tiene como valores permisibles para el caudal de diseño, a aquellos que están contenidos entre 70 y 85% del diámetro real

La profundidad mínima de la cota clave es del orden de 5m. que podrá ser mayor si se garantizan los requerimientos técnicos de materiales y construcción.

Para el cálculo de las tuberías que trabajan con flujos en canales se utilizaran formulas racionales. En caso de aplicarse la fórmula de Manning, como se hizo en el presente proyecto, se utilizará el coeficiente para tuberías de PVC, “n” = 0.010.

➤ **Formula de Manning:**

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_0^{1/2}$$

La distancia máxima que habrá en 2 buzones es de 80 m.

Se presentarán para su revisión, las hojas de cálculo de los balances hidráulicos para las condiciones extremas máximas y mínimas de funcionamiento de la red colectora de desagües.



**CUADRO N° 01.- Proyección de la demanda de agua potable ampliación urbana – para ambas zonas**

AÑO  ( 1 )	POBLACION  ( 2 )	PORCENTAJE DE MICROMEDIDORES  ( 28 )	N° PILETAS			CONSUMO DE AGUA PROMEDIO lts /seg								PERDIDAS  ( 39 )	DEMANDA DE AGUA POTABLE			
			c/med  ( 29 )	s/med  ( 30 )	Total  ( 31 )	DOMESTICAS  ( 32 )	COMERCIAL  ( 33 )	INDUSTRIAL  ( 34 )	ESTATAL  ( 35 )	SOCIAL  ( 36 )	Piletas  ( 37 )	Total  ( 38 )	%		Qp		Qmd	Qmh
															(l/seg)	m3/dia	(l/seg)	(l/seg)
			( 40 )	( 41 )	( 42 )	( 43 )												
0	2011	2,409	0	0	0	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	35.0%	0.04	3	0.05	0.08
1	2012	2,457	100.0%	0	0	0	4.35	0.04	0.20	0.14	0.08	0.00	4.81	30.0%	6.87	593	8.93	13.73
2	2013	2,507	100.0%	0	0	0	4.44	0.04	0.20	0.16	0.08	0.00	4.92	29.5%	6.97	602	9.06	13.94
3	2014	2,557	100.0%	0	0	0	4.53	0.04	0.20	0.16	0.08	0.00	5.01	28.9%	7.05	609	9.16	14.09
4	2015	2,608	100.0%	0	0	0	4.62	0.04	0.20	0.16	0.08	0.00	5.10	28.4%	7.12	615	9.26	14.24
5	2016	2,660	100.0%	0	0	0	4.71	0.04	0.22	0.16	0.08	0.00	5.21	27.9%	7.23	624	9.39	14.45
6	2017	2,713	100.0%	0	0	0	4.81	0.04	0.22	0.16	0.08	0.00	5.31	27.4%	7.31	632	9.51	14.62
7	2018	2,767	100.0%	0	0	0	4.90	0.04	0.22	0.16	0.08	0.00	5.40	26.8%	7.38	638	9.60	14.76
8	2019	2,823	100.0%	0	0	0	5.00	0.04	0.22	0.18	0.08	0.00	5.52	26.3%	7.49	647	9.74	14.98
9	2020	2,879	100.0%	0	0	0	5.10	0.04	0.22	0.18	0.08	0.00	5.62	25.8%	7.57	654	9.85	15.15
10	2021	2,937	100.0%	0	0	0	5.20	0.04	0.22	0.18	0.08	0.00	5.72	25.3%	7.65	661	9.95	15.31
11	2022	2,996	100.0%	0	0	0	5.31	0.06	0.24	0.18	0.09	0.00	5.88	24.7%	7.82	676	10.16	15.64
12	2023	3,055	100.0%	0	0	0	5.41	0.06	0.24	0.18	0.09	0.00	5.98	24.2%	7.90	682	10.27	15.79
13	2024	3,117	100.0%	0	0	0	5.52	0.06	0.24	0.19	0.09	0.00	6.10	23.7%	8.00	691	10.40	16.00
14	2025	3,179	100.0%	0	0	0	5.63	0.06	0.24	0.19	0.09	0.00	6.21	23.2%	8.09	699	10.51	16.18
15	2026	3,243	100.0%	0	0	0	5.75	0.06	0.24	0.19	0.09	0.00	6.33	22.6%	8.19	707	10.64	16.38
16	2027	3,307	100.0%	0	0	0	5.86	0.06	0.24	0.19	0.09	0.00	6.44	22.1%	8.27	715	10.76	16.55
17	2028	3,374	100.0%	0	0	0	5.98	0.06	0.27	0.21	0.09	0.00	6.61	21.6%	8.43	728	10.96	16.86
18	2029	3,441	100.0%	0	0	0	6.10	0.06	0.27	0.21	0.09	0.00	6.73	21.1%	8.52	736	11.08	17.05
19	2030	3,510	100.0%	0	0	0	6.22	0.06	0.27	0.21	0.11	0.00	6.87	20.5%	8.64	747	11.24	17.29
20	2031	3,580	100.0%	0	0	0	6.35	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	6.37	20.0%	7.97	688	10.36	15.94

(32) = ( Numero de Conexs Domesticas c/Med x Consumo Asignado + Numero de Conexs Domesticas s/Med x Consumo Asignado ) x 1000lts / 30dias / 86400 seg	(40) = (38) / (1-%pérdidas)
(33) = ( Numero de Conexs Comerciales c/Med x Consumo Asignado + Numero de Conexs Comerciales s/Med x Consumo Asignado ) x 1000lts / 30dias / 86400 seg	(41) = (40) x 86.4
(34) = ( Numero de Conexs Industriales c/Med x Consumo Asignado + Numero de Conexs Industriales s/Med x Consumo Asignado ) x 1000lts / 30dias / 86400 seg	
(35) = ( Numero de Conexs Estatal c/Med x Consumo Asignado + Numero de Conexs Estatal s/Med x Consumo Asignado ) x 1000lts / 30dias / 86400 seg	
(36) = ( Numero de Conexs Social c/Med x Consumo Asignado + Numero de Conexs Social s/Med x Consumo Asignado ) x 1000lts / 30dias / 86400 seg	
(38) = (32)+(33)+(34)+(35)+(36)+(37)	

<b>BALANCE OFERTA - DEMANDA DE AGUA</b>				
		<b>Caudal (lt/seg) Qp</b>		
<b>AÑO</b>		<b>*OFERTA</b>	<b>DEMANDA</b>	<b>Deficit</b>
0	2011	0.01	0.04	-0.03
1	2012	0.01	6.87	-6.85
2	2013	0.01	6.97	-6.96
3	2014	0.01	7.05	-7.03
4	2015	0.01	7.12	-7.11
5	2016	0.01	7.23	-7.21
6	2017	0.01	7.31	-7.30
7	2018	0.01	7.38	-7.37
8	2019	0.01	7.49	-7.48
9	2020	0.01	7.57	-7.56
10	2021	0.01	7.65	-7.64
11	2022	0.01	7.82	-7.81
12	2023	0.01	7.90	-7.88
13	2024	0.01	8.00	-7.99
14	2025	0.01	8.09	-8.08
15	2026	0.01	8.19	-8.18
16	2027	0.01	8.27	-8.26
17	2028	0.01	8.43	-8.42
18	2029	0.01	8.52	-8.51
19	2030	0.01	8.64	-8.63
20	2031	0.01	7.97	-7.96

<b>BALANCE OFERTA - DEMANDA DE VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DE AGUA</b>							
<b>Volumen de Almacenamiento (m3 / Dia )</b>							
AÑO	Población	Oferta	* Demanda			Deficit	
			(Regulación)	(Reserva de 4 a 5 Horas de corte)	Total (m3)		
0	2011	2,409	0.00	0.81	0.65	1.46	1.46
1	2012	2,457	0.00	148.30	117.40	265.70	315.70
2	2013	2,507	0.00	150.56	119.20	269.76	319.76
3	2014	2,557	0.00	152.18	120.48	272.66	322.66
4	2015	2,608	0.00	153.78	121.74	275.52	325.52
5	2016	2,660	0.00	156.09	123.57	279.66	329.66
6	2017	2,713	0.00	157.93	125.03	282.96	332.96
7	2018	2,767	0.00	159.45	126.23	285.68	335.68
8	2019	2,823	0.00	161.83	128.12	289.94	339.94
9	2020	2,879	0.00	163.59	129.51	293.10	343.10
10	2021	2,937	0.00	165.33	130.89	296.22	346.22
11	2022	2,996	0.00	168.89	133.71	302.60	352.60
12	2023	3,055	0.00	170.57	135.04	305.61	355.61
13	2024	3,117	0.00	172.79	136.79	309.59	359.59
14	2025	3,179	0.00	174.70	138.30	313.00	363.00
15	2026	3,243	0.00	176.86	140.02	316.88	366.88
16	2027	3,307	0.00	178.72	141.48	320.20	370.20
17	2028	3,374	0.00	182.05	144.12	326.17	376.17
18	2029	3,441	0.00	184.12	145.76	329.88	379.88
19	2030	3,510	0.00	186.70	147.81	334.51	384.51
20	2031	3,580	0.00	172.11	136.26	308.37	308.37

\* Por ser una poblacion menor de 10,000 habitantes no se deberia considerar un Volumen Contra Incendio que según reglamento es 50 m3

Reserva : ( 4 - 5 Horas de corte / 24 ) x Dn Diaria

se ha considerado esta reserva tomando en cuenta durante periodos de lluvia no se capta agua de la quebrada debido a la turbiedad, por lo que se debe considerar un periodo de 4 á 5 horas.

