

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE CIVIL



TESIS

**“DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
PARA MEJORAR LA CONTINUIDAD DE SERVICIO EN EL
DISTRITO DE PACHÍA, PROVINCIA Y REGIÓN DE TACNA”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

**Bach. DAVID EMILIANO APAZA PLATERO
Bach. JORGE ANTONIO RAMOS MAMANI**

**TACNA – PERÚ
2022**

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

**“DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
PARA MEJORAR LA CONTINUIDAD DE SERVICIO EN EL
DISTRITO DE PACHÍA, PROVINCIA Y REGIÓN DE TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 02 de julio del 2022; estando el jurado calificador
integrado por:

PRESIDENTA: Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO: Mag. YVAN MANUEL AROSQUIPA NINA

VOCAL: Mtro. ULIANOV FARFÁN KEHUARUCHO

ASESOR: Mtro. JIMMI YURI SILVA CHARAJA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, David Emiliano Apaza Platero, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 41296619.

Yo, Jorge Antonio Ramos Mamani, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 47230870.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

“Diseño de una red de distribución de agua potable para mejorar la continuidad del servicio en el distrito de Pachía, provincia y región de Tacna”

la cual presentamos para optar el:

Título Profesional de Ingeniero Civil.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello a favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna junio del 2022



.....
Bach. David Emiliano Apaza Platero
DNI N° 41296619



.....
Bach. Jorge Antonio Ramos Mamani
DNI N°47230870

DEDICATORIA

A mis padres Jorge y Lucía, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos.

A mi hermana, que, sin su apoyo en los momentos difíciles, esta tesis no hubiera podido ser posible.

Jorge A. Ramos Mamani

A Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome.

David E. Apaza Platero

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor, Mtro. Jimmy Yuri Silva Charaja, por su apoyo durante la realización de esta tesis.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, quienes participaron en nuestra formación profesional y personal a lo largo de nuestros estudios universitarios.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	5
1.2.1. <i>Problema General</i>	5
1.2.2. <i>Problemas específicos</i>	5
1.3. Justificación e Importancia del Problema	6
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	6
1.4.2. <i>Objetivo Específico</i>	6
1.5. Hipótesis	7
1.5.1. <i>Hipótesis General</i>	7
1.5.2. <i>Hipótesis Específica</i>	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes del Estudio	8
2.2 Bases Teóricas	10
2.2.1 <i>Normas de Diseño</i>	10
2.2.2 <i>Concepto De Abastecimiento De Agua Potable</i>	10
2.2.3 <i>Periodo De Diseño</i>	13
2.2.4 <i>Determinación del Periodo de Vida Útil</i>	14
2.2.5 <i>Estudios de Población</i>	15

2.2.6	<i>Dotación</i>	18
2.2.7	<i>Variaciones de Consumo</i>	19
2.2.8	<i>Consumos</i>	20
2.2.8	<i>Componentes del Sistema de Abastecimiento</i>	21
2.2.9	<i>Accesorio de los Sistemas de Abastecimiento</i>	27
2.2.10	<i>Diseño Hidráulico con Aplicación de Software</i>	38
2.3	<i>Definición de Términos</i>	39
2.3.1	<i>Caudal de Diseño</i>	39
2.3.2	<i>Caudal Máximo Horario</i>	39
2.3.3	<i>Coefficiente de Rugosidad</i>	39
2.3.4	<i>Coefficiente de Variación Diaria</i>	39
2.3.5	<i>Consumo</i>	39
2.3.6	<i>Líneas de Conducción</i>	40
2.3.7	<i>Líneas de Distribución</i>	40
2.3.8	<i>Población Futura</i>	40
2.3.9	<i>Presión de Agua</i>	40
2.3.10	<i>Redes de Distribución</i>	40
2.3.11	<i>Reservorio de Agua</i>	40
2.3.12	<i>Tubería</i>	40
2.3.13	<i>Válvula de Aire</i>	41
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		42
3.1	<i>Tipo y Nivel de la Investigación</i>	42
3.1.1	<i>Tipo de Investigación: Explicativo</i>	42
3.1.2	<i>Nivel de la Investigación: Comprensivo</i>	42
3.2	<i>Población y/o Muestra de Estudio</i>	42
3.2.1	<i>Población</i>	42
3.2.2	<i>Muestra</i>	42
3.3	<i>Operacionalización de Variables</i>	43
3.4	<i>Técnicas e Instrumentos Para la Recolección de Datos</i>	43
3.4.1	<i>Técnicas Para la Recolección de Datos</i>	43
3.4.2	<i>Instrumentos Para la Recolección de Datos</i>	44
3.5	<i>Procesamiento y Análisis de Datos</i>	44

3.5.1	<i>Consideraciones Iniciales</i>	44
3.5.2	<i>Características de la Población</i>	45
3.5.3	<i>Dotación</i>	46
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		52
4.1	Variaciones de Consumo	52
4.2	Características de la Red de Propuesta.....	52
4.3	Tubería	55
4.4	Válvulas Regulatoras de Presión	59
4.4.1	<i>Primera Válvula</i>	60
4.4.2	<i>Segunda Válvula</i>	61
4.4.3	<i>Tercera Válvula</i>	63
4.4.4	<i>Cuarta Válvula</i>	64
4.4.5	<i>Quinta Válvula</i>	66
4.3	Reservorio	67
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		68
CONCLUSIONES		70
RECOMENDACIONES.....		71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		72
ANEXO		94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población peruana que consume agua proveniente de red pública... 1	1
Tabla 2. Ubicación de los Puntos de Medición de Pachía..... 3	3
Tabla 3. Presión Anual por Localidad..... 3	3
Tabla 4. Periodo de Diseño en Años..... 14	14
Tabla 5. Aplicación de los Métodos de Cálculo para la Estimación de Población Futura..... 18	18
Tabla 6. Valores de K2 Según Población..... 20	20
Tabla 7. Presión Máxima de Trabajo en Tubería de PVC..... 28	28
Tabla 8. Presión Interna de Trabajo de Tuberías de FC..... 30	30
Tabla 9. Ventajas y Desventajas de los Diferentes Materiales Empleados en Tuberías..... 34	34
Tabla 10. Censo del Distrito de Pachía..... 45	45
Tabla 11. Dotación para la Población Futura de la Localidad..... 47	47
Tabla 12. Dotación de Agua para Locales Educativos..... 47	47
Tabla 13. Cálculo de Dotación para Colegios..... 47	47
Tabla 14. Cálculo de dotación para las Áreas Verdes..... 48	48
Tabla 15. Dotación de Agua para Locales de Salud..... 49	49
Tabla 16. Cálculo de Dotación para Locales de Salud..... 49	49
Tabla 17. Cálculo de Dotación para Oficinas..... 49	49
Tabla 18. Cálculo de Dotación para Iglesia..... 50	50
Tabla 19. Cálculo de Dotación para Casa de Retiros..... 50	50
Tabla 20. Cálculo de Dotación en Servicios Comunes 1..... 51	51
Tabla 21. Cálculo de Dotación en Servicios Comunes 2..... 51	51
Tabla 22. Nodos Importantes en la Red..... 52	52
Tabla 23. Parámetros Físicos de la Válvula N°01..... 60	60
Tabla 24. Parámetros físicos de la Válvula N°02..... 61	61
Tabla 25. Parámetros Físicos de la Tercera Válvula..... 63	63
Tabla 26. Parámetros Físicos de Válvula N°04..... 64	64
Tabla 27. Parámetros Físicos de Válvula N°05..... 66	66
Tabla 28. Características de Reservorio Proyectoado..... 67	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Distrito de Pachía.....	2
Figura 2. Esquema del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Sectores4	
Figura 3. Configuración Típica de un Sistema de Abastecimiento de Agua.....	11
Figura 4. Gráfico de Crecimiento Poblacional Representada en una Curva	16
Figura 5. Tipos de Reservorio	23
Figura 6. Tipos de Redes de Agua	24
Figura 7. Sistema de Circuito Abierto.....	25
Figura 8. Sistema de Circuito Cerrado	26
Figura 9. Red Primaria y Red Secundaria.....	27
Figura 10. Esquema Genérico de Junta Espiga-Campana	29
Figura 11. Unión de Tubos de Polietileno por Termofusión	30
Figura 12. Unión con Coples de Fibrocemento	31
Figura 13. Tubería con Accesorio Bridada	32
Figura 14. Junta Espiga - Campana	33
Figura 15. Vista en 3D de Unión Mecánica Ranurada	33
Figura 16. Vista Corte Transversal de Unión Mecánica Ranurada	34
Figura 17. Sección de Válvula de Compuerta	36
Figura 18. Sección Transversal de Válvula Reductora de Presión	36
Figura 19. Válvula Reductora de Presión Línea Bermad	37
Figura 20. Ubicación de Válvulas Reguladoras de Presión 01 y 02	53
Figura 21. Ubicación de Válvulas Reguladoras de Presión 03 y 04	54
Figura 22. Ubicación de Válvulas Reguladoras de Presión 05	54
Figura 23. Primera Bifurcación en la Línea de Distribución	55
Figura 24. Línea de Distribución Propuesta	56
Figura 25. Ubicación de los Nodos con Presiones Mínimas Requeridas.....	57
Figura 26. Nodos Con Presiones Mínimas en Máxima Demanda	57
Figura 27. Presión en las Diferentes Cotas de la Línea de Distribución	58
Figura 28. Velocidades a lo largo de la Línea de Distribución	58
Figura 29. Ubicación de las Válvulas reguladoras de Presión	59
Figura 30. Comprobación de Cavitación de la Válvula N°01	60
Figura 31. Ubicación de Válvula N°01	61
Figura 32. Comprobación de Cavitación de Válvula N°02.....	62
Figura 33. Ubicación de Válvula N°02	62

Figura 34. Comprobación de Cavitación de Válvula N°03.....	63
Figura 35. Ubicación de la Válvula N°03.....	64
Figura 36. Comprobación de Cavitación de Válvula N°04.....	65
Figura 37. Ubicación de Válvula N°04	65
Figura 38. Comprobación de Cavitación de Válvula N°05.....	66
Figura 39. Ubicación de Válvula N°05	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia	2
Anexo 2. Plano de Redes de Agua Potable de Pachía Actual.	4
Anexo 3. Plano Propuesto de Redes de Agua Potable.....	11
Anexo 4. Modelamiento Hidráulico de Pachía	16
Anexo 5. Detalle de Cámara Reductora de Presión.....	23
Anexo 6. Entrevista a Pobladores	24
Anexo 7. Plano de Topografía de Pachía.....	25
Anexo 8. Catálogo de Tubos de PVC	26
Anexo 9. Catálogo de Válvulas Reductoras de Presión	27
Anexo 10. Pasos para descarga de Software WaterCAD Versión Educativa	29

RESUMEN

El presente trabajo de tesis consiste en el diseño de una red de distribución de agua potable por gravedad para los sectores Huaycuyo, El Peligro y Pachía, del distrito de Pachía, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna. Localidad que cuenta con vías de acceso terrestre, y alberga a una población de 788 habitantes, según último censo 2017. Debido que en los últimos años se viene dando una expansión inmobiliaria por medio de la creación de urbanizaciones y asociaciones de vivienda, es que la presente tesis contempla el diseño de red de distribución de agua potable para esta población futura, que, por la ubicación geográfica y características climatológicas, representa una muy buena opción de vivienda en las diferentes estaciones a lo largo del año. El diseño de red de distribución de agua potable se realizó con el software WaterCAD, el mismo que contempla la nueva red de distribución que acoge la red existente, con los componentes adicionales de 05 Cámaras Reductoras de Presión y el planteamiento de la construcción de un nuevo reservorio de 430m³ de capacidad que trabaje para las nuevas asociaciones y urbanizaciones.

Palabras claves: Velocidad, caudales, presiones, válvulas reductoras de presión y línea de distribución.

ABSTRACT

This thesis work consists of the design of a drinking water distribution network by gravity for the Huaycuyo, El Peligro and Pachía sectors, in the Pachía district, Tacna Province, Tacna Department. Town that has land access roads, and houses a population of 788 inhabitants, according to the last census of 2017. Due to the fact that in recent years there has been a real estate expansion through the creation of urbanizations and housing associations, it is that this thesis contemplates the design of a drinking water distribution network for this future population, which, due to its geographical location and climatological characteristics, represents a very good housing option in the different seasons throughout the year. The design of the drinking water distribution network was carried out with the WaterCAD software, the same one that contemplates the new distribution network that houses the existing network, with the additional components of 05 Pressure Reducing Chambers and the approach of the construction of a new 430m³ capacity reservoir that works for new associations and developments.

Keyword: Speed, Flow rates, pressures, pressure reducing valves and distribution line.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Tacna se encuentra ubicada en una zona árida ya que se encuentra en la cabecera del desierto de Atacama y las lluvias son escasas teniendo como consecuencia una escasa dotación del recurso hídrico, aspecto que ha determinado una crucial limitación para el desarrollo del distrito. En el distrito de Pachía cuenta con un total de 1,964 habitantes, los cuales son abastecidos con agua proveniente del río Caplina que es tratada de la Planta de Pachía almacenada en un reservorio de 250 m³ con una dotación de 8 lt/hab/día. Este sistema de agua potable tiene una antigüedad de veinte años, donde su material es de PVC en donde las horas de abastecimiento a la población es de 17 horas/día.

Su operación viene siendo deficiente por diferentes factores como son el crecimiento desordenado de la población, mantenimiento de las redes que hace que se acumula el sarro originado por el tiempo de agua de la zona, inoperatividad de las cámaras reductoras de presión y el mismo diseño que solo ha ido creciendo según la necesidad de la zona a través de empalmes improvisados. Estos factores hacen que el sistema de abastecimiento no cumpla con su función de abastecer a la población las 24 horas del día y que también las presiones varíen según la cantidad de agua con la que se abastece.

Por lo cual, el funcionamiento del sistema de agua potable no es el adecuado siendo necesario realizar un nuevo diseño hidráulico que satisfaga las necesidades de la población de Pachía y cumpla con las normas apoyándose con un software que permita visualizar su funcionamiento.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

A medida que crece la población mundial se genera una necesidad creciente de conciliar la competencia entre las demandas comerciales de los recursos hídricos para que las comunidades tengan lo suficiente para satisfacer sus necesidades (ONU, 2020). Es por eso que el agua potable es esencial para la vida sin él no podríamos vivir, considerando que muchos depósitos de agua superficial y subterráneos que sirven para el consumo humano se encuentran contaminados y es esencial cuidarlas a través de un sistema de saneamiento y de salud eficiente (Essap, 2018).