➤ **Evaluación del sistema proyectado para el año 2,031**

Según el estudio a realizarse se está considerando como periodo óptimo de diseño es de 20 años, por el cual se presenta a continuación los cálculos realizados para cada uno de los componentes proyectado.

Cada reservorio elevado se ha diseñado para un volumen de 310 m<sup>3</sup>

Finalmente, el volumen para todo el sector es:

Volumen total requerido = 310.00 m<sup>3</sup>

## Dimensionamiento de los reservorios elevados cada uno de volumen=310m<sup>3</sup>

MEMORIA DE CALCULO - AGUA POTABLE			
<b>PROYECTO:</b>	"Mejoramiento y Ampliación del Sistemas de Agua Potable e Instalación del sistema de Alcantarillado del Centro Poblado Polvora, Distrito Polvora – Provincia Tocache - Región San Martín"		
<b>LOCALIDAD :</b>	Centro Poblado Polvora		
<b>1. DATOS DE DISEÑO</b>			
<b>Número de viviendas (ZONA 1)</b>			<b>614</b>
Densidad poblacional			4.00 Habs/viv.
Periodo de diseño (hasta el 2021)			10 años
Periodo de diseño (hasta el 2031)			20 años
Dotación de agua por conexión			150.00 lts/hab/día
Dotación de agua por pileta			0 lts/hab/día
Número de familias por piletas			0
Tasa de crecimiento			2.00% anual
Metodo de crecimiento		ARITMETICO	
Cobertura futura ( año 2020)			100.00%
Cobertura futura ( año 2030)			100.00%
Desperdicios			20%
<b>2. CALCULOS</b>			
Población actual 2011 (año 0)			2457 Habs
Población futura 2021 (año 10)			2937 Habs
Población futura 2031 (año 20)			3580 Habs
<b>3. CAUDALES DE DISEÑO</b>			
<u>AL AÑO 2020</u>			
1 Caudal promedio	Qp= Qp=	Dot(conex.)xPobx%Covert+Dot(piletas)xPobx%Covert	7.65 lps
2 Caudal de Consumo Máx. diario agua	Qmd=	Qp x K1 = Qp x 1,3	9.95 lps
3 Caudal Máx. horario agua	Qmh=	Qp x K2 = Qp x 2,0	15.31 lps
4 Caudal Máx. horario desague		Qmh x 0,8	12.25 lps
5 Caudal de Bombeo (18 horas)	Qb=	Qmd x 24 / 18	13.27 lps
6 Volumen de Regulación 25% Qp			165.33 m3
7 Volumen de Reserva (3 horasxQmh)			130.89 m3
8 Volumen Contra Incendio			0.00 m3
9 Volumen de Almacenamiento Proyectado		V Regulacion + V Reserva	296.22 m3
<u>AL AÑO 2030</u>			
1 Caudal promedio	Qp= Qp=	Dot(conex.)xPobx%Covert+Dot(piletas)xPobx%Covert	7.97 lps
2 Caudal de Consumo Máx. diario agua	Qmd=	Qp x K1 = Qp x 1,3	10.36 lps
3 Caudal Máx. horario agua	Qmh=	Qp x K2 = Qp x 2,0	15.94 lps
4 Caudal Máx. horario desague		Qmh x 0,8	12.75 lps
5 Caudal de Bombeo (18 horas)	Qb=	Qmd x 24 / 18	13.81 lps
6 Volumen de Regulación 25% Qp			172.11 m3
7 Volumen de Reserva (3 horasxQmh)			136.25 m3
8 Volumen Contra Incendio			0.00 m3
9 Volumen de Almacenamiento		V Regulacion + V Reserva	308.37 m3
10 Volumen de Almacenamiento Existente		V Existente	0.00 m3
11 Volumen de Almacenamiento Proyectado		V Proyectado	308.37 m3
12 Volumen Real Total			<b>310.00 m3</b>

La Evaluación de los Sistemas Proyectados mencionados en los ítems posteriores, para el Año 20, verificarán y demostrarán que no existe un sub dimensionamiento de las Unidades proyectadas, por lo que se asegura una Abastecimiento de Agua Potable de forma segura.

➤ **Cálculo hidráulico de las redes de distribución pólvora**

Las Redes de Distribución y Línea de Aducción es diseñado con el Caudal Máximo Horario para cada año establecido en la simulación hidráulica:

$$Q_{mh \text{ AÑO } 2031} = 15.94 \text{ lps}$$

Las Redes de Distribución proyectadas presenta una Aducción (SECTOR TOTAL) principal de PVC 160mm para luego ramificarse con tuberías desde PVC 110 mm, 90 mm hasta PVC 63 mm.

➤ **Simulación WaterCAD – redes de distribución – cálculo de presiones**

**FlexTable: Junction Table (agua.wtg)**

**Current Time: 0.000 hours**

ID	X (m)	Y (m)	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
29	316201.18	9125940.49	J-1	555.50	Zone - Total	0.338645	577.47	21.92
31	316189.22	9125944.76	J-2	555.50	Zone - Total	0.338645	577.41	21.86
33	316172.87	9125950.64	J-3	555.00	Zone - Total	0.338645	577.33	22.28
35	316243.82	9126149.16	J-4	563.00	Zone - Total	0.338645	577.33	14.30
37	316224.45	9126194.36	J-5	566.50	Zone - Total	0.338645	577.33	10.80
39	316140.36	9125859.71	J-6	551.50	Zone - Total	0.338645	576.95	25.40
41	316108.59	9125767.08	J-7	549.00	Zone - Total	0.338645	575.93	26.87
43	316079.33	9125675.65	J-8	547.00	Zone - Total	0.338645	575.20	28.14
45	316050.74	9125582.28	J-9	546.00	Zone - Total	0.338645	574.60	28.55
47	316020.49	9125491.21	J-10	543.00	Zone - Total	0.338645	574.45	31.39
49	315991.49	9125400.85	J-11	541.00	Zone - Total	0.338645	574.32	33.25
51	315963.55	9125312.43	J-12	539.00	Zone - Total	0.338645	574.19	35.12
53	316147.17	9125827.05	J-13	551.00	Zone - Total	0.338645	577.40	26.35
55	316094.19	9125575.07	J-14	547.00	Zone - Total	0.338645	574.49	27.44
57	316049.85	9125883.74	J-15	548.50	Zone - Total	0.338645	576.10	27.54
59	316024.12	9125794.99	J-16	547.00	Zone - Total	0.338645	575.65	28.60
61	315993.67	9125700.7	J-17	544.00	Zone - Total	0.338645	575.14	31.07
63	315966.02	9125608.51	J-18	543.50	Zone - Total	0.338645	574.65	31.09
66	315935.86	9125519.5	J-19	543.00	Zone - Total	0.338645	574.46	31.40
68	315908.91	9125428.14	J-20	539.00	Zone - Total	0.338645	574.33	35.26
70	315880.41	9125340.86	J-21	536.00	Zone - Total	0.338645	574.26	38.18
73	315832.5	9124886.29	J-22	524.00	Zone - Total	0.338645	571.63	47.53
75	315870.65	9124874.94	J-23	526.50	Zone - Total	0.338645	571.47	44.88
77	316149.87	9125652.69	J-24	549.00	Zone - Total	0.338645	574.38	25.33
79	316203.63	9125638.17	J-25	551.00	Zone - Total	0.338645	574.36	23.31
81	316177.24	9125552.27	J-26	548.50	Zone - Total	0.338645	574.36	25.81
83	316148.64	9125457.48	J-27	546.50	Zone - Total	0.338645	574.36	27.81
85	316065.32	9125483.48	J-28	544.50	Zone - Total	0.338645	574.39	29.83
92	315936.67	9125822.67	J-29	544.00	Zone - Total	0.338645	575.56	31.50
94	315904.76	9125727.84	J-30	541.50	Zone - Total	0.338645	575.13	33.56
96	315851.6	9125545.22	J-31	540.50	Zone - Total	0.338645	574.46	33.89
98	315817.83	9125459.27	J-32	538.50	Zone - Total	0.338645	574.33	35.75
105	316230.39	9125730.51	J-33	552.00	Zone - Total	0.338645	574.35	22.30
107	316295.63	9125614.49	J-34	554.50	Zone - Total	0.338645	574.33	19.79
109	316270.17	9125523.46	J-35	553.00	Zone - Total	0.338645	574.33	21.28
112	316038.19	9125395.18	J-36	542.50	Zone - Total	0.338645	574.33	31.76
115	316005.47	9125305.06	J-37	540.50	Zone - Total	0.338645	574.29	33.72
121	316308.53	9125512.12	J-38	552.50	Zone - Total	0.338645	574.31	21.77
123	315762.55	9124668.25	J-39	523.00	Zone - Total	0.338645	571.54	48.44
125	315922.79	9124848.36	J-40	527.50	Zone - Total	0.338645	571.11	43.53
127	315885.95	9124760.25	J-41	526.00	Zone - Total	0.338645	570.92	44.83
129	315875.4	9124735.08	J-42	526.00	Zone - Total	0.338645	570.92	44.83
131	315854.43	9124685.18	J-43	527.00	Zone - Total	0.338645	570.90	43.82
133	315834.36	9124754.55	J-44	525.00	Zone - Total	0.338645	570.95	45.86
136	315998.51	9124821.24	J-45	527.50	Zone - Total	0.338645	571.08	43.50
138	315959.25	9124731.45	J-46	526.50	Zone - Total	0.338645	570.89	44.30
141	315919.66	9124670.05	J-47	530.00	Zone - Total	0.358566	570.88	40.79

Conduccion-agua.wtg01/02/2021

Bentley Systems, Inc. Haestad  
Methods Solution Center 27  
Siemon Company Drive Suite  
200 W Watertown, CT 06795  
USA +1-203-755-1666

Bentley WaterCAD V8i  
[08.11.00.30]  
Page 1 of 1

➤ **Simulación WaterCAD – redes de distribución–cálculo de dimensiones**

FlexTable: Pipe Table (agua.wtg)

Current Time: 0.000 hours

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Zone
91	P-35	86.97	J-11	J-20	58.40	PVC	150	-0.189871	0.07	0.0000	Zone - Total
93	P-36	176.31	J-15	J-29	58.40	PVC	150	1.041234	0.39	0.0030	Zone - Total
95	P-37	100.06	J-29	J-30	58.40	PVC	150	1.268334	0.47	0.0040	Zone - Total
97	P-38	190.20	J-30	J-31	58.40	PVC	150	1.121535	0.42	0.0030	Zone - Total
99	P-39	92.34	J-31	J-32	58.40	PVC	150	0.698366	0.26	0.0010	Zone - Total
100	P-40	186.79	J-32	J-21	58.40	PVC	150	0.331349	0.12	0.0000	Zone - Total
101	P-41	91.73	J-16	J-29	58.40	PVC	150	0.565745	0.21	0.0010	Zone - Total
102	P-42	92.96	J-17	J-30	58.40	PVC	150	0.191846	0.07	0.0000	Zone - Total
103	P-43	88.10	J-19	J-31	58.40	PVC	150	-0.084524	0.03	0.0000	Zone - Total
104	P-44	96.26	J-20	J-32	58.40	PVC	150	-0.028372	0.01	0.0000	Zone - Total
106	P-45	153.96	J-24	J-33	58.40	PVC	150	0.264467	0.10	0.0000	Zone - Total
108	P-46	189.56	J-33	J-34	58.40	PVC	150	0.14355	0.05	0.0000	Zone - Total
110	P-47	94.52	J-34	J-35	58.40	PVC	150	0.115815	0.04	0.0000	Zone - Total
111	P-48	193.55	J-35	J-27	58.40	PVC	150	-0.228933	0.09	0.0000	Zone - Total
113	P-49	179.78	J-27	J-36	58.40	PVC	150	0.22905	0.09	0.0000	Zone - Total
114	P-50	92.37	J-36	J-28	58.40	PVC	150	-0.448241	0.17	0.0010	Zone - Total
116	P-51	96.11	J-36	J-37	58.40	PVC	150	0.338645	0.13	0.0000	Zone - Total
117	P-52	96.14	J-25	J-33	58.40	PVC	150	0.217728	0.08	0.0000	Zone - Total
118	P-53	95.01	J-25	J-34	58.40	PVC	150	0.31091	0.12	0.0000	Zone - Total
119	P-54	86.12	J-14	J-26	58.40	PVC	150	0.72043	0.27	0.0020	Zone - Total
120	P-55	97.30	J-26	J-35	58.40	PVC	150	0.332543	0.12	0.0000	Zone - Total
122	P-56	40.00	J-35	J-38	58.40	PVC	150	0.338645	0.13	0.0000	Zone - Total
124	P-57	229.08	J-22	J-39	58.40	PVC	150	0.338645	0.13	0.0000	Zone - Total
126	P-58	58.58	J-23	J-40	58.40	PVC	150	1.508058	0.56	0.0060	Zone - Total
128	P-59	95.50	J-40	J-41	58.40	PVC	150	0.830768	0.31	0.0020	Zone - Total
130	P-60	27.29	J-41	J-42	58.40	PVC	150	0.153477	0.06	0.0000	Zone - Total
132	P-61	54.12	J-42	J-43	58.40	PVC	150	0.301062	0.11	0.0000	Zone - Total
134	P-62	98.95	J-43	J-44	58.40	PVC	150	-0.396149	0.15	0.0010	Zone - Total
135	P-63	125.74	J-44	J-23	58.40	PVC	150	-1.221024	0.46	0.0040	Zone - Total
137	P-64	80.43	J-40	J-45	58.40	PVC	150	0.338645	0.13	0.0000	Zone - Total
139	P-65	78.76	J-41	J-46	58.40	PVC	150	0.338645	0.13	0.0000	Zone - Total
140	P-66	45.43	J-44	J-42	58.40	PVC	150	0.48623	0.18	0.0010	Zone - Total
142	P-67	66.96	J-43	J-47	58.40	PVC	150	0.358566	0.13	0.0000	Zone - Total

➤ FlexTable: Pipe Table (agua.wtg)

Current Time: 0.000 hours

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Zone
91	P-35	86.97	J-11	J-20	58.40	PVC	150	-0.189871	0.07	0.0000	Zone - Total
93	P-36	176.31	J-15	J-29	58.40	PVC	150	1.041234	0.39	0.0030	Zone - Total
95	P-37	100.06	J-29	J-30	58.40	PVC	150	1.268334	0.47	0.0040	Zone - Total
97	P-38	190.20	J-30	J-31	58.40	PVC	150	1.121535	0.42	0.0030	Zone - Total
99	P-39	92.34	J-31	J-32	58.40	PVC	150	0.698366	0.26	0.0010	Zone - Total
100	P-40	186.79	J-32	J-21	58.40	PVC	150	0.331349	0.12	0.0000	Zone - Total
101	P-41	91.73	J-16	J-29	58.40	PVC	150	0.565745	0.21	0.0010	Zone - Total
102	P-42	92.96	J-17	J-30	58.40	PVC	150	0.191846	0.07	0.0000	Zone - Total
103	P-43	88.10	J-19	J-31	58.40	PVC	150	-0.084524	0.03	0.0000	Zone - Total
104	P-44	96.26	J-20	J-32	58.40	PVC	150	-0.028372	0.01	0.0000	Zone - Total
106	P-45	153.96	J-24	J-33	58.40	PVC	150	0.264467	0.10	0.0000	Zone - Total
108	P-46	189.56	J-33	J-34	58.40	PVC	150	0.14355	0.05	0.0000	Zone - Total
110	P-47	94.52	J-34	J-35	58.40	PVC	150	0.115815	0.04	0.0000	Zone - Total
111	P-48	193.55	J-35	J-27	58.40	PVC	150	-0.228933	0.09	0.0000	Zone - Total
113	P-49	179.78	J-27	J-36	58.40	PVC	150	0.22905	0.09	0.0000	Zone - Total
114	P-50	92.37	J-36	J-28	58.40	PVC	150	-0.448241	0.17	0.0010	Zone - Total
116	P-51	96.11	J-36	J-37	58.40	PVC	150	0.338645	0.13	0.0000	Zone - Total
117	P-52	96.14	J-25	J-33	58.40	PVC	150	0.217728	0.08	0.0000	Zone - Total
118	P-53	95.01	J-25	J-34	58.40	PVC	150	0.31091	0.12	0.0000	Zone - Total
119	P-54	86.12	J-14	J-26	58.40	PVC	150	0.72043	0.27	0.0020	Zone - Total
120	P-55	97.30	J-26	J-35	58.40	PVC	150	0.332543	0.12	0.0000	Zone - Total
122	P-56	40.00	J-35	J-38	58.40	PVC	150	0.338645	0.13	0.0000	Zone - Total
124	P-57	229.08	J-22	J-39	58.40	PVC	150	0.338645	0.13	0.0000	Zone - Total
126	P-58	58.58	J-23	J-40	58.40	PVC	150	1.508058	0.56	0.0060	Zone - Total
128	P-59	95.50	J-40	J-41	58.40	PVC	150	0.830768	0.31	0.0020	Zone - Total
130	P-60	27.29	J-41	J-42	58.40	PVC	150	0.153477	0.06	0.0000	Zone - Total
132	P-61	54.12	J-42	J-43	58.40	PVC	150	0.301062	0.11	0.0000	Zone - Total
134	P-62	98.95	J-43	J-44	58.40	PVC	150	-0.396149	0.15	0.0010	Zone - Total
135	P-63	125.74	J-44	J-23	58.40	PVC	150	-1.221024	0.46	0.0040	Zone - Total
137	P-64	80.43	J-40	J-45	58.40	PVC	150	0.338645	0.13	0.0000	Zone - Total
139	P-65	78.76	J-41	J-46	58.40	PVC	150	0.338645	0.13	0.0000	Zone - Total
140	P-66	45.43	J-44	J-42	58.40	PVC	150	0.48623	0.18	0.0010	Zone - Total
142	P-67	66.96	J-43	J-47	58.40	PVC	150	0.358566	0.13	0.0000	Zone - Total