En la tabla N°01 se muestra la población que consume agua proveniente de red pública entre los años 2019 y 2020 el 90,8 % de las personas tiene acceso a agua por la red pública de los cuales el 85,5 % tienen acceso a agua por red pública dentro de la vivienda, el 4,0 % tiene acceso fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación y el 1,3 % tiene acceso por pilón de uso público (INE, 2020).

Tabla 1

Porcentaje de población peruana que consume agua proveniente de red pública.

Año móvil	Total (%)	Dentro de la vivienda (%)	Fuera de la vivienda (%)	Pilón de uso público (%)
Indicadores anuales				
Abr 18 – Mar 19	90,9	85,5	4,1	1,2
May 18 – Abr 19	90,8	85,5	4,2	1,1
Jun 18 – May 19	90,9	85,5	4,1	1,2
Jul 18 – Jun 19	90,8	85,5	4,1	1,2
Agos 18 – Jul 19	90,7	85,5	4,1	1,1
Set 18 – Agos 19	90,7	85,5	4,0	1,1
Oct 18 – Set 19	90,7	85,5	4,1	1,1
Nov 18 – Oct 19	90,7	85,5	4,1	1,1
Dic 18 – Nov 19	90,8	85,5	4,1	1,2
Ene 19 – Dic 19	90,8	85,5	4,1	1,2
Feb 19 – Ene 18	90,8	85,5	4,2	1,2
Mar 19 – Feb 20	91,0	85,7	4,1	1,2
Abr 19 – Mar 20	91,2	85,8	4,1	1,2
May 19 – Abr 20	90,8	85,5	4,0	1,2

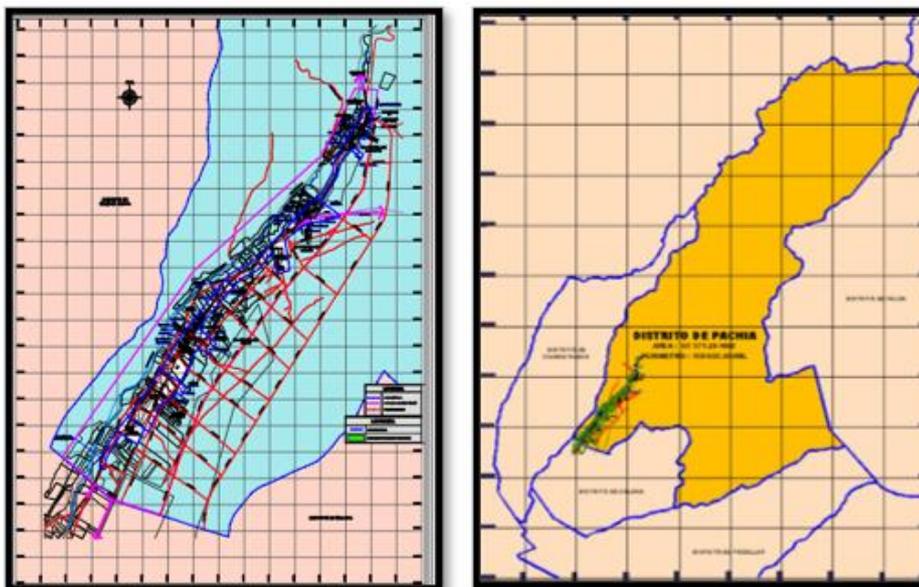
Nota: Tabla reproducida de boletín Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico, 2020.

En Tacna, el sistema de agua potable es jurisdicción de la EPS Tacna S.A., teniendo como ámbito de trabajo ciudad de Tacna, Pachía y Locumba. La zona de estudio es el distrito de Pachía, en donde el agua proviene del río Caplina a una Planta de Tratamiento que produce 8 litro/segundo abasteciendo, el cual abastece a 1,964 habitantes, es el mismo que cuenta con 527 conexiones domiciliarias que cobertura el 80,6% de la población, sin embargo 102 conexiones se encuentra inactiva.

El Distrito de Pachía tiene una superficie de 603.68 kilómetros cuadrados, con una altitud de 1,090 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas S 17° 53'49" y O 70°09'17". El sistema integral de agua potable está compuesto por una zona de captación superficial, una planta de tratamiento de agua potable, un reservorio con un volumen total de 250 metros cúbicos, 2,712 metros de redes primarias y 5,961 metros de redes secundarias.

Figura 1

Ubicación del Distrito de Pachía



Nota. Reproducida de Plan de Desarrollo Urbano del Distrito de Pachía, Municipalidad Distrital de Pachía, 2017 (www.munipachia.gob.pe). CC BY 2.0

El sistema de distribución de la red primaria está conformado por 2 712 m de tubería, en donde 88 m corresponde a diámetros de 100mm y 2624 m corresponde a diámetros de 150 milímetros. El sistema de distribución de la red secundaria está conformado por 5 960 metros de tuberías, el cual corresponde 1,265 metros a tubería de diámetro de 75 milímetros y 695 metros a tubería de diámetro de 150 milímetros. El 100% son tuberías de policloruro de vinilo (PVC).

Según el Plan Maestro Optimizado de la EPS Tacna S.A. (2018 – 2023) y en el Estudio Tarifario de la EPS Tacna S.A. (2019 – 2024), se puede observar que el Distrito de Pachía, operacionalmente está dividida en tres sectores de presiones considerando entre alta, media y baja siendo el punto de medición de esta en la Av. Arias Aragüés y Huaycuyo. Según la tabla N°2 se observa que el promedio de la continuidad de servicio es de 14,7.

Tabla 2

Ubicación de los Puntos de Medición de Pachía

Sector	Sub Sector	Zona	Dirección	Hora de Apertura del Reservorio	Hora de Cierre	Horas de Servicio	Continuidad por Zona de Subsector	Conex. Activas de Agua	Contin. Por Subsector	Conex. Activas de agua
I	Subsector 1	Z Alta	Av. Arias Aragüés	03:00am	06:00am	12	17	279	17	279
		Z Media	Av. Arias Aragüés	03:00am	06:00am	15				
		Z Baja	Huaycuyo	03:00am	06:00am	24				

Nota. Tabla reproducida del Plan Maestro Optimizado de la EPS Tacna S.A. 2018-2023

Tabla 3

Presión Anual por Localidad

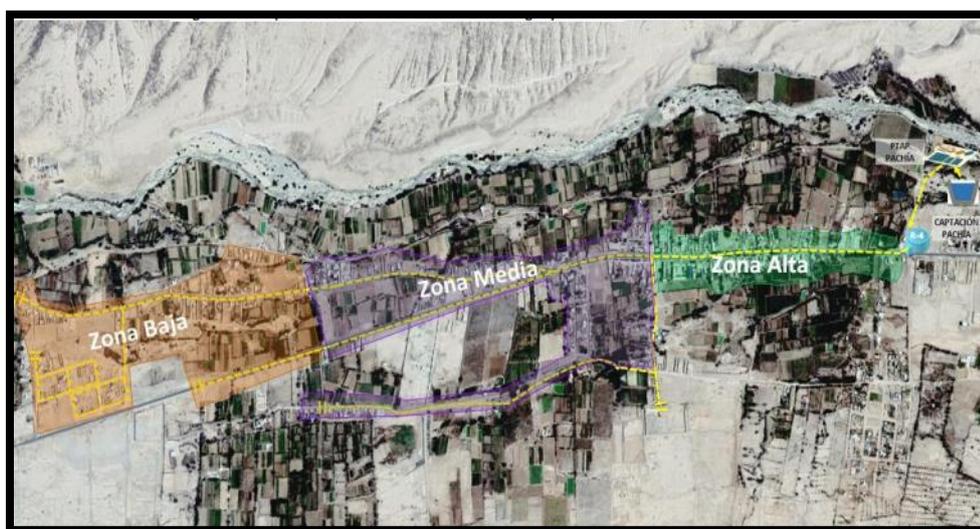
Periodo	Continuidad	Presión
2012	17	20
2013	18	28
2014	18	34
2015	17	24
2017	18	29
2018	18	30

Nota. Tabla reproducida del Plan Maestro Optimizado de la EPS Tacna S.A. 2018-2023.

En la figura N° 2, se puede observar las zonas de presión del distrito de Pachía las cuales son la zona alta, media y baja.

Figura 2

Esquema del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Sectores.



Nota. Reproducida del Estudio Tarifario 2019 – 2024, Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento de Tacna S. A., 2018 (www.sunass.gob.pe). CC BY 2.0

Para diseñar en forma óptima un sistema de redes de distribución de agua potable posee aspectos relevantes de comportamiento hidráulico como zona las presiones, velocidades, calidad del agua y distribución de la demanda, cada factor tiene importancia en cada etapa como la planeación, diseño y operación. En el caso de Pachía las tuberías tiene una antigüedad de 20 años aproximadamente, estas tuberías han sufrido cambios físico-químicos aumentando su rugosidad, reduciendo su diámetro causado por depósitos de sedimentos.

El hecho que Pachía cuente con tres zonas de presiones deja se observa diferentes horas de abastecimiento. En visitas a campo se pudo observar que la zona alta solo tiene 5 horas de abastecimiento entre las 6 y 11 de la mañana, la zona intermedia tiene nueve horas entre las 6 y 15 horas, en cambio la zona baja del sistema tiene 24 horas de servicio hace que no funcione correctamente, siendo necesario mejorar las deficiencias del sistema. Además, en épocas del verano es abastecido con bolsas de agua que son colocadas especialmente en la zona alta.

El compromiso de atender las demandas de la sociedad deberá garantizar un servicio mínimo en términos de presión y calidad en todo momento, bajo parámetros y condiciones reales de operación; lo que implica estudiar los probables escenarios que puedan acontecer.

Además, debido a la antigüedad de las tuberías, su desgaste, la falta de mantenimiento y no considerar el mejoramiento de la sectorización (Policloruro de vinilo – PVC) hace que éstas no tengan la misma efectividad limitando el funcionamiento de la red de la parte alta del distrito. Por lo cual, lo más importante radica en asegurar a la población el suministro eficiente y servicio continuo de agua en cantidad y presión adecuadas atendiendo a la condición más desfavorable durante todo el período de diseño

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿En qué medida se diseñará una red de distribución que permita mejorar la continuidad de servicio de agua potable en el Distrito de Pachía, provincia y región de Tacna?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo se podrá diseñar una red de distribución para que cumpla con las especificaciones técnicas de presión y velocidad establecidas por el Reglamento Nacional de Edificación?
- b. ¿Con un diseño adecuado de las redes de distribución se podrá conocer el caudal adecuado para asegurar el abastecimiento de agua potable a la población de Pachía?
- c. ¿Al identificar los factores de consumo de la población ayudará a realizar un mejor diseño de las redes de distribución?

1.3. Justificación e Importancia del Problema

El mejoramiento de la red distribución de agua en el Distrito de Pachía, existirá un equilibrio entre las tres sub presiones de abastecimiento, ya que se tendrá horas de servicio iguales para todos.

Es factible decir que, al proponer nuevos materiales para la renovación o instalación de nuevas redes de distribución, estas servirán para evitar roturas y servirá como precedente para las futuras instalaciones en los diversos sectores del distrito.

Es por ello que se está proponiendo la renovación de esta red de agua, utilizando tuberías de polietileno ya que son flexibles, resistentes a productos químicos y a la acumulación de depósitos calcáreos, libres de corrosión y porosidades. Al mejorar el sistema de agua potable, el desarrollo del distrito crecerá en la economía, en la salud, en la educación y turismo, por tanto, la población futura podrá satisfacer la demanda actual y futura con sus necesidades, asegurando las condiciones sanitarias, minimizando costos que conlleven un abastecimiento adecuado.

El presente trabajo consiste en modernizar el sistema de agua potable del distrito de Pachía para mejorar la calidad de vida de las personas y mejorar las deficiencias que hay en la prestación del servicio en forma de la continuidad y mejorar las presiones adecuadas durante todos los días. Al plantear las alternativas de solución se debe tener en cuenta que el servicio debe ser de calidad y el servicio planteado será por gravedad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una red de distribución que permita mejorar el abastecimiento de agua potable en el Distrito de Pachía, provincia y región de Tacna.

1.4.2. Objetivo Específico

- a. Diseñar una red de distribución que cumpla con las especificaciones técnicas de la presión y velocidad establecidas por norma.
- b. Conocer el caudal adecuado para asegurar el abastecimiento de agua potable a la población de Pachía.

- c. Identificar los factores de consumo de la población para realizar un mejor diseño de las redes distribución.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El nuevo diseño de la red de distribución permitirá mejorar el abastecimiento de agua potable en el Distrito de Pachía, provincia y región de Tacna.

1.5.2. Hipótesis Específica

- a. El diseño de la red de distribución permitirá que cumpla las especificaciones técnicas de la presión y velocidad establecidas en la norma.
- b. El caudal adecuado abastecerá la red de distribución de agua potable a la población de Pachía.
- c. Con los factores de consumo de la población se mejorarán las redes de distribución de agua potable.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Estudio

Cotrado y Gutiérrez (2019), en su tesis que lleva por nombre: “Evaluación de la red existente de agua potable del subsector de distribución 24 en el distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia y región Tacna”, realiza precisamente eso, una evaluación para verificar la efectividad de la red de distribución. Mediante el modelado de las redes principales, cotejó caudales, presiones y velocidades presentes en la red de distribución, debido a que, por el paso del tiempo, la red de distribución no tendría la misma efectividad que en el día de su inauguración y posterior puesta en funcionamiento.

Peña (2018), en su tesis que lleva por nombre: “Diseño de la red de abastecimiento de agua potable para satisfacer la demanda del club playa Puerto Fiel, distrito Cerro Azul – Cañete”, tiene la problemática de que el sector materia de diseño, no cuenta con una red de abastecimiento de agua potable que permita satisfacer las necesidades de la población, cuya única fuente de agua eran los tanques cisterna dentro de sus propiedades, las cuales eran de concreto y otros de pvc, lo cual no garantizaba un agua de calidad para consumo humano. De esta manera es que se propuso la captación de agua de mar, tratar el agua de mar por medio de ósmosis inversa y posterior impulsión hasta un reservorio en un punto estratégico topográficamente del club de playa para culminar en la distribución a la población beneficiaria.

Condori y Asqui (2018), en su tesis que lleva por nombre: “Evaluación de la dotación de agua para el proyecto: Mejoramiento de servicios de agua y saneamiento en la comunidad de Kunurana del Distrito de Santa Rosa – Melgar – Puno”, se realizó la evaluación para determinar la dotación real para uso doméstico, así como el coeficiente de variación diaria. Gracias a este estudio se pueden determinar valores más reales en cuanto a la dotación por persona se requiere para satisfacer sus necesidades primordiales. Por ello se realizó este estudio con una población muestra de 59 viviendas, siendo analizadas y registrados sus consumos por un periodo de 04 años. De esa forma se determinó la dotación para uso doméstico de 35.80 litros/habitantes/día.

Sosa (2017), en su tesis que lleva por nombre “Mejoramiento del Sistema de Agua Potable del Caserío San José de Matalacas, Distrito de Pacaipampa, Provincia de Ayabaca, Región Piura”, propone una alternativa de solución para mejorar el servicio de agua potable en el caserío mencionado, teniendo como un efecto directo, el influir

positivamente en la calidad de vida de la población afectada así como la disminución de enfermedades contagiosas propias del consumo de agua potable no apta para el consumo humano. El diseño propuesto abarca una captación tipo quebrada, conducción de agua por 1km aproximadamente, un reservorio donde será tratada el agua, una línea de distribución para las viviendas y múltiples cámaras rompe presión tipo 7 ubicadas estratégicamente por la topografía que presenta el caserío. Todos estos trabajos se realizaron debido a que el sistema que utilizaron hasta la fecha de elaboración de la tesis, ya presentaba deterioro por falta de mantenimiento y antigüedad del mismo.

Jara (2018), en su tesis que lleva por nombre “Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando captaciones subsuperficiales – galerías filtrantes del distrito de Pomahuaca – Jaén – Cajamarca, 2015” detalla la necesidad de captar agua de galerías filtrantes para posteriormente potabilizarla, de este modo garantiza agua de calidad para la población beneficiaria. El diseño propuesto obedece al Reglamento Nacional de Edificaciones en su sección de Obras de Saneamiento.

Guerra (2015), en su tesis que lleva por nombre: “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable en la localidad de Lluta, del distrito de Lluta, Provincia de Caylloma y Departamento Arequipa”, tiene como principal objetivo el planteamiento de un sistema de mejoramiento y ampliación del servicio de agua en la zona, la misma que comprende desde la captación de agua de manantial, con una conducción a lo largo de 125m de longitud con tubería de PVC clase 10 con diámetro de 2 pulgadas que llega a un reservorio de 26 metros cúbicos de capacidad. Y se distribuye a través de una línea de conducción con tubería PVC clase 10 de diámetro de 1 1/2 pulgadas con 1807.77 metros.

Doroteo (2014), en su tesis que lleva por nombre: “Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano Los Pollitos – Ica, usando los programas Watercad y sewerCAD”, el asentamiento humano carece de los servicios de agua potable y alcantarillado para las viviendas, debido a esa necesidad es que se elabora la tesis, la misma que propone un diseño para aplacar esa necesidad. Debido a la topografía que presenta el asentamiento humano es que se llega a cumplir con las presiones mínimas, así como en la velocidad del flujo en las tuberías. Otro gran efecto positivo para el asentamiento humano sería la disminución de enfermedades crónicas producto del consumo de agua no apta para consumo humano, así como la carencia de un adecuado sistema de alcantarillado.

Concha y Guillén (2014), en su tesis que lleva por nombre: “Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable, Caso: Urbanización Valle Esmeralda, Distrito Pueblo Nuevo, Provincia y Departamento de Ica”, tiene como principal objetivo diseñar una nueva red que satisfaga la necesidad de abastecimiento de agua para la población futura de la urbanización, debido a que el sistema que se tiene es antiguo y por ello no alcanzaría a abastecer a la nueva población que va creciendo con el paso de los años. Al mejorar el sistema de abastecimiento, se procederá a captar más agua subterránea, la misma que asegurará un servicio continuo de agua potable a la urbanización en expansión, las 24 horas del día.

Meza de la Cruz (2010), en su tesis que lleva por nombre “Diseño de un sistema de agua potable para la comunidad nativa de Tsoroja, analizando la incidencia de costos siendo una comunidad de difícil acceso”, se plantea el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad, la misma que tendrá un incremento de costo debido a que no cuenta con un acceso terrestre ni fluvial. El agua captada provendrá de un manantial, la misma que cuenta con las características físicas suficientes para este abastecer a la población objetivo.

Adicionalmente se vio conveniente la elaboración de una letrina de hoyo seco para cada vivienda de la población beneficiaria.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Normas de Diseño

En el diseño de red de distribución de la presente tesis se ha realizado siguiendo los pasos señalados en el Reglamento Nacional de Edificaciones, tal como indican en las normas: OS.010 Captación y conducción de agua para consumo, OS.030 Almacenamiento de agua para consumo humano y la OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano.

2.2.2 Concepto De Abastecimiento De Agua Potable

Según el blog virtual de OXFAM de marzo del 2020, sobre la importancia del abastecimiento de agua, supone el abastecimiento de agua potable como la captación del agua y su conducción hasta el punto en el que se consume en condiciones aptas.

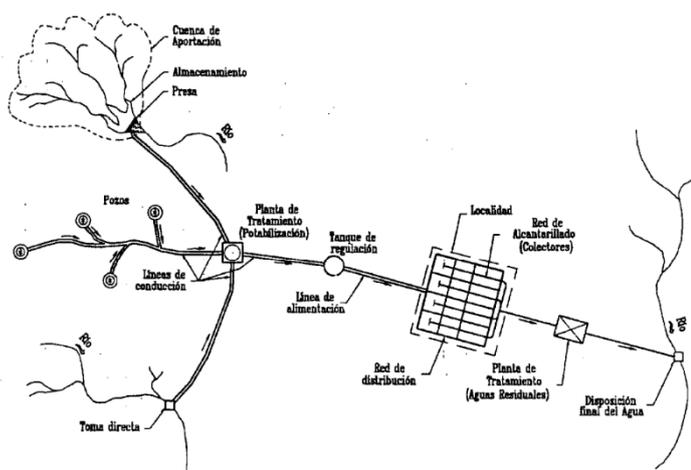
Para que el agua sea apta para el consumo no solo tiene que cumplir requisitos de tipo sanitario, sino también requisitos relativos a la calidad. Dicho abastecimiento utiliza diversas fuentes de agua para plantas de tratamiento, reservorios, cámaras de bombeo y red de distribución de agua para el consumo doméstico.

“Todo esto determina la infraestructura de abastecimiento de agua, cuyos componentes son las fuentes de agua, las cuales pueden ser; ríos, lagos, lagunas, embalses, galerías, manantiales; y las instalaciones que son las plantas de tratamiento, las cámaras de rebombeo, pozos, reservorios, piletas y finalmente sectores de abastecimiento” (SUNASS, 2004, pág. 29).

En la figura 3 podremos observar la configuración típica que tiene un sistema de abastecimiento de agua en las localidades urbanas para un sector de la población.

Figura 3

Configuración Típica de un Sistema de Abastecimiento de Agua.



Nota. Reproducida del curso Estudios de Diferentes Sistemas de Abasto de Edificios, MADRID POCEROS, 2014 (www.madridpoceros.es). CC BY 2.0

Captación superficial

La captación de aguas superficiales como ríos, lagos y embalses se realizan mediante una estructura a nivel del terreno con la cual se hace el uso y aprovechamiento del agua de la fuente escogida, ya sea por gravedad (topografía del terreno) o por bombeo (uso de equipos de bombeo) para garantizar el suministro del recurso a una población. Las dimensiones de la infraestructura de captación van a depender de la cantidad o caudal de agua que necesite la comunidad. No se debe de omitir que la

mayoría de las aguas superficiales pueden presentar cierto grado de contaminación, por lo que antes de utilizarlas, se deben de hacer un análisis físico, químico y bacteriológico. De esta forma se realizan una serie de tratamientos para hacerla apta para el consumo humano.

✓ **Selección de fuentes de abastecimiento**

La elección de la fuente de abastecimiento de agua debe de cumplir requisitos mínimos de calidad, cantidad, localización, caudal, materiales de arrastre, etc. Para lo cual se deberá de realizar estudios que aseguren los requisitos.

En nuestro caso se mantiene la fuente de abastecimiento de la planta de Pachía.

✓ **Cantidad de agua**

En el Perú la mayoría de los sistemas de abastecimiento de agua potable para el consumo de la población rural, es la fuente de los manantiales.

El caudal mínimo debe de ser mayor que el consumo máximo diario (Qmd) de esta manera se cubre la demanda de agua de la población futura. Cuando no se cuenta con una base de datos histórica, se estila realizar investigación mediante consulta a los pobladores de mayor edad de la localidad cercana a la fuente de agua sobre las variaciones del caudal que puedan existir en el manantial, ya que ellos como lugareños, conocen con mayor certeza si la fuente de agua llega al extremo de secarse.

• **Método Volumétrico**

Utilizado para calcular caudales hasta máximo de 10 litro/segundo. Se utiliza un recipiente graduado.

Mediante la fórmula:

$$Q = V/t \quad (1)$$

Donde:

Q = Caudal en litros/segundo

V = Volumen de recipiente en litros.

t = Tiempo promedio en segundos.

Se recomienda 5 mediciones como mínimo

• **Método de Velocidad - Área**

Utilizado para caudales mayores a 10 litros/segundo

Se mide la velocidad del agua que discurre de la fuente de agua, tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme.

✓ **Calidad de agua**

La calidad del agua es el término utilizado para describir la suma de sus características tanto físicas, químicas y del estado de los microorganismos que puedan habitar en él. El agua es considerada potable cuando esta es insípida, incolora, inodora y libre de contaminantes. Los requerimientos básicos para que el agua sea potable, son:

- No contener sales
- No deberá contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo o crónico sobre la salud humana.
- Cuando el agua está libre de organismos patógenos que causan enfermedades
- pH entre los valores de 6.5 y 9.5
- No deben de causar corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento.
- Ser clara (por ejemplo: baja turbidez, poco color, etc.).
- No contener compuestos que causen sabor y olor desagradables.

2.2.3 Período De Diseño

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019):

Es el tiempo en el cual la capacidad de un componente del sistema de agua potable o saneamiento cubre la demanda proyectada, minimizando el valor actual de costos de inversión, operación y mantenimiento, durante el horizonte de evaluación de un proyecto.

(MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, Norma Técnica “Guía de Diseños Estandarizados para Infraestructura Sanitaria Menor en Proyectos de Saneamiento en el Ámbito Urbano - Etapa 1 y sus Anexos”, 2019, pág. 4)

El período de diseño, tiene factores que influyen la determinación del mismo, entre los cuales podemos citar:

- Vida útil de la infraestructura y de los equipos
- Grado de dificultad para realizar la ampliación de la infraestructura
- Crecimiento poblacional
- Economía de escala

A continuación, tenemos la Tabla 4, donde se indican algunos rangos de valores asignados para los diversos componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable, según el Programa Nacional de Saneamiento Urbano.

Tabla 4*Periodo de Diseño en Años*

Componente	Tiempo (Años)
Fuente de abastecimiento	20
Obra de captación	20
Pozos	20
Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAT)	20
Reservorios	20
Líneas de conducción, impulsión y distribución	20
Estación de bombeo de agua	20
Equipos de bombeo	10
Estación de Bombeo de Aguas Residuales	20
Colectores, emisores e interceptores	20
Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	20

Nota. Tabla reproducida de Programa Nacional de Saneamiento Urbano (PNSU) 2019.

Los factores que afectan el periodo de diseño son:

- Calidad de los materiales
- Ampliaciones posteriores
- Crecimiento poblacional
- Capacidad económica para la ejecución de obras

Tomando en cuenta los criterios planteados, para el presente proyecto de diseño de red se asumirá un periodo de diseño de 20 años.

2.2.4 Determinación del Periodo de Vida Útil

Tomando en consideración los factores anteriormente descritos, se realizará un análisis de la vida útil de las instalaciones que se tiene previsto implementar en este tipo de proyectos de abastecimiento, y además observando la realidad de las zonas a estudiar, se debe determinar un periodo de diseño. Para este tipo de proyectos es habitual elegir como período de vida útil entre 10 y 20 años, según tabla 4.

2.2.5 Estudios de Población

En relación a las obras de agua potable, no se diseñan para satisfacer una necesidad del tiempo actual, sino que se proyecta el crecimiento de la población en un periodo de tiempo acorde al periodo de vida útil de las estructuras del proyecto; siendo necesario estimar la población futura al final de este periodo, mediante cálculos básicos de estadística. El cálculo de población futura se podrá realizar mediante uno de los métodos de cálculo de crecimiento poblacional más recomendados, según el tipo de la población beneficiaria.

a. Método Analítico:

Este método se utiliza para el cálculo de la población futura, teniendo la premisa de que estas van variando en el tiempo. Consiste en determinar una ecuación analítica que demuestre la curva de crecimiento de la población. Antes deberemos tener en cuenta que la población presenta tres etapas en su crecimiento, representadas en la curva de crecimiento.

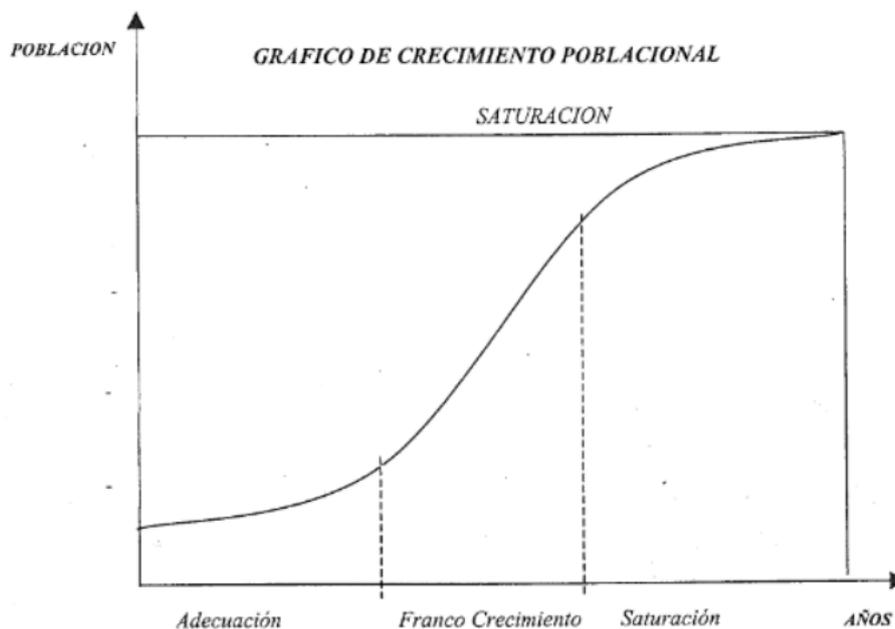
Dentro de los métodos analíticos tenemos:

Método aritmético.