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Zone
151	P-72	1634.43	T-1	T-4	148.40	PVC	150	51.775476	2.99	0.0450	Zone - Total
152	P-73	697.13	T-4	J-1	148.40	PVC	150	15.936246	0.92	0.0050	Zone - Total

agua.wtg 01/02/2021	Bentley Systems, Inc. Haestad Methods Solution Center 27 Siemon Company Drive Suite 200 W Watertown, CT 06795 USA +1-203- 755-1666	Bentley WaterCAD V8i Ing. Julio Augusto Souza del Aguila  Page 1 of 1
---------------------	---	--

➤ **Diseño hidráulico de la planta de tratamiento de agua potable**

Los elementos hidráulicos necesarios para el tratamiento de agua potable son diseñados con el caudal máximo horario para cada año establecido en la simulación hidráulica:

$$Q_{mh} \text{ AÑO 2031} = 15.94 \text{ Ips}$$

**Cálculo hidráulico del desarenador – en la PTAP**

➤ Cálculo hidráulico del desarenador – en la PTAP

Nº	Datos	Unidad	Criterios	Calculos	Resultados	Unidad
1	Velocidad de sedimentación de la partícula $V_s = 0.00017$	m/s	$A_s = \frac{Q}{V_s}$	$A_s = \frac{0.00847}{0.00017}$	Area superficial de la zona de decantación	m <sup>2</sup>
	Caudal de diseño $Q = 0.01594$	m <sup>3</sup> /s		$A_s = 93.765$		
2	Ancho del sedimentador $B = 4.00$	m	$L_2 = \frac{A_s}{B}$	$L_2 = \frac{49.824}{4.0}$ $L_2 = 23.50$	Longitud de la Zona de sedimentación	m
3	Longitud de la estructura de entrada $L_1 = 0.90$		$L_T = L_1 + L_2$	$L_T = 0.90 + 12.50$ $L_T = 24.40$	Longitud Total del sedimentador	m
4			$2.8 < \frac{L_2}{B} < 6$	$\frac{L_2}{B} = \frac{12.50}{4.0} = 5.88$ <b>acceptable</b>	Relación largo/ancho de la zona de sedimentación	adim
5	Altura del sedimentador $H = 1.50$	m	$6 < \frac{L}{H} < 20$	$\frac{L}{H} = \frac{12.50}{1.50} = 15.67$ <b>acceptable</b>	Relación largo/alto de la zona de sedimentación	adim
6			$VH = \frac{100 \times Q}{B \times H}$	$VH = \frac{100 \times 0.00847}{4.0 \times 1.5}$ $VH = 0.27 < 0.55$ <b>acceptable</b>	Velocidad horizontal del flujo	cm/s

N°	Datos	Unidad	Criterios	Calculos	Resultados	Unidad
7			$T_o = \frac{A_s \cdot H}{3600 \cdot Q}$	$T_o = \frac{49.824 \times 1.5}{3600 \times 0.00847}$ $T_o = 2.45$	Tiempo de retención de la unidad	h
8	Pendiente en el fondo  S = 10%		$H_1 = H + 0.10L_2$	$H_1 = 1.5 + 0.10(12.50)$ $H_1 = 3.85$	Altura Máxima en la tolva de Lodos	m
9	Longitud de la cresta del vertedero de salida = ancho del sedimentador  L = B = 4	m	$H_2 = \left[ \frac{Q}{1.84 \times L} \right]^{2/3}$	$H_2 = \left[ \frac{0.00847}{1.84 \times 4.0} \right]^{2/3}$ $H_2 = 0.017$	Altura de agua sobre el vertedero de salida	m
10	Velocidad de paso a través de los orificios de la cortina de distribución  V <sub>o</sub> = 0.10	m/s	$A_o = \frac{Q}{V_o}$	$A_o = \frac{0.00847}{0.10}$ $A_o = 0.1594$	Area total de orificios	m <sup>2</sup>
11	Diámetro de los orificios  D = 0.033	m	$a_o = 0.7854 \times D^2$	$a_o = (0.7854 \times (0.033)^2)$ $a_o = 0.00088$	Area de cada orificio	m <sup>2</sup>
12			$n = \frac{A_o}{a_o}$	$n = \frac{0.1594}{0.00088}$ $n = 187$	Número de orificios	adm

N°	Datos	Unidad	Criterios	Calculos	Resultados	Unidad
13			$h = H - \frac{2}{5}H$	$h = 1.5 - \frac{2}{5}(1.5)$ $h = 0.90$	Altura de la cortina cubierta de orificios	m
14	Número de orificios a lo ancho $N_1 = 7$	adim	$a = \frac{h}{N_2 - 1}$	$a = \frac{0.90}{7}$ $a = 0.129$	Espaciamiento entre orificios	m
	Número de orificios a lo alto $N_2 = 8$	adim				
15			$a_1 = \frac{B - a(N_1 - 1)}{2}$	$a_1 = \frac{4.0 - 0.129 \times (7 - 1)}{2}$ $a_1 = 1.61$	Espaciamiento lateral con respecto a la pared	m
16	Sección del canal de limpieza de lodos $A_2 = 0.02$	m <sup>2</sup>	$T_1 = \frac{60 \times A_2 \times \sqrt{H}}{4850 \times A_2}$	$T_1 = \frac{60(49.824)\sqrt{1.5}}{4850 \times 0.02}$ $T_1 = 72$	Tiempo de vaciado de la unidad	min
17			$q = \frac{1000 \times L_T \times B \times H}{60 \times T_1}$	$q = \frac{1000 \times 13.40 \times 4.0 \times 1.5}{60 \times 72}$ $q = 33.9$	Caudal de diseño de la tubería de desagüe para evitar represamiento en la caja de salida	l/s

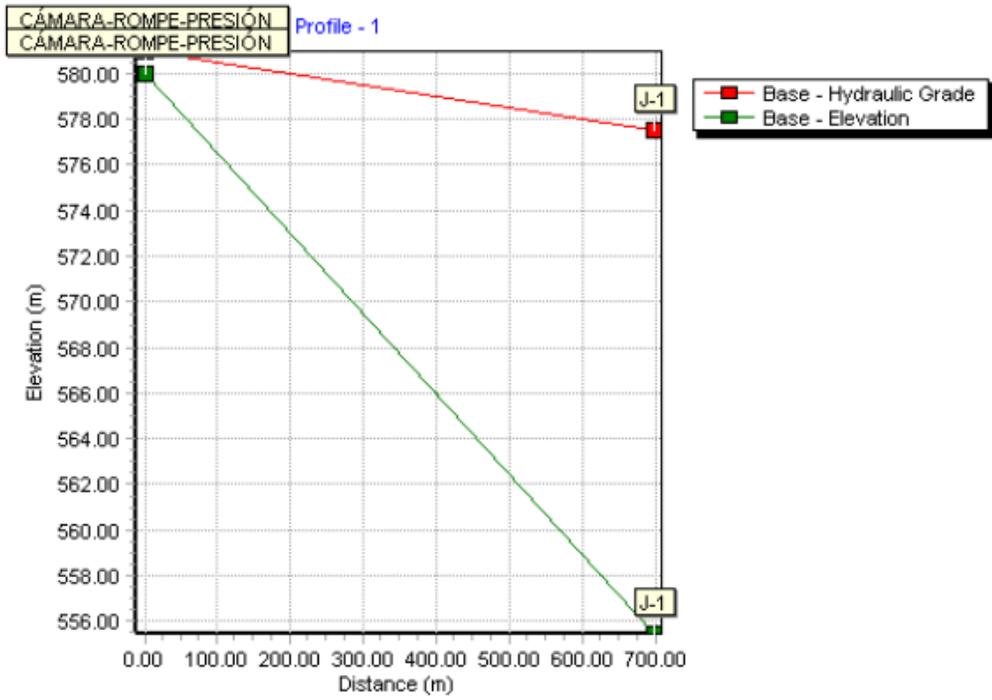
➤ Cálculo hidráulico de filtro lento proyectado en la PTAP

N°	Datos	Unidad	Criterios	Calculos	Resultados	Unidad
1	Caudal de diseño Q = 57.384	m <sup>3</sup> /h	$As = \frac{Q}{N \times Vf}$	$As = \frac{30.492}{2 \times 0.20}$	Área del medio filtrante de cada unidad	m <sup>2</sup>
	Número de baterías N = 2	adim		$As = 143.46$		
	Velocidad de filtración Vf = 0.2	m/h				
2			$K = \frac{2N}{N+1}$	$K = \frac{2 \times 2}{2+1}$ K = 1.33	Coeficiente de mínimo costo	adim
			$B = \sqrt{As \cdot K}$	$B = \sqrt{7623 \times 1.33}$ B = 13.80	Largo de Unidad	m
			$A = \sqrt{As / K}$	$A = \sqrt{7623 / 1.33}$ A = 10.40	Ancho de cada unidad	m
3	Espesor capa de arena extraída en cada raspado E = 0.20	m	$\nabla = 2 \cdot A \cdot B \cdot E \cdot N_1$	$\nabla = 2(9)(6)(0.02)6$  $\nabla = 345.21$	Volumen del depósito para almacenar arena durante 2 años	m <sup>3</sup>
	Número de raspados por año N <sub>1</sub> = 6	adim				