- Método geométrico.
- Método de interés simple
- Método de la parábola
- Método de la curva normal logística.
- Método de los incrementos de variable
- Método de los mínimos cuadrados
- Método exponencial.

Figura 4

Gráfico de Crecimiento Poblacional Representada en una Curva



Nota. Reproducido de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado primera edición, Ing. Próspero Moya Sácciga, 2002 (www.libreriaingeniero.com). CC BY 2.0

Método Aritmético

$$Pf = Pa\left(1 + \frac{rt}{100}\right) \quad (2)$$

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Razón de crecimiento, constante

t = Tiempo a calcular en años

Método Geométrico.

$$Pf = Pa\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t \quad (3)$$

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Razón de crecimiento, constante

t = Tiempo a calcular en años

Método Exponencial.

$$Pf = Pa(e)^{\frac{r*t}{100}} \quad (4)$$

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Razón de crecimiento, constante

t = Tiempo a calcular en años

Método de interés simple

$$Pf = Pa[1 - r(t - to)] \quad (5)$$

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Razón de crecimiento, constante

t = Tiempo a calcular en años

to = Tiempo inicial

Método de evaluación de segundo grado

$$y = Ax^2 + Bx + C \quad (6)$$

Donde:

y = Población a calcular

A, B, C = Constantes

x = Intervalos de tiempo

Método Curva Logística

$$Pf = \frac{L}{1+m*e^{a*t}} \quad (7)$$

Donde:

Pf = Población a calcular

L = Valor de saturación de la población

m = Coeficiente

a = Coeficiente

t = Tiempo a calcular en años

Los métodos de crecimiento de población deben ser aplicados en función al tamaño de la población actual, de acuerdo especificado en la tabla N° 05.

Tabla 5

Aplicación de los Métodos de Cálculo para la Estimación de Población Futura.

Método	Población (habitantes)			
	Hasta 5000	De 5001 a 20000	De 20001 a 100000	Mayores a 100000
Aritmético	X	X		
Geométrico	X	X	X	X
Exponencial	X	X	X	X
Curva				X

Nota. Tabla reproducida de Norma Boliviana NB689 2007.

b. Métodos comparativos:

Este método será posible siempre y cuando los pueblos a compararse tienen similitudes físicas, así como geográficas, topográficas, climatológicas, etc. Del mismo modo, deberán de tener semejanzas en cuanto a condiciones sociales, económicas, etc.

Por lo general este método es empleado para poblaciones pequeñas, luego son comparadas con otra población de mayor magnitud poblacional. Se requiere tener la curva real de crecimiento de la población mayor, de este modo se podrá predecir el futuro que tendrá la población pequeña. En el gráfico de la curva real se ubicará un punto coincidente con la población actual del pueblo pequeño, luego se dibujará y/o copiará la curva desde ese punto, manteniendo ejes paralelos. De este modo obtendremos la curva de crecimiento de la población pequeña.

2.2.6 Dotación

Es llamado de esa forma al volumen de agua potable consumida diariamente, en promedio, por un habitante en una población de muestra. Se expresa en litros/hab/día. Comprende esto, los tipos de consumos registrados en promedio a lo largo del año, y decimos en promedio, debido a que el consumo aumenta o disminuye dependiendo de la estación del año y del horario. Estas incluyen las pérdidas que se presentan en las redes de distribución.

El R.N.E, en el capítulo 1.4 de la Norma OS.100 establece:

“La Dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadística comprobadas. Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de...”

(MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006, pág. 1)

Del reglamento se puede comprender lo siguiente:

Zonas Urbanas

- Lotes mayores a 90 metros cuadrados

Climas fríos:	180 litro/habitante/día.
Climas templados y cálidos:	220 litro/habitante/día.
- Lotes de menos de 90 metros cuadrados

Climas fríos:	120 litro/habitante/día.
Climas templados y cálidos:	150 litro/habitante/día.
Piletas o camiones cisterna:	30 - 50 litro/habitante/día

Al proyecto en estudio le corresponde una Dotación de 180 litro/habitante/día por tener un clima FRIO.

2.2.7 Variaciones de Consumo

El consumo de agua de las localidades siempre mostrará variaciones dependiendo de la estación, entre meses, ente días de la semana y durante las horas del día. Esto debido a las actividades que desarrolle la localidad, los hábitos que tengan, condiciones de la ciudad, clima local, costumbres de la población, etc. Estas variaciones pueden expresarse en función (%) del Consumo Medio (Qm).

a) Variaciones diarias

Estas variaciones que sufre el consumo durante todos los días del año es de gran importancia, puesto que las estaciones anuales tienen un gran impacto en este. Por ejemplo, el consumo de la población en verano será mucho mayor que el consumo de

agua en invierno. Para ello es necesario considerar el COEFICIENTE DE MAXIMA VARIACION DIARIA, representado por k_1 y cuyo valor recomendado por el RNE es de: $K_1 = 1.30$ (coeficiente máximo anual de demanda diaria).

(Localidades urbanas como rurales)

b) Variaciones horarias

Existe una variación en el consumo durante las 24 horas del día, depende bastante del modo de vida y del tamaño que pueda tener la población. Es decir, en poblaciones pequeñas, donde tienen costumbres similares (actividades realizadas a la misma hora), el consumo máximo horario es grande, mientras que en las ciudades grandes, la costumbre de su población es diferente (puesto que hay personas que trabajan de noche y duermen de día) entonces el consumo máximo horario tiende a ser menor.

Estas variaciones conllevan a un COEFICIENTE DE MAXIMA DEMANDA HORARIA, representada por k_2 , corresponde a la hora de mayor demanda del día y que el RNE recomienda valores comprendidos entre 1.80 y 2.50.

Tabla 6

Valores de K_2 Según Población

Población	K2
Localidades Urbanas	
2,000 A 10,000 HAB	2.50
Mayores a 10,000 hab	1.80
Localidades Rurales	1.50

Nota. Tabla Reproducida de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado 1990.

2.2.8 Consumos

Conocida la población y dotación, fijamos los coeficientes de variación diaria y horaria guiándonos por el R.N.E de esta manera hallaremos los caudales de diseño requeridos para nuestra red.

a) Caudal promedio diario

Es definido como el promedio de los consumos diarios en el periodo de un año. Se expresa como la relación del volumen total consumido por la población en un día (consumo neto).

$$Q_m = \frac{\text{Población}(P_f) \times \text{Dotación}(d)}{86400 \text{ s/día}} \quad (8)$$

Donde:

Q_m = Consumo promedio diario (litros/segundos)

P_f = Población futura (habitantes)

D = Dotación: En litros/habitante/día.

a) Caudal máximo diario

Denominándose así al día de máximo gasto de agua que se genera durante un año de registros diarios. Para determinar el valor de K_1 , el R.N.E. recomienda tomar un valor entre el siguiente rango: $1.2 < K_1 < 1.5$. Tomamos: $K_1 = 1.3$. Representado por la siguiente expresión:

$$Q_{md} = K_1 * Q_p \quad (9)$$

b) Caudal máximo horario

Se determina como la hora del día donde se genera el mayor gasto de agua mediante observaciones realizadas. Para determinar el valor de K_2 , el R.N.E. recomienda tomar un valor comprendido entre el siguiente rango 2.5 y 1.8. Representado por la siguiente expresión:

$$Q_{mh} = K_2 * Q_p \quad (10)$$

2.2.8 Componentes del Sistema de Abastecimiento

a. Línea de Impulsión

Se le llama así al sistema por bombeo que conduce los caudales desde la obra de captación, desde un punto más bajo, hasta un reservorio, ubicado en una cota más alta.

Dicha línea de impulsión cuenta con tuberías, accesorios, válvulas, estructuras y obras de arte por donde se conducen los caudales.

b. Reservorio

Son mayormente estructuras de concreto armado (concreto y acero) debido a que posee ventajas sobre los otros materiales, tales como la impermeabilidad, ya que puede obtener la forma deseada mediante el encofrado, la misma que le permite alcanzar la resistencia diseñada. Resiste esfuerzos como los de compresión, tensión, flexión y fuerzas cortantes, gracias a su rigidez éstas pueden absorber deformaciones diferenciales. Tienen la función principal de almacenar agua sobrante cuando el caudal de consumo sea menor que el caudal de abastecimiento y aportar la diferencia cuando el consumo sea mayor que el de abastecimiento.

El tamaño y la forma serán diseñados dependiendo de la topografía del lugar, el tipo de terreno que se tenga, volumen de almacenamiento, presiones necesarias y materiales de construcción a emplearse, procurando no representar estructuras de elevado costo.

Otras funciones especiales del reservorio serían:

- Dotar agua durante emergencias, así cuando se produzcan averías en las tuberías de la red de distribución, en las válvulas, así como la extinción de incendios.
- Regular las presiones de servicio en las redes de distribución.

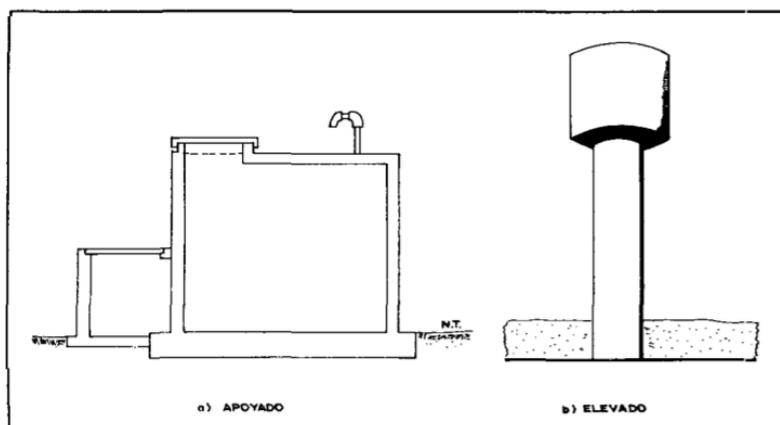
Tipos de Reservorio

Los tipos de reservorio son:

“Elevados; generalmente con forma cilíndrica, esférica y de paralelepípedo, contruidos sobre torres, columnas, pilotes, etc. Apoyados; tienen forma rectangular y circular, son contruidos directamente sobre la superficie del suelo. Enterrados; de forma rectangular, son contruidos por debajo de la superficie del suelo (cisternas)”

(Roger Agüero Pittman, AGUA POTABLE PARA POBLACIONES RURALES 1997, pág. 78)

En la figura 5 podemos observar los tipos de reservorios que se utilizan mayormente en proyectos de abastecimiento de agua potable.

Figura 5*Tipos de Reservorio*

Nota. Reproducida de Agua Potable para Poblaciones Rurales, Roger Agüero Pittman, 1997 (www.ircwash.org) BY CC 2.0

c. Línea de Distribución

Es aquella en la que se transporta el caudal de agua, inicia en la salida de la planta de tratamiento y termina en la conexión del servicio, es decir, el punto en el que el usuario puede disponer de la misma, ya sea en una toma de agua comunitaria o conexiones domiciliarias independientes.

Una de las ventajas de este tipo de red es que entre más pequeñas son las redes de distribución, hay menor riesgo de que el agua se contamine o que haya deficiencia en el proceso de mantenimiento y operación. Del lado contrario, una desventaja sería que en poblaciones donde las casas están distanciadas unas de otras, toda la red en conjunto con su infraestructura no resultaría factible económicamente.

La red de distribución se debe diseñar considerando las velocidades y presiones de agua en las tuberías.

- De acuerdo a lo observado en la práctica, se recomienda valores de velocidad mínima de 0.6 metro/segundo y máxima de 3 metro/segundo. Esto debido a que, si se tiene velocidades menores que las recomendadas, presentarían fenómenos de sedimentación; además de velocidades demasiado altas, ya que con esto se produciría el deterioro de los accesorios y tuberías, además de una pérdida de carga.

- Las Normas del Ministerio de Salud, aconsejan que la presión mínima admisible durante el servicio continuo en cualquier parte de la red, no sea en ningún caso menor a 10 mca. y que la presión estática no exceda de 50 mca.
- En base a estas consideraciones es que se efectúa el diseño hidráulico de la red de distribución, siendo la tubería de PVC la más utilizada en los proyectos de agua potable en zonas rurales. Aunque en la zona norte del país, se viene sustituyendo este material por tuberías HDPE, debido a que tiene un mejor comportamiento mecánico, así como hidráulico. Para cálculo hidráulico, las Normas del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento recomienda el empleo de las ecuaciones de Hazen-Williams.

Tipos de redes

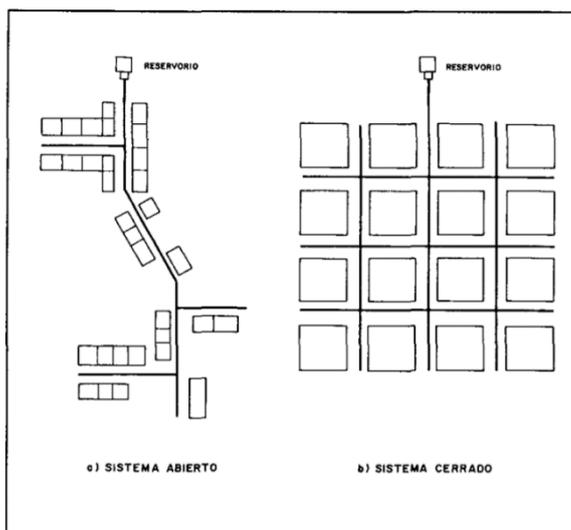
Los tipos de redes dependerán del tipo de circuito que tengan y del tamaño de la población, estas pueden ser de dos tipos:

- Red abierta, consiste en una tubería principal o matriz, desde la que se derivan arterias secundarias, de las que, a su vez, parten en otras menores, como si fueran los nervios de una hoja.
- Red cerrada, es una red donde sus ramales se van uniendo en forma de mallas o retículos. El agua puede llegar al mismo punto desde varios caminos.

En la figura 6 podremos visualizar con mayor detalle estos tipos de redes existentes. Pueden presentarse en la práctica la combinación de ambos.

Figura 6

Tipos de Redes de Agua



Nota. Reproducida de Agua Potable para Poblaciones Rurales, Roger Agüero Pittman, 1997 (www.ircwash.org) BY CC 2.0

a. **Sistema abierto o ramificado**

Este tipo de red de distribución es caracterizada por contar con una tubería principal de distribución, que es la que tiene el mayor diámetro, y desde la cual se parten entre otros varios ramales que terminan en puntos ciegos, es decir, sin interconexiones con otras tuberías en la misma red.

Este tipo de configuración se utiliza cuando la planimetría y la topografía son irregulares y se dificulta la formación de circuitos cerrados o cuando el poblado es pequeño o las casas están dispersas la una de la otra.

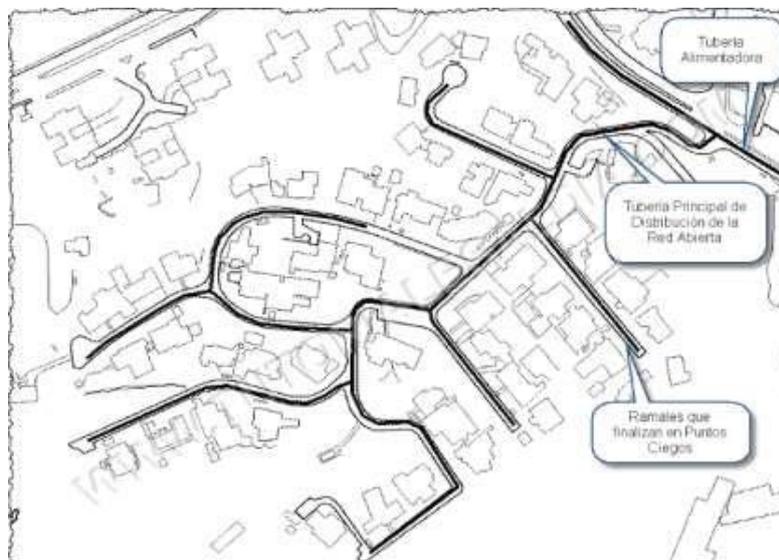
Como ventaja de este sistema sería que el cálculo para su diseño es de forma directa, se limita al cálculo de las pérdidas de carga en cada tubería en función de sus caudales que transitan por ellas mismas, para obtener posteriormente los valores de cota piezométrica y presión en cada nodo del sistema.

Una desventaja de este sistema es que en el caso de que exista alguna avería o se esté realizando alguna reparación, se tendrá que afectar el servicio aguas abajo de la reparación y/o avería.

En la figura 7 se podrá apreciar de mejor manera el sistema abierto para una localidad urbana, elaborada de acuerdo a su planimetría y sus desniveles.

Figura 7

Sistema de Circuito Abierto



Nota. Reproducida de Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua, 2015
www.files.conagua.gob.mx BY CC 2.0

b. Sistema cerrado

En este tipo de red, se realiza la conformación de mallas (circuitos) a través de la interconexión de los ramales.

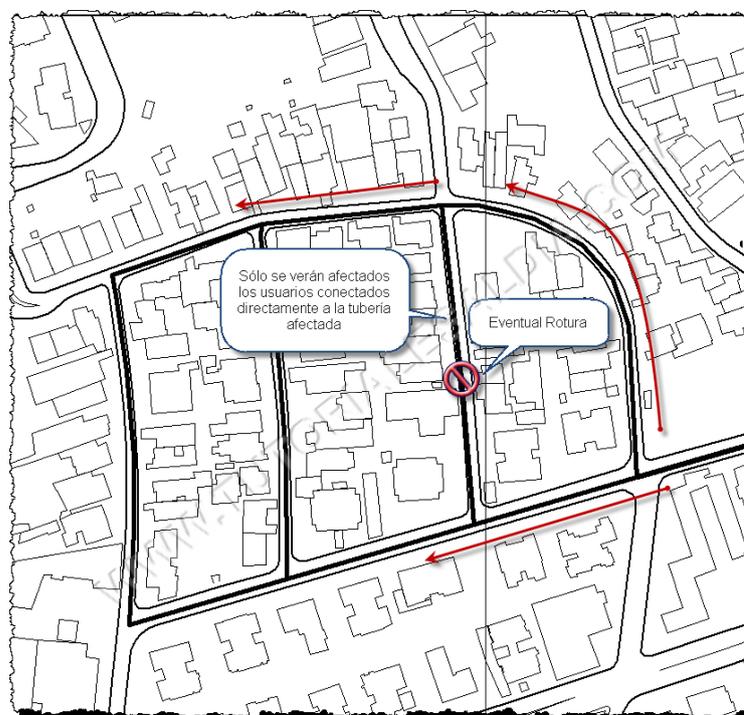
Su principal ventaja es que este tipo de configuraciones desde un punto de vista de eficiencia, es el más conveniente puesto que garantiza el servicio continuo a sus usuarios, debido a que está conectado entre los ramales, y así un punto esté bloqueado por mantenimientos, el agua toma otro camino para llegar al usuario final.

En cuanto al cálculo de este sistema, es imperante realizar un balance de todos los caudales que transitan en las tuberías, debida a la complejidad que presenta la distribución, razón por la cual se recurre a métodos iterativos como por ejemplo el Método Cross, para la resolución. Algo que con el estado actual de las tecnologías y desarrollo de programas informáticos como EPANET o WaterCAD, el proceso se ha simplificado enormemente, algo que no sucedía cuando el cálculo era de forma manual.

En la figura 8 podremos apreciar un sistema cerrado de abastecimiento de agua para una mejor comprensión visual.

Figura 8

Sistema de Circuito Cerrado

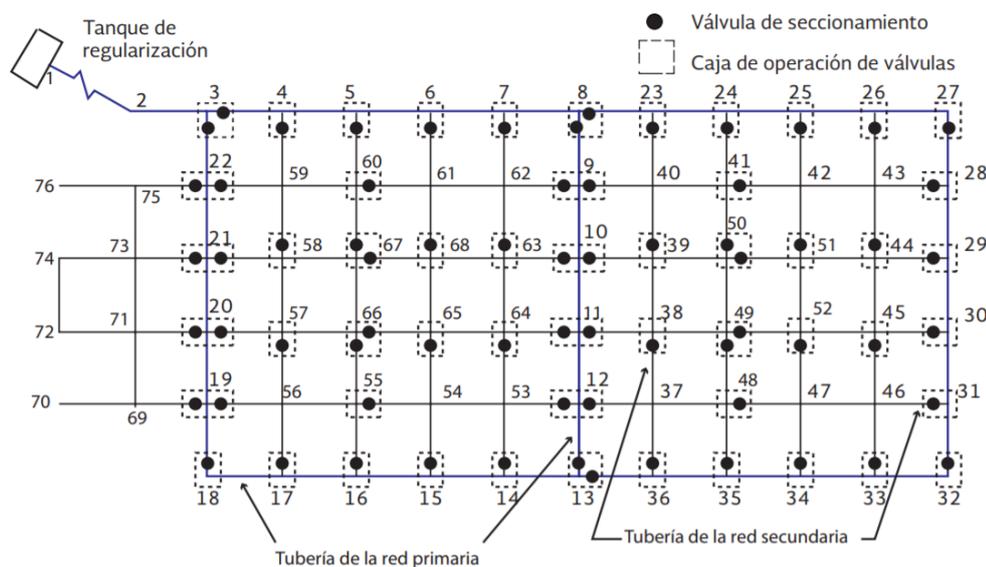


Nota. Reproducida de Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua, 2015 (www.files.conagua.gob.mx) BY CC 2.0

Una red de distribución se divide en 02 partes para determinar su funcionamiento hidráulico: **la red primaria**, la cual rige el funcionamiento de la red es la que está en los contornos y pasa por en medio de todo el sistema, **y la red secundaria** o “de relleno” es la que está en el interior de la red primaria, detallado en la figura 9 a continuación.

Figura 9

Red Primaria y Red Secundaria



Nota. Reproducida de Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua, 2015 (www.files.conagua.gob.mx) BY CC 2.0

2.2.9 Accesorio de los Sistemas de Abastecimiento

Dentro del sistema de abastecimiento de agua potable encontraremos varios accesorios indispensables, debido a la función que cumple cada una de ellas, así como el tipo de material utilizado durante muchos años y los nuevos materiales fabricados que redujeron la contaminación del agua significativamente las cuales ampliaremos a continuación.

a. Tuberías

Una tubería es comprendida como el ensamble de dos o más tubos mediante un sistema de unión que permita la conducción del fluido sin fugas, dicha unión variará dependiendo del material utilizado.

La selección del material de la tubería se verá afectada por características como: resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, capacidad de conducción,

economía, facilidad de conexión/repación, sobre todo, la conservación de la calidad del agua. La resistencia mecánica de las tuberías permite que estas puedan soportar las fuerzas externas, como cargas estáticas (relleno de material en la zanja) así como cargas dinámicas (tráfico vehicular).

Además, permite que soporten las cargas internas de la tubería (presión hidrostática, tanto de operación como los transitorios (golpe de ariete), aunque en las redes de distribución son relativamente insignificantes.

La resistencia a la corrosión está muy ligada a la durabilidad de la tubería, pues es la capacidad de resistencia que presenta frente a los suelos, así como aguas agresivas, las cuales provocan reacciones químicas entre las paredes interiores de la tubería y contorno.

✓ Tubería de plástico

El uso de tubos de plástico en redes de distribución se ha incrementado exponencialmente en el siglo XXI, se fabrican de policloruro de vinilo (PVC) y de polietileno de alta densidad (PEAD).

La norma que regula el uso de tuberías a nivel nacional y está vigente es la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 4422-2 TUBOS Y CONEXIONES DE POLI (CLORURO DE VINILO) NO PLASTIFICADO (PVC-U) PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA. Especificaciones. Parte 2: Tubos (con o sin campanas), la misma que está vigente desde el 2007.

El PVC ofrece una gran resistencia a las presiones nominales, así como se puede apreciar en la siguiente tabla que se extrae de la Norma Técnica Peruana.

Tabla 7

Presión Máxima de Trabajo en Tubería de PVC

Clase	Presión máxima de trabajo	
	MPa	Kg/cm ²
5	0.50	5.0
7.5	0.75	7.5
10	1.00	10
14.2	1.50	15

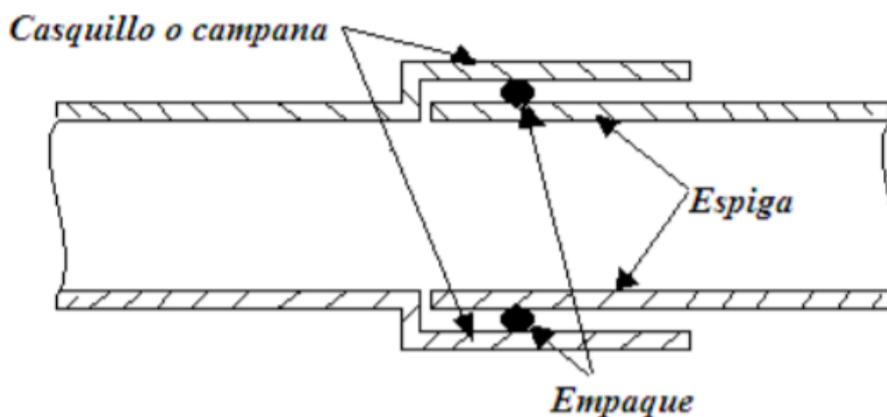
Nota. Reproducida de Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua 2015.

El método de junta más utilizado en esta tubería es el de espiga-campana, la cual se destaca por la facilidad que se tienen en la instalación. Se insertan el extremo liso

del tubo en el extremo de la campana, así como se muestra en la figura 10, y la hermeticidad se consigue gracias a un anillo elastomérico que funciona como empaque, asegurando el sellado y evitando las fugas.

Figura 10

Esquema Genérico de Junta Espiga-Campana



Nota. Reproducida de ESTUDIO DE LA HERMETICIDAD EN JUNTAS TIPO ESPIGA-CAMPANA EN TUBERÍAS PLÁSTICAS, J. Cortés-Pérez y D. Becerril G., 2008 (www.somim.org.mx), BY CC 2.0

En cuanto a las tuberías de polietileno (PE), cuenta con las mismas ventajas que las tuberías de PVC, pero el tipo de unión se hace por termofusión.

Este tipo de unión de tuberías gana cada año mayor acogida debido a que no cuenta con elementos adicionales, además de que cuenta con gran seguridad contra fugas gracias a las uniones permanentes y eficaz de las tuberías. Este proceso sigue 04 pasos; Limpieza y preparación, refrentado de los bordes, calentamiento para la termofusión a tope y enfriamiento de tuberías.

Figura 11*Unión de Tubos de Polietileno por Termofusión*

Nota. Reproducido del artículo Electrofusión vs Termofusión: Pequeños detalles que marcan la diferencia, MTK Tecnologías Aplicadas, 2022 (www.mtk.cl) BY CC 2.0

✓ Tubería de fibrocemento

Las tuberías de fibrocemento (FC) son fabricados con cemento, además de fibras de asbesto y sílice. En estas tuberías, el tipo de unión más usado es el de coples de fibrocemento, también suelen utilizarse piezas especiales de hierro fundido entre otros similares.