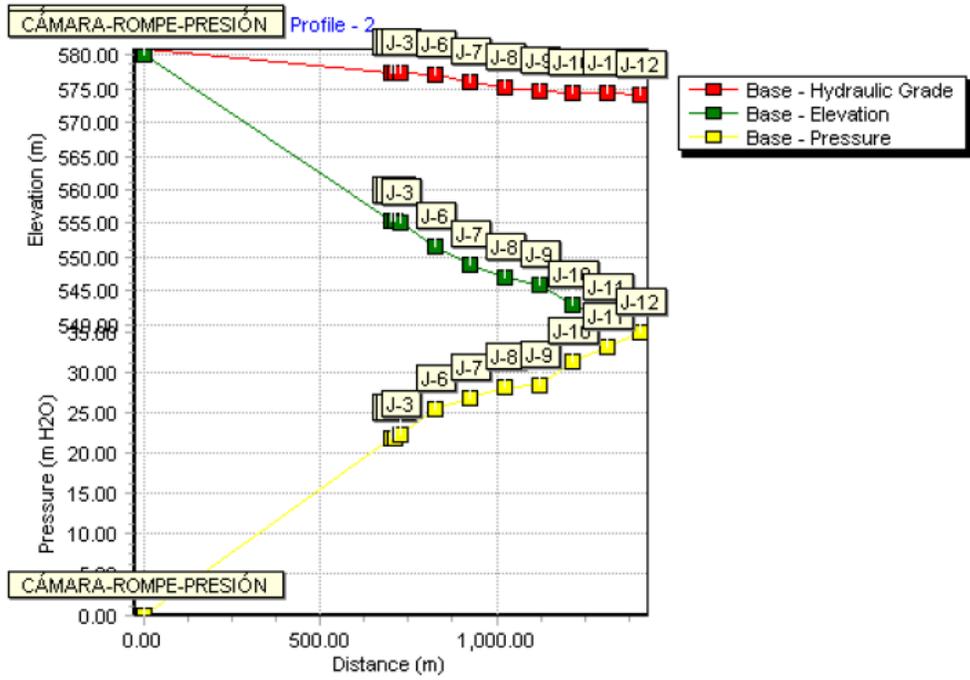
**RESUMEN**

Caudal Diseño / filtro	=	57.384 m <sup>3</sup> /h	POR UNIDAD
Caudal Diseño / filtro	=	15.94 lps	POR UNIDAD

➤ Gradiente hidráulica



Gradiente hidráulica



## **CAPITULO V**

### **DISCUCIÓN DE RESULTADOS**

#### **Hipótesis general**

#### **Evaluación de las fallas en redes de distribución y la eficiencia técnica del sistema de agua potable.**

La investigación concluyo que debido a que las redes de distribución no son cerradas restringe realizar ampliaciones y una distribución adecuada de presiones de agua en todos los puntos, por lo que se debe cambiar el diseño a redes cerradas con un diseño hidráulico según la población actual desnivel de la línea de aducción y futuras ampliaciones.

Según el ingeniero Martínez, Gómez, y De la Fuente (2018); publican un artículo científico en la Revista Iberoamericana del Agua, sobre Relación entre las causas y los modos de fallo de tuberías en la red de distribución del canal de Isabel en la ciudad de Madrid; con el propósito de presentar una metodología en la determinación de causas y tipos de fallas de tuberías dentro de las redes de distribución de agua; es decir, determinar la relación entre las causas y modos de falla. Se utilizó como técnica la toma de muestras y su posterior análisis; constó de 4482 roturas registradas en la red de distribución de agua. El caso de estudio se construye sobre la toma de muestras directas de las roturas, durante el proceso de rehabilitación. En la tubería general, las principales causas de fallo son corrosión, y presiones

o maniobras no habituales. La corrosión se asocia al modo de fallo con el tener forma de agujero, y las presiones se ligan a las roturas longitudinales y de tipo explosivas. En acometidas, la causa de fallo más frecuente se asocia con defectos del material de la tubería, y le corresponde un elevado número de roturas en forma circunferencial. Estos resultados sirven como base para el desarrollo de modelos mecánicos y contribuyen al esfuerzo de las compañías gestoras del agua en reducir el número de roturas.

En tal sentido podemos establecer que se comparte la idea que el deterioro de las redes de agua son las causa para el mal abastecimiento del agua potable.

### **Hipótesis específica N° 1**

#### **Evaluación de las fallas en redes de distribución y la eficiencia técnica del sistema de agua potable.**

La investigación concluyo que: Debido a que las redes de distribución no son cerradas restringe realizar ampliaciones y una distribución adecuada de presiones de agua en todos los puntos, por lo que se debe cambiar el diseño a redes cerradas con un diseño hidráulico según la población actual desnivel de la línea de aducción y futuras ampliaciones.

Pietrucha y Tchórzewska (2018), publican un artículo científico sobre los enfoques para el análisis de riesgo de fallas de la red de distribución de agua con respecto a la seguridad de los consumidores; con el propósito de presentar nuevos enfoques para la evaluación del riesgo de falla en lo que respecta al funcionamiento de una red de distribución de agua (WDN), cuyo tema de análisis fue:

- a) un análisis del fallo de la WDN con respecto a una aglomeración urbana en el sureste de Polonia;
- (b) análisis de la tasa de falla, teniendo en cuenta el tipo de tubería de agua (red, distribución, conexiones de servicio (SC)) y los meses del año, con una evaluación de los resultados en términos de valores de criterio para la tasa de falla;
- (c) una determinación, por referencia a los análisis realizados anteriormente, de la compatibilidad de las evaluaciones de los expertos en términos de estándares de fracaso y resultados obtenidos, a través del análisis de rango; y
- (d) la propuesta de un Análisis de Decisión Multi-Criterio modificado con la implementación de un Proceso de Jerarquía Analítica, para permitir que se realice una evaluación de riesgo

de falla para la WDN, sobre la base del valor aditivo calculado del riesgo obtenido. El análisis en cuestión se basó en datos reales de operación, según los datos de la compañía de distribución de agua. Trata las fallas en la WDN durante un período de 13 años en funcionamiento, desde 2005 hasta 2017, de ambas investigaciones podemos afirmar que para un eficiente abastecimiento se tiene que realizar los controles permanentes a las redes de distribución.

### **Hipótesis específica N° 2**

#### **Evaluación de las fallas en redes de distribución y la eficiencia económica del sistema de agua potable**

La investigación concluyo en: Como las redes de distribución no son cerradas restringe realizar ampliaciones y una distribución adecuada de presiones de agua en todos los puntos, por lo que se debe cambiar el diseño a redes cerradas con un diseño hidráulico según la población actual desnivel de la línea de aducción y futuras ampliaciones el monto asciende a S.542,238.28.

Romero (2013); para obtener el grado de ingeniero civil de la Universidad Nacional Autónoma de México ejecutó una investigación sobre problemas en redes de abastecimiento de agua potable, establece que Los resultados demostraron que, la mayoría de problemas se encuentran relacionados con las redes de tuberías de agua potable, son las fugas, la intrusión patógena y perdida de energía; respecto de fugas, el investigador precisa estas ocasionan desperdicios, reducen la eficiencia de las redes, así como, pérdidas económicas; por otra parte, las consecuencias de las fugas, se encuentra la intrusión patógena a partir de la confluencia de 3 circunstancias; la primera sobre la depresión, que hace que se contamine la red de distribución de agua potable, es decir, da paso a la contaminación microbiana, enfermedades y alterando la calidad del agua, por sus concentraciones patógenas potenciales en los consumidores. Sobre la perdida de energías, pueden ser ocasionadas por fricción o locales, las mismas que pueden minimizarse con un adecuado diseño y mantenimiento de redes, de ambas investigaciones se comparte opinión que para realizar la distribución por vía cerradas.

### **Hipótesis específica N° 3**

#### **Evaluación de las fallas en redes de distribución y la eficiencia social del sistema de agua potable**

Nuestra investigación concluyo que: Se debe plantear en las redes de distribución válvulas de purga, aire y de control para hacer más eficiente el mantenimiento, reparación y control de fugas

Porras (2014); para obtener el grado académico de ingeniero mecánico de la Universidad Nacional del Centro del Perú, elabora una investigación sobre la reducción de pérdidas de caudal en red de tuberías para mejorar distribución de agua potable en un sector de la Merced; con el propósito de contribuir en la reducción de pérdidas de caudal dentro de las redes de distribución bajo la adaptación de metodología de balance hídrico; sectorización, además del modelado de redes de distribución. Los resultados encontrados mostraron que la metodología de la sectorización debidamente implementada logro establecer en tres sectores, además de mejorar la gestión de presiones disminuyendo la perdida en un 40.5% respecto a la gestión de presiones, la distribución de agua mejoro en promedio de 15:55 horas al día por 21:05 horas al día.