Tabla 8*Presión Interna de Trabajo de Tuberías de FC*

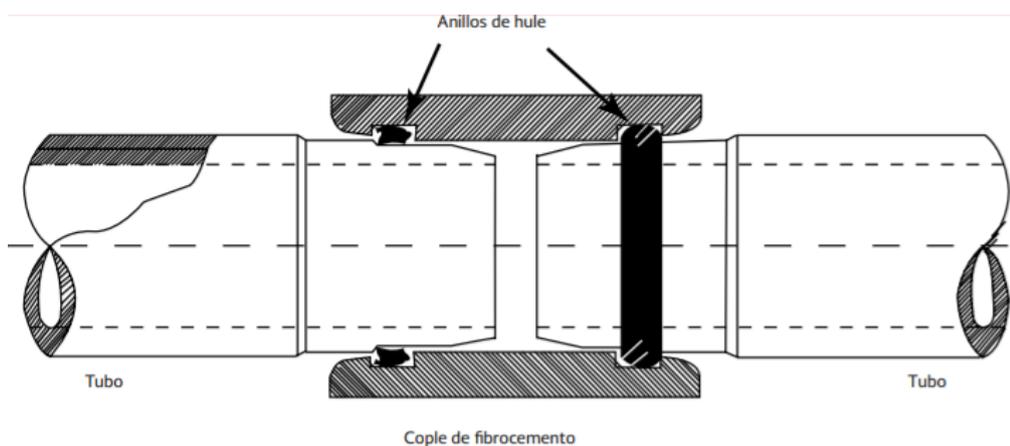
CLASE	PRESION MAXIMA DE TRABAJO	
	MPa	Kg/cm ²
A - 5	0.50	5.0
A - 7	0.70	7.0
A - 10	1.00	10.0
A - 14	1.40	14.0
A - 20	2.00	20.0

Nota. Reproducida de Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua 2015.

Aunque esta tubería no es de difusión masificada en la actualidad, se utilizó durante varios años antes de las tuberías de PVC. En la figura 12 se verá el tipo de juntas que utilizó.

Figura 12

Unión con Coples de Fibrocemento



Nota. Reproducida de Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua, 2015 (www.files.conagua.gob.mx) BY CC 2.0

✓ Tubería de Hierro Fundido

El Hierro Fundido (HF), utilizado en la fabricación de tuberías, piezas especiales y válvulas. La elaboración de este tipo de tubería resultaba ser menor que los de otros materiales, pero con el paso del tiempo ha dejado de utilizarse masivamente. Sin embargo, se continúa su uso en estaciones de bombeo y lugares donde se requiere gran rigidez y resistencia al impacto. Tiene un gran tipo de uniones para estas tuberías, la que más se utiliza es la junta bridada, la cual lleva un anillo de hule en el interior para evitar fugas. En la figura 13 se verá el tipo de unión en un accesorio para este tipo de tubería.

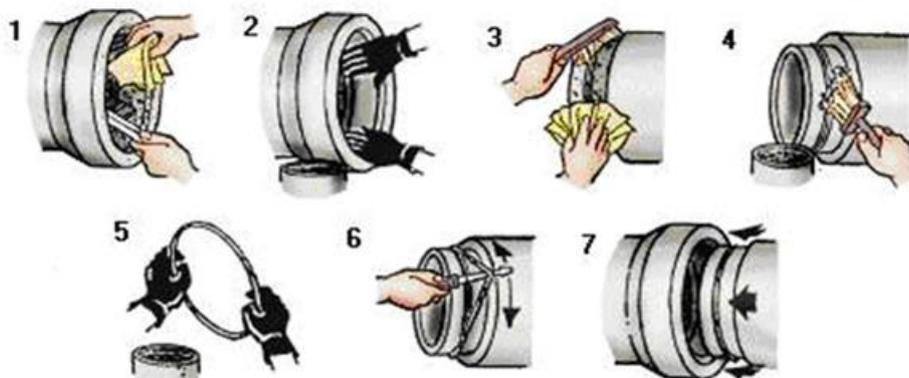
Figura 13*Tubería con Accesorio Bridada*

Nota. Reproducida de Bridas, Serco Tools, 2010 (www.serco-tools.com)
BY CC 2.0

✓ Tubería de Concreto

Como su nombre lo indica, son tuberías de concreto, estas son más utilizadas en líneas de conducción que en redes de distribución. Siguen un procedimiento de construcción que incluye refuerzo longitudinal para que absorba los esfuerzos que se puedan aplicar en ella.

Para la elección del tipo de junta, se deberá de analizar las consideraciones técnicas requeridas, así como; solicitaciones internas y externas, rigidez de la cama de apoyo, diámetro de tubería, entre otros. Los más usados son las juntas espiga campana, las mismas que se sellan herméticamente con un anillo de goma. Así como se ve en la figura 14.

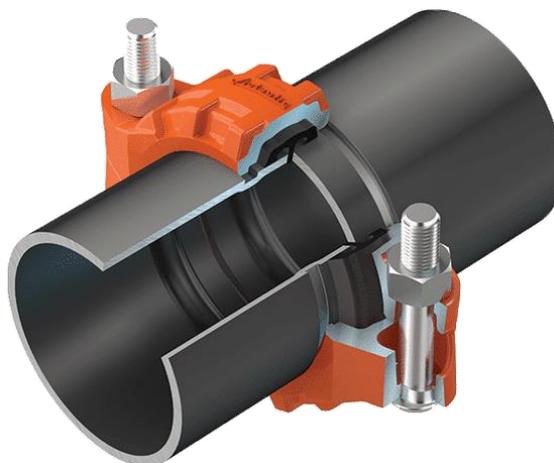
Figura 14*Junta Espiga - Campana*

Nota. Reproducida de Manuales de Colocación de Tuberías, Prefabricados Alberdi, 2012 (www.prefabricadosalberdi.com) BY CC 2.0

✓ Tubería de Acero

Las tuberías de acero son utilizadas cuando se requieren grandes presiones y se tienen altas presiones. Mientras que las tuberías de concreto son enterradas, las tuberías de acero pueden utilizarse en exteriores.

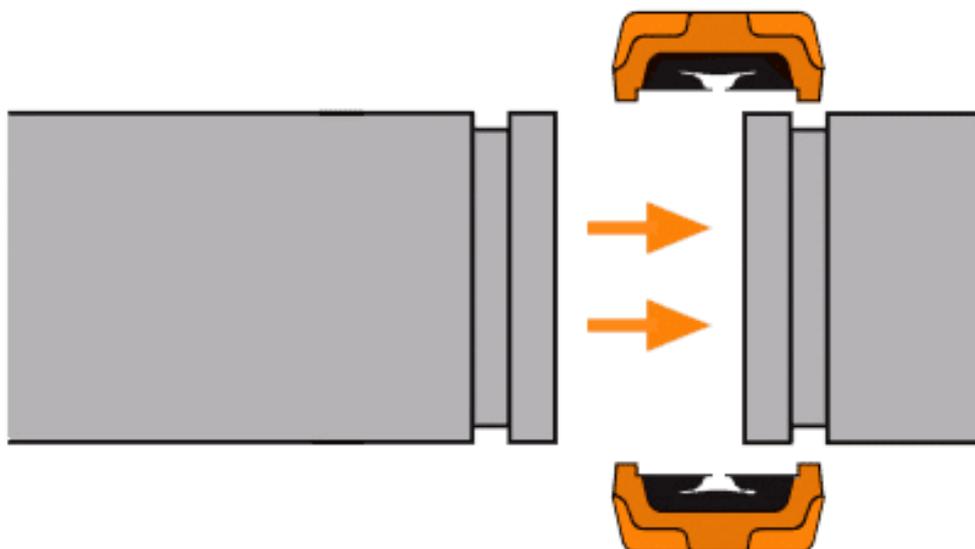
Estas tuberías tienen la característica de tener los extremos ranurados, para que la unión sea hermética, se utiliza unas uniones mecánicas ranuradas, así como se aprecia en las figuras 15 y 16.

Figura 15*Vista en 3D de Unión Mecánica Ranurada*

Nota. Reproducida de Tecnología Ranurada, Victaulic, 2016 (www.es.victaulic.com) BY CC 2.0

Figura 16

Vista Corte Transversal de Unión Mecánica Ranurada



Nota. Reproducida de Tecnología Ranurada, Victaulic, 2016 (www.es.victaulic.com)
BY CC 2.0

Tabla 9

Ventajas y Desventajas de los Diferentes Materiales Empleados en Tuberías

Material y diámetros usuales	Sistema de unión	Piezas Especiales	Ventajas	Desventajas
Policloruro de vinilo PVC (50 a 630 mm)	Acoplamiento espiga-campana con anillo de hule	Se fabrican de PVC Pueden usarse piezas de hierro fundido en los cruceros, con adaptadores bridados de PVC	Bajo coeficiente de rugosidad <ul style="list-style-type: none"> • Ligereza • Instalación rápida, fácil y económica • Flexibilidad • Alta resistencia a la tensión • Alta resistencia a la corrosión y al ataque químico de ácidos, álcalis y soluciones salinas • Puede realizarse la prueba hidrostática inmediatamente después de su instalación • Mantenimiento nulo 	* Susceptible a daños durante su manejo <ul style="list-style-type: none"> • Con temperaturas menores a 0°C se reduce su resistencia al impacto • Cuando conduce agua a presión con temperatura superior a 25°C, disminuye la presión máxima de trabajo que puede soportar • La exposición prolongada a los rayos solares afecta sus propiedades mecánicas
Poliétileno de alta densidad PEAD (12 a 1000 mm)	Termofusión	Se fabrican de polietileno y se unen por termofusión. Pueden acoplarse a piezas especiales de hierro fundido por medio de adaptadores de polietileno	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo coeficiente de rugosidad • Flexibilidad • Ligereza • Instalación rápida, fácil y económica • Se puede instalar en zanjas poco profundas sin plantilla • No presenta corrosión. • En diámetros menores a 100 mm no se requieren válvulas de seccionamiento • Mantenimiento nulo 	<ul style="list-style-type: none"> • La presión de trabajo especificada puede alterarse al aumentar la temperatura exterior o interior • Se deteriora si se expone a la intemperie por períodos prolongados

Fibrocesoento FC (antes Asbesto – cemento AC) (75 a 2000 mm)	Coples de fibrocesoento con anillos de hule	Piezas de hierro fundido con bridas que se unen con extremidades bridadas y juntas Gibault a la tubería de fibrocesoento Piezas de hierro fundido con extremos lisos que se unen con juntas Gibault Piezas de fibrocesoento (en diámetros pequeños)	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo • Ligereza • Hasta cierto grado es resistente al ataque de ácidos, álcalis, sales y otras sustancias químicas • Generalmente no se corroe. • No favorece la formación de incrustaciones en las paredes 	Frágil; puede agrietarse o romperse durante las maniobras de transporte, manejo, almacenaje e instalación
Hierro fundido HF (100 a 1600 mm)	Acoplamiento espiga-campana con anillo de hule, extremos bridados, junta mecánica	Se fabrican de hierro fundido con extremos lisos, campana, campana para junta mecánica, y bridados	<ul style="list-style-type: none"> • Larga vida útil • Alta resistencia a impactos durante el transporte, manejo e instalación • Alta resistencia a la corrosión, pero susceptible a la tuberculización • Alta resistencia al aplastamiento o fractura por cargas externas • Puede ser cortado o perforado en la obra • Mantenimiento casi nulo 	<ul style="list-style-type: none"> • Susceptible a la corrosión eléctrica o química si no es protegido • Alto peso, por lo cual es difícil su manejo • Mayor costo que otros tipos de tubería • En caso de requerirse, debe importarse, lo cual implica mayor costo
Acero 2" a 14" y galvanizado de 2" a 6"	Soldadura extremos bridados con juntas mecánicas para extremos lisos o ranurados	En general, se fabrican de tramos de tubería unidos con soldadura	<ul style="list-style-type: none"> • Resiste presiones internas elevadas • Mayor ligereza y bajo costo en comparación con tuberías de hierro fundido o de concreto • Fácil adaptación a cualquier tipo de montaje 	<p>Es susceptible a la corrosión por lo que debe protegerse tanto el interior como el exterior (en el caso de tubería no galvanizadas)</p> <ul style="list-style-type: none"> • No soporta cargas externas ni vacíos parciales, pues es susceptible al aplastamiento • Requiere mantenimiento periódico

Nota. Reproducida de Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua 2015.

VÁLVULAS

Las válvulas empleadas en tuberías, responden a la necesidad de detener, iniciar o controlar las características del flujo conducido bajo presión.

- Válvulas de compuerta. Es una herramienta cuyo funcionamiento consiste en elevar (abrir) una compuerta que permita permitir el paso de los fluidos. (Ver figura 17) Estas compuertas pueden ser circulares o rectangulares, Las compuertas cuentan con un sello que se logra colocando un disco, con caras paralelas o en forma de cuña, en dos áreas distribuidas. Utilizada para cuando se requiera hacer una interrupción parcial o total del flujo.

Figura 17

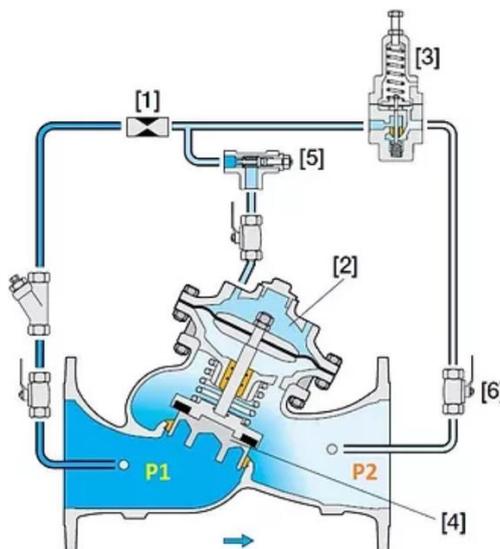
Sección de Válvula de Compuerta



Nota. Reproducida de Catálogo Válvulas Industriales, ABT Automation, 2020 (www.abt-automation.com) BY CC 2.0

Figura 18

Sección Transversal de Válvula Reductora de Presión



Nota. Reproducida del blog Válvula Reductora de Presión, Ingeniería de Fluidos, 2016 (www.ingenieriadefluidos.com) BY CC 2.0

Donde:

- ✓ 1 – Restricción, facilita apertura de la válvula
- ✓ 2 – Cámara Superior
- ✓ 3 – Piloto, comanda la operación de la válvula
- ✓ 4 – Disco con su asiento, produce cierre de la válvula
- ✓ 5 – Válvula Aguja, restringe el paso de agua hacia 2
- ✓ 6 – Válvula de seccionamiento manual, cuando esta se cierra, comanda el cierre de la válvula principal.
- ✓ P1 – Aguas arriba de la válvula
- ✓ P2 – Aguas debajo de la válvula

Figura 19

Válvula Reductora de Presión Línea Bermad



Nota. Reproducida de Catálogo de Válvulas Reductoras de Presión Serie 700, Bermad, 2016 (www.bermad.com) BY CC 2.0

CAMARA REDUCTORA DE PRESION (CRP)

Son estructuras de concreto empleadas en las líneas de distribución de agua. Son utilizadas cuando la diferencia de alturas sobrepasa los 50m. Dentro de estas estructuras se encuentran las válvulas especiales que se encargan de reducir la presión a una que satisfaga nuestras necesidades en el proyecto.

2.2.10 Diseño Hidráulico con Aplicación de Software

En la actualidad, con el afán de reducir tiempos en el diseño de redes hidráulicas y apoyado del avance de la tecnología es que en los últimos años han surgido una variedad de programas que ayudan enormemente en el diseño. Dependiendo del país, es que hay programas más conocidos que otros. En el Perú, uno de los programas más populares son el WaterCAD V8i, el Epanet 2.0 vE y el Fluids, los cuales tienen funciones sencillas para trabajar, de los cuales los primeros dos trabajan en base de la topográfica.

Software WaterCAD V8i

Uno de los programas más conocidos a nivel mundial para el diseño de redes de distribución es el WaterCAD, las empresas de servicio público, así como empresas privadas confían en este programa por ser confiable en sus resultados, lo cual se vuelve un gran apoyo durante la toma de decisiones en cuanto a la infraestructura. Tiene una gran facilidad en el uso del programa WaterCAD.

La versatilidad del programa WaterCAD le permite evaluar y diseñar los distintos tipos de redes, como son:

- Red de distribución Abierta
- Red de distribución Cerrada
- Red de distribución Mixta

Dentro de la programación del programa WaterCAD, está la realización de modelados de redes utilizando las ecuaciones:

- Darcy-Weisbach
- Manning
- Hazen Williams

El software posee las siguientes capacidades de resolución:

- Evaluación de la capacidad del caudal para la extinción de incendios.
- Análisis de tuberías y la criticidad de las diferentes válvulas.
- Diseñar redes de distribución de agua.
- Desarrollar programas de lavado de tuberías.
- Identificación de la pérdida de agua en nuestra línea de tuberías.
- Gestión del consumo energético.

En la presente tesis se consideró el diseño de la propuesta de la red, utilizando el programa de versión educativa WaterCAD, debido que la presente tesis es desarrollada con fines educativos.

2.3 Definición de Términos

2.3.1 Caudal de Diseño

Es el volumen de agua requerido en un periodo de tiempo, necesario para satisfacer la demanda de una localidad y/o población. El caudal máximo horario es la base para establecer nuestro caudal de diseño.

2.3.2 Caudal Máximo Horario

Es el consumo máximo registrado durante una hora en un periodo considerable (un año aproximadamente), al determinar este valor, se desprecia el caudal de incendio.

2.3.3 Coeficiente de Rugosidad

Es un índice determinado por Manning, el cual determina la resistencia que se opone a un fluido que se mueve sobre una superficie conocida.

2.3.4 Coeficiente de Variación Diaria

Es el valor que expresa la relación entre el gasto máximo y el gasto medio, los mismos que se derivan de la medición de los días laborales y de los días destinadas a otras actividades de la población.

2.3.5 Consumo

Se determina así la cantidad de agua que necesita un habitante para poder satisfacer sus necesidades básicas, como aseo, limpieza, etc.

2.3.6 Líneas de Conducción

Es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte encargadas de transportar agua desde la captación hasta el reservorio. Pueden ser por gravedad o bombeo.

2.3.7 Líneas de Distribución

Es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras encargadas de transportar agua desde el reservorio hasta las conexiones domiciliarias. Pueden ser por gravedad o bombeo.

2.3.8 Población Futura

Se le denomina así a la población que será beneficiada en un plazo de tiempo no tan distante, se determina en base a la población inicial y al porcentaje de crecimiento poblacional para un periodo de diseño. Se utilizan diferentes métodos mencionados en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), dependiendo del número de habitantes en el año de estudio.

2.3.9 Presión de Agua

Es la fuerza, perpendicular a un plano, que ejerce el agua desde un punto de salida.

2.3.10 Redes de Distribución

Conjunto de tuberías principales y ramales distribuidores que permiten abastecer de agua para consumo humano a las viviendas.

2.3.11 Reservorio de Agua

Es un sistema de almacenamiento de agua, cuya función es almacenar agua excedente cuando el caudal de consumo sea menor que el de abastecimiento, así como el de aportar la diferencia entre ambos cuando sea mayor el consumo.

2.3.12 Tubería

Es el conducto que cumple la función de transportar agua a través de ella. Son de diferentes tipos, dependiendo del material del que estén hechas.

2.3.13 Válvula de Aire

También llamados ventosas. Se utilizan en acueductos, líneas de impulsión, redes de agua y en saneamiento, tiene como función principal expulsar el aire cuando se llena una tubería. Generalmente, regula y estabiliza el flujo de agua en los tramos altos de la tubería, así como en tramos donde hay cambio de pendientes y puntos elevados.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Nivel de la Investigación

3.1.1 *Tipo de Investigación: Explicativo*

Consiste en proveer una referencia del problema del sistema de agua potable el cual no ha sido profundizado, donde la información obtenida es a partir de una observación, lo cual servirá para analizar aspectos concretos del mismo.

Consiste en ampliar el conocimiento ya existente sobre algo de lo que sabemos poco, o nada. De esta forma se centra en los detalles, permitiéndonos conocer más a fondo un fenómeno. Se partirá de una idea general y entraremos a analizar aspectos concretos en profundidad.

3.1.2 *Nivel de la Investigación: Comprensivo*

En el nivel de investigación el estudio pretende explicar o proponer un adecuado diseño que permita satisfacer la necesidad de la población.

3.2 Población y/o Muestra de Estudio

3.2.1 *Población*

Se realizará en el Distrito de Pachía, provincia y Región de Tacna.

3.2.2 *Muestra*

La muestra será los centros poblados de Huaycuyo, El peligro y Pachía.

3.3 Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador
Independiente: Diseño.	Con el diseño del sistema de agua potable se conocerá el movimiento del líquido, la fuera que ejerce y las cantidades de fluido que se necesita.	<ul style="list-style-type: none"> - Topografía - Caudal de diseño - Presiones en las redes - Velocidad en las redes - Dotación de agua - Número de habitantes - Tipo de reservorio 	<ul style="list-style-type: none"> - Coordenadas - Coeficiente de Hazel y Williams
Dependiente: Demanda	Es la necesidad de la población por satisfacer la necesidad del agua.	<ul style="list-style-type: none"> - Horas de consumo - Zona urbana lotizada - Población - Tipo de actividades económicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Habitantes proyectadas - Cantidad de lotes - Dotación

3.4 Técnicas e Instrumentos Para la Recolección de Datos

3.4.1 Técnicas Para la Recolección de Datos

Las técnicas para la recolección de datos utilizados fueron los siguientes:

a. Información Bibliográfica

Se recopiló información y documentación necesaria para ser procesada y llevada a cabo a una evaluación y si es conveniente para el mejoramiento de las redes de distribución de agua potable. Viene a ser la recopilación de nuestra información, como son los datos de la ubicación de la localidad en estudio y sus características de la zona, las mismas que se recopilaron de la Municipalidad Distrital de Pachía. Así mismo se obtuvo información de INEI para determinar la cantidad de pobladores involucrados en nuestra muestra procesada. Además de la descripción de los materiales a utilizar y las normas vigentes a utilizar.

b. Estadísticas del crecimiento poblacional

La investigación se realiza tomando en cuenta las normas vigentes del RNE en las cuales se han realizado visita a campo, recopilación de información y comparación de datos.

c. Redes existentes

Se realizó las coordinaciones con la Gerencia de Operaciones de la EPS Tacna S.A. para obtener los planes de la zona, así como visitas al campo para verificar las redes.

d. Entrevistas

Se realizaron entrevistas a la población de la localidad para conocer de primera mano el tipo de servicio que se viene brindando.

3.4.2 Instrumentos Para la Recolección de Datos

a. Topográfica:

Con la ayuda de un GPS se verificaron; punto más alto, punto medio y punto bajo del sistema para dar conformidad a los planos topográficos. Se empleó el sistema de información geográfica virtual Google Earth, donde visualizamos la cartografía de la localidad de estudio.

b. Software de diseño

A través del software **AutoCAD** se pudo acceder a los planos como la topografía, plano de ubicación y la lotización de la zona de estudio, la que nos permitió realizar el diseño de la red de distribución y demás componentes.

Adicionalmente se contó con el software **WateCAD V8i** que permitió realizar la modelación de la red tomando en cuenta las presiones, velocidades y los caudales, analizando nodo por nodo en nuestra línea de distribución planteada.

3.5 Procesamiento y Análisis de Datos

3.5.1 Consideraciones Iniciales

Se utilizaron las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- OS.050 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO
- OS.100 CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA
- IS.010 INSTALACIONES SANITARIAS PARA EDIFICACIONES

3.5.2 Características de la Población

a. Número de habitantes:

Se analizó la información brindada por el Compendio Estadístico de Tacna elaborado en el año 2017 en la página 63 de la cual se extrajo la tabla siguiente. Se resaltó los centros poblados referentes al área de estudio.

Tabla 10

Censo del Distrito de Pachía

Código	Centros Poblados	Región (Según Altitudinal)	Natural Piso	Altitud (m s n m)	Población Censada		
					Total	Hombre	Mujer
230106	DISTRITO PACHÍA				2 062	1 069	993
0001	PACHIA	Yunga marítima		1 087	546	271	275
0002	ANCOMA	Quechua		3 446	62	27	35
0003	TOQUELA	Quechua		3 412	42	19	23
0004	CHALLAVIENTO	Quechua		3 322	149	89	60
0006	CHACHACOMANI	Suni		3 640	-	-	-
0007	CAPLINA	Quechua		3 416	149	67	82
0008	CHALLATA	Yunga marítima		1 449	1	1	-
0009	TOCUCO	Yunga marítima		1 391	3	3	-
0010	CALIENTES	Yunga marítima		1 290	219	108	111
0011	MICULLA	Yunga marítima		1 230	451	261	190
0012	SAN JOSE	Yunga marítima		1 021	89	43	46
0013	JOSE HUAYCUYO	Yunga marítima		1 055	52	26	26
0015	EL PELIGRO	Yunga marítima		982	101	52	49
0016	HIGUERANI	Yunga marítima		1 919	8	4	4
0019	SAUCINI SIJIPAMPA	Yunga marítima		1 768	-	-	-
0020	AGUA MILAGROS	Yunga marítima		1 303	28	17	11
0021	BOCATOMA	Yunga marítima		1 544	99	50	49
0022	HACIENDA	Yunga marítima		2 066	-	-	-
0025	EL FUNDO	Yunga marítima		1 969	4	4	-
0026	AGROINDUSTRIAL CALIENTES	Yunga marítima		1 165	5	3	2
0027	PAMPAS DE HUAYCUYO	Yunga marítima		1 184	27	14	13
0028	SECTOR SIFON	Yunga marítima		1 113	27	10	17

Nota. Reproducida de Resultados Definitivos Censo 2017 en la Ciudad de Tacna Tomo I del INEI, 2017.

De la tabla anterior se extrae que la población en el año 2017 del área de estudio corresponde a 788 habitantes

b. Crecimiento poblacional

De acuerdo al Compendio estadístico de Tacna realizado en el año 2017 por el INEI, el crecimiento poblacional entre los años 2007 y 2017 fue de 1,30% al año, sin embargo, en el distrito de Pachía se dio un crecimiento poblacional negativo de 1,14% al año en el mismo periodo. Se decidió trabajar con el crecimiento poblacional de la ciudad de Tacna ya que se asume que con la proyección de los nuevos centros poblados que se encuentran en construcción la población del distrito irá a aumentar los próximos años.

Cálculo de la cantidad de habitantes en el área de estudio para el año 2022:

$$788 \times 1.013^4 = 830 \text{ habitantes}$$

Cálculo de la cantidad de habitantes para el año 2071:

$$830 \times 1.013^{50} = 1583 \text{ habitantes}$$

c. Población total de diseño

Para los centros poblados existentes se considerará una población de diseño de 1583.

Para los centros poblados proyectados se considerará una población de 6 habitantes por lote como se indica en la norma OS 100 artículo 1.3, entonces la cantidad de habitantes se determinó multiplicando 6 habitantes por los 1324 lotes proyectados

$$1324 \times 6 = 7944 \text{ habitantes}$$

Se determinó que la población total de diseño corresponde a 9527 habitantes.

3.5.3 Dotación

a. Dotación para lotes residenciales

Para el cálculo de la dotación para los centros poblados existentes se utilizó la dotación promedio diaria anual por habitante mínima exigida por la norma OS.100 de 220 litros/habitante/día para centros poblados en clima templado o cálido.

Tabla 11*Dotación para la Población Futura de la Localidad*

	Número de habitantes	Número de lotes	Dotación por habitante (L/hab/D)	Dotación (L/D)	Dotación por lote (L/D)	Caudal Promedio (L/S)
Centros poblados existentes	1583	401	220	348260	868	4.03
Centros poblados proyectados	7944	1324	220	1747680	1320	20.23

Nota: de acuerdo a la norma OS 100, para poblaciones menores de 10,000 hab., no se considera obligatoria la demanda contra incendio.

b. Dotación para lotes con usos especiales

Se utilizaron las dotaciones establecidas por la norma IS.010 Instalaciones sanitarias para Edificaciones

✓ **Colegios**

La dotación de agua para locales educacionales y residencias estudiantiles, según la siguiente tabla:

Tabla 12*Dotación de Agua para Locales Educacionales*

Tipo de local educacional	Dotación Diaria
Alumnado y personal no residente	50L por persona
Alumnado y personal residente	200L por persona

Nota. Reproducida de la Norma IS 0.10 RNE, 2019

Tabla 13*Cálculo de Dotación para Colegios*

Colegio 1 IE 42036 Juan María Rejas	
Número de alumnos y personal	260
Dotación (L/D)	50
Dotación Total (L/S)	0.150
Colegio 2 IEI 334 Virgencita Lourdes	
Número de alumnos y personal	48
Dotación (L/D)	50
Dotación Total (L/S)	0.028

c. Áreas verdes

La dotación de agua para áreas verdes será de 2 l/d por m². No se requerirá incluir áreas pavimentadas, enripiadas u otras no sembradas para los fines de esta dotación.