De ambas investigaciones podemos establecer que para un buen funcionamiento las redes de distribución de agua potable deben de estar con todos accesorios en buenas condiciones.

## CONCLUSIONES

1. De la evaluación de las fallas de redes de distribución, se cuenta con 300 ml. de redes de aducción con tubería PVC DN 2" unión rígida y 3100 ml, de redes de distribución con tubería PVC DN 2" y 1 1/2" clase 7.5 unión rígida a lo largo de las calles del centro poblado. La red de aducción baja desde la parte alta del centro poblado un desnivel promedio de 30 ml, la red de distribución se ubica a lo largo de las calles de la localidad, realizado el recorrido se constató que existe redes abiertas pese a que las calles y viviendas están densificadas y existen calles en dameros, asimismo se verifico que existen redes descubiertas de diámetros diversos los que presentan deterioros y cristalización de las tuberías, así como fugas en diversos puntos.
2. Debido a que las redes de distribución no son cerradas restringe realizar ampliaciones y una distribución adecuada de presiones de agua en todos los puntos, por lo que se debe cambiar el diseño a redes cerradas con un diseño hidráulico según la población actual desnivel de la línea de aducción y futuras ampliaciones.
3. Como las redes de distribución no son cerradas restringe realizar ampliaciones y una distribución adecuada de presiones de agua en todos los puntos, por lo que se debe cambiar el diseño a redes cerradas con un diseño hidráulico según la población actual desnivel de la línea de aducción y futuras ampliaciones el monto asciende a S.542,238.28.
4. Asimismo, se debe plantear en las redes de distribución válvulas de purga, aire y de control para hacer más eficiente el mantenimiento, reparación y control de fugas.

## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar la evaluación de las fallas de redes de distribución, periódicamente con la finalidad de detectar las fugas y cualquier deterioro oportunamente.
2. Efectuar las ampliaciones y una distribución adecuada con las presiones de agua en todos los puntos, con un diseño hidráulico según la población actual desnivel de la línea de aducción considerando la población futura.
3. Realizar las ampliaciones y una distribución adecuada de presiones de acuerdo al presupuesto planteado.
4. Instalar las redes de distribución válvulas de purga, aire y de control para hacer más eficiente el mantenimiento, reparación y control de fugas

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahmadi, M., Javad, M., Ahmadi, K., & Babaei, A. (2013). Análisis de fallas de la red de distribución de agua durante 2006-2008 en Ahvaz, Irán. *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 1(2), 129-137.
2. Aksela, K., Aksela, M., & Vahala, R. (2009). Detección de fugas en una red de distribución real utilizando un SOM. *Urban Water Journal*, 6(4), 279-289. <https://doi.org/10.1080/15730620802673079>
3. Alvarado Sanchez, N. M., & Cauna Aguilar, H. A. (2019). Universidad Privada de Tacna. *Universidad Privada de Tacna*, 168. Recuperado de <http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>
4. Andía, C. Y. (2009). TRATAMIENTO DE AGUA COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN Documento preparado por. *evaluación de plantas y desarrollo tecnológico*, 1, 44.
5. Bartone, C. R., & Salas, H. J. (1984). Developing alternative approaches to urban wastewater disposal in Latin America and the Caribbean. *Bulletin of the Pan American Health Organization*.
6. Blanke, M., Kinnaert, M., Lunze, J., & Staroswiecki, M. (2006). *Diagnóstico y control tolerante a fallas* (2 ed). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-35653-0>
7. Boxall, J., & Saul, A. (2005). Modelado de la decoloración en sistemas de distribución de agua potable. *Journal of Environmental Engineering*, 131(5), 716-725. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2005\)131:5\(716\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2005)131:5(716))
8. Chen, J., & Patton, R. (1999). *Robust Model-Based Fault Diagnosis for Dynamic Systems*. Springer US.
9. Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
10. Concha Huánuco, J. de D., & Guillén Lujan, J. P. (2014). Mejoramiento Del Sistema De Abastecimiento De Agua Potable ( Caso : Urbanización Valle Esmeralda , Distrito. *Universidad San Martín de Porres*, 178. Recuperado de [file:///C:/Users/PAIVA/Desktop/concha\\_hjd.pdf](file:///C:/Users/PAIVA/Desktop/concha_hjd.pdf)
11. Farley, B., Mounce, S., & Boxall, J. (2010). Pruebas de campo de una metodología de

- colocación de sensores óptima para la detección de eventos en una red de distribución de agua urbana. *Urban Water Journal*, 7(6), 345-356. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2010.526230>
12. Farley, M., & Trow, S. (2003). *Losses in water distribution networks : a practitioner's guide to assessment, monitoring and control*. IWA.
  13. Gomez Bastar, S. (2012). *Metodologia de la investigacion*. Red Tercer Milenio S.C. <https://doi.org/-> ISBN 978-92-75-32913-9
  14. Illán Mendoza, N. V. (2017). Evaluación y mejoramiento del sistema de agua potable del Asentamiento Humano Héroes del Cenepa, Distrito de Buenavista Alta, Provincia de Casma, Ancash - 2017. *Universidad Cesar Vallejo*. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12203/illan\\_mn.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12203/illan_mn.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  15. Jowitt, P., & Xu, C. (1993). Predicción de los efectos de falla de tubería en redes de distribución de agua. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 119(1), 18-31. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(1993\)119:1\(18\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1993)119:1(18))
  16. Kleiner, Y., Sadiq, R., & Rajani, B. (2004). Modeling Failure Risk in Buried Pipes Using Fuzzy Markov Deterioration Process, 12(3). [https://doi.org/10.1061/40745\(146\)7](https://doi.org/10.1061/40745(146)7)
  17. Kothari, C., Kumar, R., & Uusitalo, O. (2014). *Research Methodology*. New Age International. <https://doi.org/http://196.29.172.66:8080/jspui/bitstream/123456789/2574/1/Research%20Methodology.pdf>
  18. Lambert, A. (2014). *QUÉ SABEMOS DE LA PRESIÓN: FUGAS ¿RELACIONES EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN?*
  19. Lindhe, A., Rosén, L., Norberg, T., & Bergstedt, O. (2009). Análisis de árbol de fallas para análisis de riesgo integrado y probabilístico de sistemas de agua potable. *Water Research*, 43(6), 1641-1653. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2008.12.034>
  20. Mamlook, R., & Al-Jayyousi, O. (2003). Análisis de conjuntos difusos para la detección de fugas en sistemas de infraestructura: una metodología propuesta. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 6(1), 26-31. <https://doi.org/10.1007/s10098-003-0209-8>

21. Mark, B., & Caputi Peter. (2001). Introduction to quantitative research. *SAGE publication Ltd*, 272. <https://doi.org/9781848608641>
22. Martínez, Á., Gómez, P., & De la Fuente, G. (2018). Relación entre las causas y los modos de fallo de tuberías en la red de distribución de Canal de Isabel II en Madrid. *Ribagua*, 5(1), 16-28. <https://doi.org/10.1080/23863781.2018.1442188>
23. McGuire, M., Blute, N., Fong, L., Froelich, D., Kavounas, P., Qin, G., ... Water Environment Research Foundation. (2008). *Hexavalent chromium removal using anion exchange and reduction with coagulation and filtration*. Water Environment Research Foundation. Recuperado de <https://www.iwapublishing.com/news/filtration-processes>
24. Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. (2018). *La política multisectorial en saneamiento y su contribución a la inclusión social*.
25. Misiunas, D., Lambert, M., Simpson, A., & Olsson, G. (2005). Detección de ráfagas y localización en redes de distribución de agua. *Water Science and Technology: Water Supply*, 5(3-4), 71-80. <https://doi.org/10.2166/ws.2005.0085>
26. Mounce, S., Boxall, J., & Machell, J. (2010). Desarrollo y verificación de un sistema de inteligencia artificial en línea para la detección de explosiones y otros flujos anormales. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(3), 309-318. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000030](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000030)
27. Orellana, J. A. (2016). Tratamiento De Las Aguas. *Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO*. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(94\)00384-6](https://doi.org/10.1016/0277-9536(94)00384-6)
28. Organización mundial de la salud. (2004). Guidelines for drinking-water quality. *CMP-24*. Recuperado de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/cmp130704\\_chap8.pdf?ua=1](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/cmp130704_chap8.pdf?ua=1)
29. Organización mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable, 1, 74. Recuperado de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_fulll\\_lowres.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf)
30. Organización Mundial de la Salud. (s. f.). 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro.
31. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2007). GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMA DE DESINFECCIÓN. *Lima*.
32. Pérez, R., Puig, V., Pascual, J., Peralta, A., Landeros, E., & Jordanas, L. (2009).

- Distribución de sensores de presión para detección de fugas en la red de distribución de agua de Barcelona. *Water Science and Technology: Water Supply*, 9(6), 715-721. <https://doi.org/10.2166/ws.2009.372>
33. Pietrucha, K. (2015). Predicción de fallas en el sistema de suministro de agua - Problemas actuales. *Conferencia internacional sobre confiabilidad y sistemas complejos.*, 351-358. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-19216-1\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-319-19216-1_33)
  34. Pietrucha, K., & Tchórzewska, B. (2018). Enfoques para el análisis de riesgo de fallas de la red de distribución de agua con respecto a la seguridad de los consumidores. *Water (Switzerland)*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/w10111679>
  35. Porras, O. (2014). *Reducción de pérdidas de caudal en red de tuberías para mejorar distribución de agua potable - Sector San Carlos - La Merced*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
  36. Poulakis, Z., Valougeorgis, D., & Papadimitriou, C. (2003). Detección de fugas en redes de tuberías de agua utilizando un marco probabilístico bayesiano. *Probabilistic Engineering Mechanics*, 18(4), 315-327. [https://doi.org/10.1016/S0266-8920\(03\)00045-6](https://doi.org/10.1016/S0266-8920(03)00045-6)
  37. Rajasekar, S., Philominathan, P., & Chinnathambi, V. (2006). Research Methodology. *Methods*. <https://doi.org/10.1097/AAP.0b013e3182208cea>
  38. Rhodes, M. (2008). *Introduction to Particle Technology: Second Edition*. *Introduction to Particle Technology: Second Edition*. <https://doi.org/10.1002/9780470727102>
  39. Richardson, H., Nichols, G., Lane, C., Lake, I., & Hunter, P. (2009). Vigilancia microbiológica de los suministros privados de agua en Inglaterra - El impacto de los factores ambientales y climáticos en la calidad del agua. *Water Research*, 43(8), 2159-2168. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2009.02.035>
  40. Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
  41. Rizak, S., & Hrudehy, S. (2008). Seguridad del agua potable: desafíos para los sistemas administrados por la comunidad. *Journal of Water and Health*, 6(S1), 33-41. <https://doi.org/10.2166/wh.2008.033>

42. Rodríguez, D., & Valldeoriola, J. (2010). Metodología de la investigación. *Universitat Oberta de Catalunya*, 613. Recuperado de <http://www.casadellibro.com/libro-metodologia-de-la-investigacion-5-ed-incluye-cd-rom/9786071502919/1960006>
43. Rogers, P. (2006). *Modelo de evaluación de fallas para priorizar el reemplazo de tuberías en la gestión de activos de servicios de agua*. Colorado State University Libraries.
44. Romero, M. (2013). *Problemas en redes de abastecimiento de agua potable*. Universidad Nacional Autónoma de México.
45. Sadiq, R., Kleiner, Y., & Rajani, B. (2010). Modelización del potencial de fallas en la calidad del agua en redes de distribución: marco (I). *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 59(4), 255-276. <https://doi.org/10.2166/aqua.2010.059>
46. Storey, M., Van der, B., & Burns, B. (2011). Avances en el monitoreo en línea de la calidad del agua potable y sistemas de alerta temprana. *Water Research*, 45(2), 741-747. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2010.08.049>
47. Syed, J. (2013). Risk and hydraulic reliability analysis of water distribution systems. *Civil Engineering*.
48. The National Environmental Services Center at West Virginia University. (2009). Filtración Lenta con Arena. *Tecnología en Breve*.
49. Torres, J., Brumbelow, K., & Guikema, S. (2009). Clasificación de riesgos y propagación de incertidumbres para sistemas virtuales de distribución de agua. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(8), 1259-1273. <https://doi.org/10.1016/J.RESS.2009.01.008>
50. Vento, J., & Puig, V. (2009). Leak Detection and Isolation in Pressurized Water Pipe Networks using Interval LPV Models.
51. Westrell, T., Bergstedt, O., Stenström, T., & Ashbolt, N. (2003). Un enfoque teórico para evaluar los riesgos microbianos debidos a fallas en los sistemas de agua potable. *International Journal of Environmental Health Research*, 13(2), 181-197. <https://doi.org/10.1080/0960312031000098080>
52. Wu, Z., Sage, P., & Turtle, D. (2010). Modelo de detección de fugas dependiente de la presión y su aplicación a un sistema de agua del distrito. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(1), 116-128. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-)

- 9496(2010)136:1(116)
53. Yamini, H., & Lence, B. (2010). Análisis de probabilidad de falla debido a la corrosión interna en tuberías de hierro fundido. *Journal of Infrastructure Systems*, 16(1), 73-80. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0342\(2010\)16:1\(73\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0342(2010)16:1(73))
  54. Zayed, T., & Fares, H. (2009). *Risk Assessment for Water Mains Using Fuzzy Approach*. Canadá. [https://doi.org/10.1061/41020\(339\)114](https://doi.org/10.1061/41020(339)114)
  55. Zhang, K., Achari, G., Sadiq, R., Langford, C., & Dore, M. (2012). Un marco de evaluación de desempeño integrado para plantas de tratamiento de agua. *Water Research*, 46(6), 1673-1683. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2011.12.006>
  56. Ahmadi, M., Javad, M., Ahmadi, K., & Babaei, A. (2013). Análisis de fallas de la red de distribución de agua durante 2006-2008 en Ahvaz, Irán. *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 1(2), 129-137.
  57. Aksela, K., Aksela, M., & Vahala, R. (2009). Detección de fugas en una red de distribución real utilizando un SOM. *Urban Water Journal*, 6(4), 279-289. <https://doi.org/10.1080/15730620802673079>
  58. Alvarado Sanchez, N. M., & Cauna Aguilar, H. A. (2019). Universidad Privada de Tacna. *Universidad Privada de Tacna*, 168. Recuperado de <http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>
  59. Andía, C. Y. (2009). TRATAMIENTO DE AGUA COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN Documento preparado por. *evaluación de plantas y desarrollo tecnológico*, 1, 44.
  60. Bartone, C. R., & Salas, H. J. (1984). Developing alternative approaches to urban wastewater disposal in Latin America and the Caribbean. *Bulletin of the Pan American Health Organization*.
  61. Blanke, M., Kinnaert, M., Lunze, J., & Staroswiecki, M. (2006). *Diagnóstico y control tolerante a fallas* (2 ed). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-35653-0>
  62. Boxall, J., & Saul, A. (2005). Modelado de la decoloración en sistemas de distribución de agua potable. *Journal of Environmental Engineering*, 131(5), 716-725. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2005\)131:5\(716\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2005)131:5(716))
  63. Chen, J., & Patton, R. (1999). *Robust Model-Based Fault Diagnosis for Dynamic*

- Systems*. Springer US.
64. Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
  65. Concha Huánuco, J. de D., & Guillén Lujan, J. P. (2014). Mejoramiento Del Sistema De Abastecimiento De Agua Potable ( Caso : Urbanización Valle Esmeralda , Distrito. *Universidad San Martín de Porres*, 178. Recuperado de file:///C:/Users/PAIVA/Desktop/concha\_hjd.pdf
  66. Farley, B., Mounce, S., & Boxall, J. (2010). Pruebas de campo de una metodología de colocación de sensores óptima para la detección de eventos en una red de distribución de agua urbana. *Urban Water Journal*, 7(6), 345-356. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2010.526230>
  67. Farley, M., & Trow, S. (2003). *Losses in water distribution networks : a practitioner's guide to assessment, monitoring and control*. IWA.
  68. Gomez Bastar, S. (2012). *Metodologia de la investigacion*. Red Tercer Milenio S.C. <https://doi.org/-> ISBN 978-92-75-32913-9
  69. Illán Mendoza, N. V. (2017). Evaluación y mejoramiento del sistema de agua potable del Asentamiento Humano Héroes del Cenepa, Distrito de Buenavista Alta, Provincia de Casma, Ancash - 2017. *Universidad Cesar Vallejo*. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12203/illan\\_mn.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12203/illan_mn.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  70. Jowitt, P., & Xu, C. (1993). Predicción de los efectos de falla de tubería en redes de distribución de agua. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 119(1), 18-31. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(1993\)119:1\(18\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1993)119:1(18))
  71. Kleiner, Y., Sadiq, R., & Rajani, B. (2004). Modeling Failure Risk in Buried Pipes Using Fuzzy Markov Deterioration Process, 12(3). [https://doi.org/10.1061/40745\(146\)7](https://doi.org/10.1061/40745(146)7)
  72. Kothari, C., Kumar, R., & Uusitalo, O. (2014). *Research Methodology*. *New Age International*. <https://doi.org/http://196.29.172.66:8080/jspui/bitstream/123456789/2574/1/Research%20Methodology.pdf>
  73. Lambert, A. (2014). *QUÉ SABEMOS DE LA PRESIÓN: FUGAS ¿RELACIONES EN*

## LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN?

74. Lindhe, A., Rosén, L., Norberg, T., & Bergstedt, O. (2009). Análisis de árbol de fallas para análisis de riesgo integrado y probabilístico de sistemas de agua potable. *Water Research*, 43(6), 1641-1653. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2008.12.034>
75. Mamlook, R., & Al-Jayyousi, O. (2003). Análisis de conjuntos difusos para la detección de fugas en sistemas de infraestructura: una metodología propuesta. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 6(1), 26-31. <https://doi.org/10.1007/s10098-003-0209-8>
76. Mark, B., & Caputi Peter. (2001). Introduction to quantitative research. *SAGE publication Ltd*, 272. <https://doi.org/9781848608641>
77. Martínez, Á., Gómez, P., & De la Fuente, G. (2018). Relación entre las causas y los modos de fallo de tuberías en la red de distribución de Canal de Isabel II en Madrid. *Ribagua*, 5(1), 16-28. <https://doi.org/10.1080/23863781.2018.1442188>
78. McGuire, M., Blute, N., Fong, L., Froelich, D., Kavounas, P., Qin, G., ... Water Environment Research Foundation. (2008). *Hexavalent chromium removal using anion exchange and reduction with coagulation and filtration*. Water Environment Research Foundation. Recuperado de <https://www.iwapublishing.com/news/filtration-processes>
79. Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. (2018). *La política multisectorial en saneamiento y su contribución a la inclusión social*.
80. Misiunas, D., Lambert, M., Simpson, A., & Olsson, G. (2005). Detección de ráfagas y localización en redes de distribución de agua. *Water Science and Technology: Water Supply*, 5(3-4), 71-80. <https://doi.org/10.2166/ws.2005.0085>
81. Mounce, S., Boxall, J., & Machell, J. (2010). Desarrollo y verificación de un sistema de inteligencia artificial en línea para la detección de explosiones y otros flujos anormales. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(3), 309-318. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000030](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000030)
82. Orellana, J. A. (2016). Tratamiento De Las Aguas. *Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO*. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(94\)00384-6](https://doi.org/10.1016/0277-9536(94)00384-6)
83. Organización mundial de la salud. (2004). Guidelines for drinking-water quality. *CMP-24*. Recuperado de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/cmp-130704chap8.pdf?ua=1](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/cmp-130704chap8.pdf?ua=1)

84. Organización mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable, 1, 74. Recuperado de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
85. Organización Mundial de la Salud. (s. f.). 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro.
86. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2007). GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMA DE DESINFECCIÓN. *Lima*.
87. Pérez, R., Puig, V., Pascual, J., Peralta, A., Landeros, E., & Jordanas, L. (2009). Distribución de sensores de presión para detección de fugas en la red de distribución de agua de Barcelona. *Water Science and Technology: Water Supply*, 9(6), 715-721. <https://doi.org/10.2166/ws.2009.372>
88. Pietrucha, K. (2015). Predicción de fallas en el sistema de suministro de agua - Problemas actuales. *Conferencia internacional sobre confiabilidad y sistemas complejos.*, 351-358. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-19216-1\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-319-19216-1_33)
89. Pietrucha, K., & Tchórzewska, B. (2018). Enfoques para el análisis de riesgo de fallas de la red de distribución de agua con respecto a la seguridad de los consumidores. *Water (Switzerland)*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/w10111679>
90. Porras, O. (2014). *Reducción de pérdidas de caudal en red de tuberías para mejorar distribución de agua potable - Sector San Carlos - La Merced*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
91. Poulakis, Z., Valougeorgis, D., & Papadimitriou, C. (2003). Detección de fugas en redes de tuberías de agua utilizando un marco probabilístico bayesiano. *Probabilistic Engineering Mechanics*, 18(4), 315-327. [https://doi.org/10.1016/S0266-8920\(03\)00045-6](https://doi.org/10.1016/S0266-8920(03)00045-6)
92. Rajasekar, S., Philominathan, P., & Chinnathambi, V. (2006). Research Methodology. *Methods*. <https://doi.org/10.1097/AAP.0b013e3182208cea>
93. Rhodes, M. (2008). *Introduction to Particle Technology: Second Edition*. *Introduction to Particle Technology: Second Edition*. <https://doi.org/10.1002/9780470727102>
94. Richardson, H., Nichols, G., Lane, C., Lake, I., & Hunter, P. (2009). Vigilancia microbiológica de los suministros privados de agua en Inglaterra - El impacto de los factores ambientales y climáticos en la calidad del agua. *Water Research*, 43(8), 2159-

2168. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2009.02.035>
95. Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
  96. Rizak, S., & Hrudehy, S. (2008). Seguridad del agua potable: desafíos para los sistemas administrados por la comunidad. *Journal of Water and Health*, 6(S1), 33-41. <https://doi.org/10.2166/wh.2008.033>
  97. Rodríguez, D., & Valldeoriola, J. (2010). Metodología de la investigación. *Universitat Oberta de Catalunya*, 613. Recuperado de <http://www.casadellibro.com/libro-metodologia-de-la-investigacion-5-ed-incluye-cd-rom/9786071502919/1960006>
  98. Rogers, P. (2006). *Modelo de evaluación de fallas para priorizar el reemplazo de tuberías en la gestión de activos de servicios de agua*. Colorado State University Libraries.
  99. Romero, M. (2013). *Problemas en redes de abastecimiento de agua potable*. Universidad Nacional Autónoma de México.
  100. Sadiq, R., Kleiner, Y., & Rajani, B. (2010). Modelización del potencial de fallas en la calidad del agua en redes de distribución: marco (I). *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 59(4), 255-276. <https://doi.org/10.2166/aqua.2010.059>
  101. Storey, M., Van der, B., & Burns, B. (2011). Avances en el monitoreo en línea de la calidad del agua potable y sistemas de alerta temprana. *Water Research*, 45(2), 741-747. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2010.08.049>
  102. Syed, J. (2013). Risk and hydraulic reliability analysis of water distribution systems. *Civil Engineering*.
  103. The National Environmental Services Center at West Virginia University. (2009). Filtración Lenta con Arena. *Tecnología en Breve*.
  104. Torres, J., Brumbelow, K., & Guikema, S. (2009). Clasificación de riesgos y propagación de incertidumbres para sistemas virtuales de distribución de agua. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(8), 1259-1273. <https://doi.org/10.1016/J.RESS.2009.01.008>
  105. Vento, J., & Puig, V. (2009). Leak Detection and Isolation in Pressurized Water Pipe

Networks using Interval LPV Models.

106. Westrell, T., Bergstedt, O., Stenström, T., & Ashbolt, N. (2003). Un enfoque teórico para evaluar los riesgos microbianos debidos a fallas en los sistemas de agua potable. *International Journal of Environmental Health Research*, 13(2), 181-197. <https://doi.org/10.1080/0960312031000098080>
107. Wu, Z., Sage, P., & Turtle, D. (2010). Modelo de detección de fugas dependiente de la presión y su aplicación a un sistema de agua del distrito. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(1), 116-128. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2010\)136:1\(116\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2010)136:1(116))
108. Yamini, H., & Lence, B. (2010). Análisis de probabilidad de falla debido a la corrosión interna en tuberías de hierro fundido. *Journal of Infrastructure Systems*, 16(1), 73-80. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0342\(2010\)16:1\(73\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0342(2010)16:1(73))
109. Zayed, T., & Fares, H. (2009). *Risk Assessment for Water Mains Using Fuzzy Approach*. Canadá. [https://doi.org/10.1061/41020\(339\)114](https://doi.org/10.1061/41020(339)114)
110. Zhang, K., Achari, G., Sadiq, R., Langford, C., & Dore, M. (2012). Un marco de evaluación de desempeño integrado para plantas de tratamiento de agua. *Water Research*, 46(6), 1673-1683. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2011.12.006>

## ANEXOS

### Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<b>a) Problema general</b>	<b>a) Objetivo general</b>	<b>a) Hipótesis general</b>	<b>Variable independiente:</b>
¿Cuál es la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia en el sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora- Tocache- San Martín, 2020?	Determinar la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia en el sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora- Tocache- San Martín, 2020.	Existe una relación significativa entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia del sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora- Tocache- San Martín, 2020.	Fallas en la red de distribución (RNE y Revista Fac. Nac. Salud pública) <b>Dimensiones:</b> 1.- Hidráulica 2.- Estructural
<b>b) Problemas específicos</b>	<b>b) Objetivos específicos</b>	<b>b) Hipótesis específicos</b>	<b>Variable dependiente</b>
¿Cuál es la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia física en el sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora – Pólvora – Tocache- San Martín, 2020?	Determinar la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia física en el sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora- Tocache- San Martín, 2020.	Existe una relación significativa entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia física del sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora- Tocache- San Martín, 2020.	Eficiencia del Sistema de agua potable (RNE) <b>Dimensiones:</b> 1.- Técnica 2.- Económica 3.- Social
¿Cuál es la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia química en el sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora – Pólvora – Tocache- San Martín, 2020?	Determinar la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia química en el sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora- Tocache- San Martín, 2020.	Existe una relación significativa entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia química del sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora- Tocache- San Martín, 2020.	
¿Cuál es la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia biológica en el sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora – Pólvora – Tocache- San Martín, 2020?	Determinar la relación entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia biológica en el sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora- Tocache- San Martín, 2020.	Existe una relación significativa entre las fallas en redes de distribución y la eficiencia biológica del sistema de agua potables en el centro poblado Pólvora - Pólvora- Tocache- San Martín, 2020.	