Tabla 14

Cálculo de dotación para las Áreas Verdes

Existentes	Área (m²)	Dotación (l/d)	Dotación (l/s)
Plaza Principal Pachía	2177,76	2	0,050
Carretera asfaltada 060902	793,5	2	0,018
Parque	203,13	2	0,005
Área Recreativa	590,37	2	0,014
Estadio Municipal	28891,48	2	0,669
Cementerio	14250,11	2	0,330
Risso Park	2200	2	0,509
Total Existente			0,893

Proyectados	Área (m²)	Dotación (l/d)	Dotación (l/s)
San José de Chacanay	290.91	2	0,053
Parque	638.05	2	0,015
Área Recreativa	1652.86	2	0,038
03 Vilcas	2588.77	2	0,060
Parque 1	1136.56	2	0,026
Parque 2	902.75	2	0,021
Área Recreativa	549.46	2	0,013
Total Proyectado			0,390

d. Área destinada a salud

La dotación de agua para locales de salud como: hospitales, clínicas de hospitalización, clínicas dentales, consultorios médicos y similares, según la siguiente tabla.

Tabla 15*Dotación de Agua para Locales de Salud*

Local de Salud	Dotación
Hospitales y Clínicas de Hospitalización	600 litro/día por cama
Consultorios Médicos	500 litro/día por consultorio
Clínicas Dentales	1000 litro/día por unidad dental

Nota. Reproducida de la Norma IS 0.10 RNE, 2019

Tabla 16*Cálculo de Dotación para Locales de Salud*

	Cantidad	Dotación (litro/día)	Dotación (litro/segundo)
Número de consultorios	5	500	0.029
Unidades Dentales	1	1000	0.012
Total			0.041

e. Áreas del tipo oficinas

La dotación de agua para oficinas se calculará a razón de 6 l/d por m² de área útil del local.

Tabla 17*Cálculo de Dotación para Oficinas*

Uso del terreno	Área (metro cuadrado)	Dotación (litro/día)	Dotación (litro/segundo)
Comisaría	954.88	6	0.066
Municipalidad	844.78	6	0.059
Servicios Comunes 2	739,9	6	0,051
Seguridad	109.73	6	0.008

f. Iglesia

Al no estar determinada la dotación para iglesias se consideró la dotación de acuerdo al área para viviendas unifamiliares de la norma IS 010 ya que los baños en las iglesias son utilizados exclusivamente por los habitantes de las mismas.

Tabla 18*Cálculo de Dotación para Iglesia*

Uso	Área (metro cuadrado)	Dotación (litro/día)	Dotación (litro/segundo)
Iglesia	1910.45	3800	0.044

g. Casa de retiros

Se utilizó la dotación para determinada por la norma OS.100 para climas templados o cálidos de 220 litros/habitante/día.

Tabla 19*Cálculo de Dotación para Casa de Retiros*

Aparatos	Total	Unidades de Gasto	Unid. de Gasto Total	Gasto Máx. Probable (LITRO/SEGUNDO)	Dotación (LITRO/SEGUNDO)
Inodoros	2	2.5	5		
Lavatorios	2	1.5	3		
Duchas	2	3	6		
Urinaris	1	3	3		
Total		10	17	0.48	0.192

h. Servicios comunales

Al no encontrarse determinado el verdadero uso de la edificación destinada a servicios comunales se realizó el cálculo de la dotación basado en el número de baños presentes utilizando el método de Hunter para instalaciones sanitarias, (se tuvo en consideración que el método de Hunter indica la dotación máxima posible así que posteriormente el resultado fue dividido por un coeficiente de consumo máximo horario $k_2=2.50$).

Tabla 20*Cálculo de Dotación en Servicios Comunes 1*

Uso	Habitantes	Dotación (litro/habitante/día)	Dotación (litro/segundo)
Casa de retiros	40	220	0.102

Para el local de Servicios Comunes 2, se procederá a hacer un cálculo por área total, debido a que en esos espacios se realizan actividades en fechas variadas por la población de la localidad.

Tabla 21*Cálculo de Dotación en Servicios Comunes 2*

Uso	Área	Número de baños	Dotación por baño	Dotación (LITRO/SEGUNDO)
Servicios Comunes 2	2757.65 m ²	6	0.192	1.15

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Variaciones de Consumo

De acuerdo a la norma OS.100 se indica que se podrán considerar los siguientes coeficientes:

- Máximo anual de la demanda diaria: 1.3
- Máximo anual de la demanda horaria: 1.8 a 2.5

En el presente trabajo se utilizó el coeficiente de máxima demanda diaria de $k_1 = 1.30$ y el coeficiente de máxima demanda anual $k_2 = 1.8$.

Cálculo del caudal de diseño (Q_d) para cada lote para modelación

Loteamiento existente

$$Q_d = k_2 * Q_p = 1.8 * 4.03 \frac{l}{seg} \text{ repartidos entre 401 lotes} = 0.0181 \frac{l}{seg}$$

$$= 868 \text{ litros/día}$$

Loteamiento proyectado

$$Q_d = k_s * Q_p = 1.8 * 20.23 \frac{l}{seg} \text{ repartidos entre 1324 lotes} = 0.0275 \frac{l}{seg}$$

$$= 2376 \text{ litros/día}$$

4.2 Características de la Red de Propuesta

Tabla 22

Nodos Importantes en la Red

Datos topográficos	Existente	Proyectado
Cota del reservorio (m)	1135	1140
Cota de las válvulas reguladoras de presión (m)	1085	1090
	1045	1040
	1005	
Cota más baja (m)	976	994.8
Presión estática en la cota más baja (m)	29	45.2

La máxima presión estática equivale a 50 metros de agua y se da en 3 puntos en la lotización existente y en 2 puntos en la lotización proyectada que corresponden a las

cotas donde se propuso la instalación de válvulas reguladoras de presión, se indica sus respectivas cotas en la tabla anterior.

Figura 20

Ubicación de Válvulas Reguladoras de Presión 01 y 02

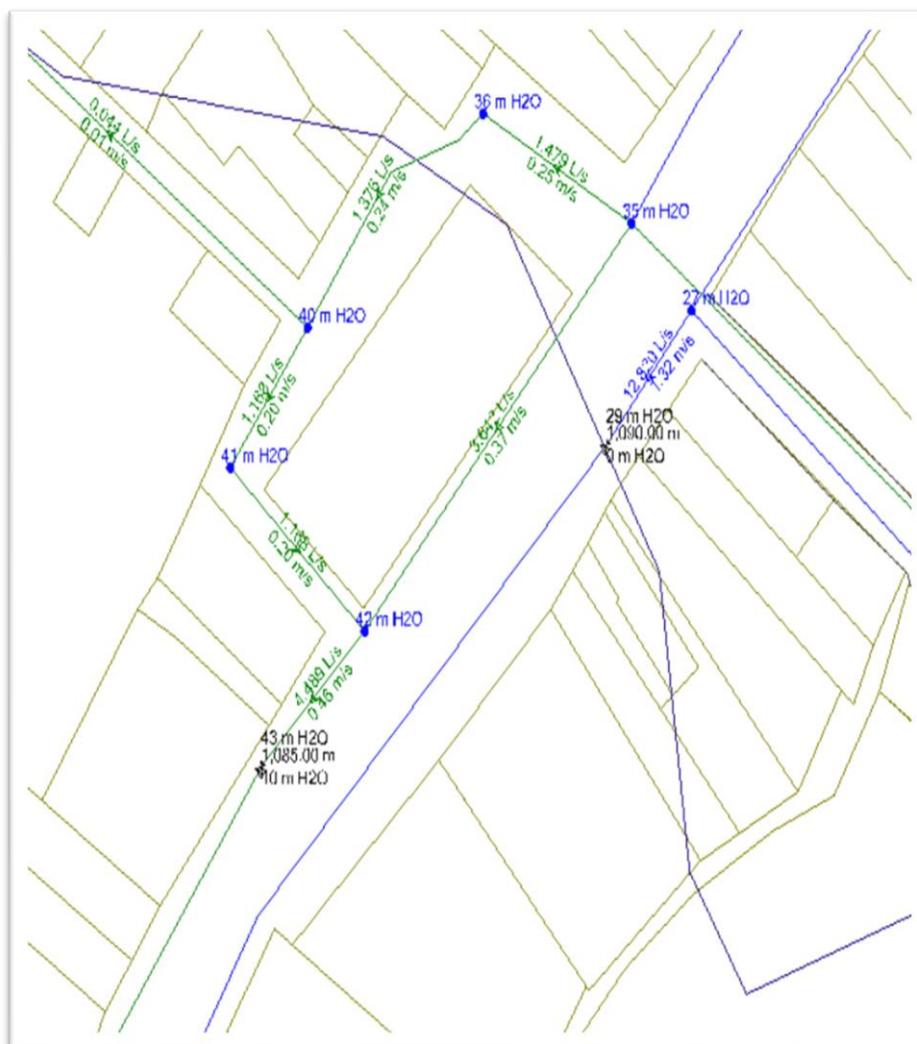
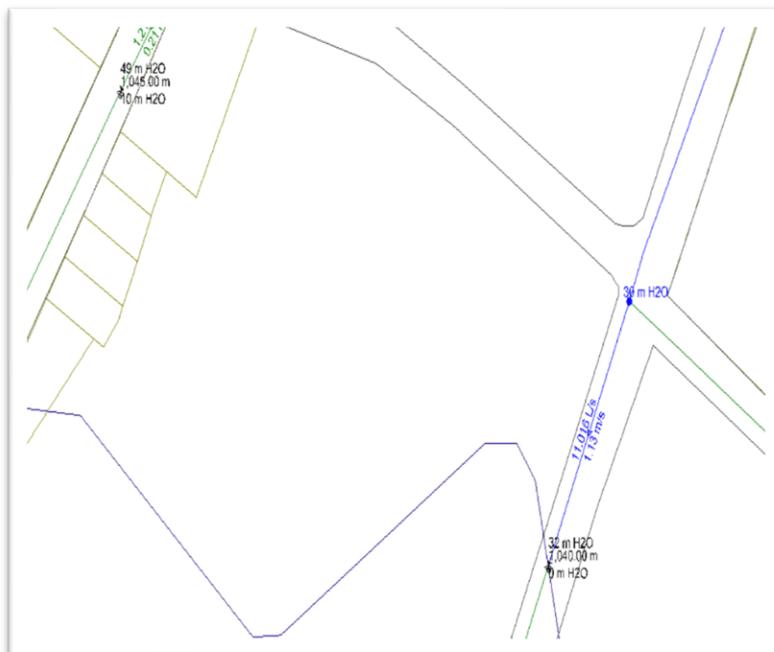
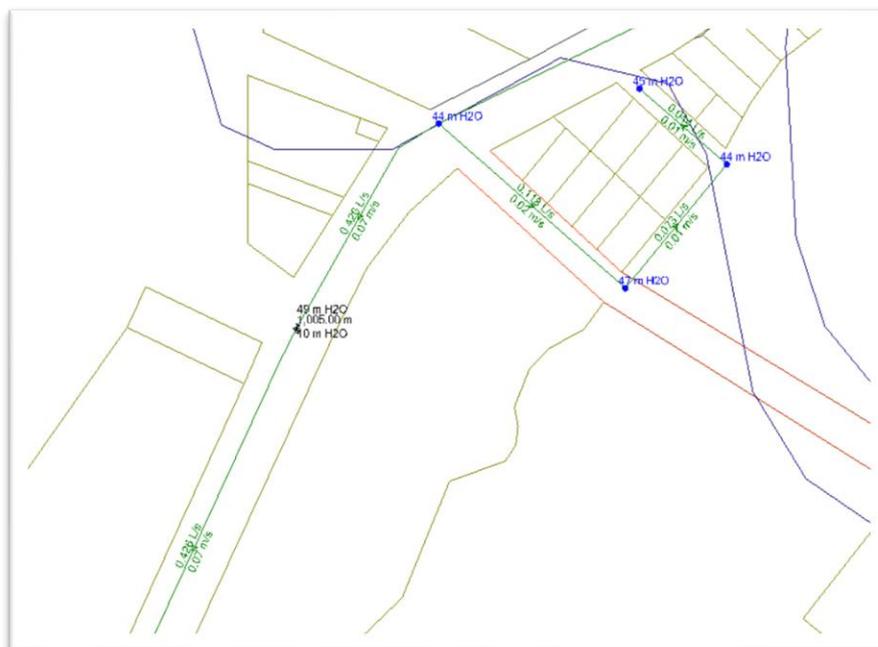


Figura 21

Ubicación de Válvulas Regulatoras de Presión 03 y 04

**Figura 22**

Ubicación de Válvulas Regulatoras de Presión 05



4.3 Tubería

Debido a que la localización nueva está proyectada para recibir 7944 habitantes frente a los 1583 proyectados para la lotización existente, se decidió plantear una red separada para cada área, la red planteada para la nueva lotización contará con un nuevo reservorio de 430 m³.

Para la lotización existente (Caudal de diseño 9.90 LITRO/SEGUNDO) se planteó una conducción de 4 pulgadas hasta la primera bifurcación (Figura 30) donde debido a la reducción del caudal se hace necesario reducir el diámetro a 3 pulgadas (diámetro mínimo permitido), el cual se mantiene en todas las demás tuberías.

Debido a los bajos caudales se producirán velocidades muy bajas a pesar de estar utilizando el menor diámetro permitido, ante esta situación se propone la instalación de válvulas de purga que ayuden con las velocidades.

Figura 23

Primera Bifurcación en la Línea de Distribución



Para la lotización propuesta (Caudal de diseño 37.5 Litro/segundo) se propuso una conducción de 6 pulgadas que comunica las 2 válvulas reguladoras de presión propuestas y bifurcaciones de 4 pulgadas hacia las entradas de cada asociación de vivienda, posteriormente las ramificaciones serán de 3 pulgadas.

En total se proponen 2053 metros de tuberías de 6 pulgadas, 3584 metros de tuberías de 4 pulgadas y 11613 metros de tuberías de 3 pulgadas las cuales se representan gráficamente en la Figura 31.

Figura 24

Línea de Distribución Propuesta



Las menores presiones dinámicas en condiciones de máxima demanda horaria en la red corresponden a 10m en un nodo y 11m en 4 nodos los cuales se representan en las Figuras 32 y 33.

Figura 25

Ubicación de los Nodos con Presiones Mínimas Requeridas

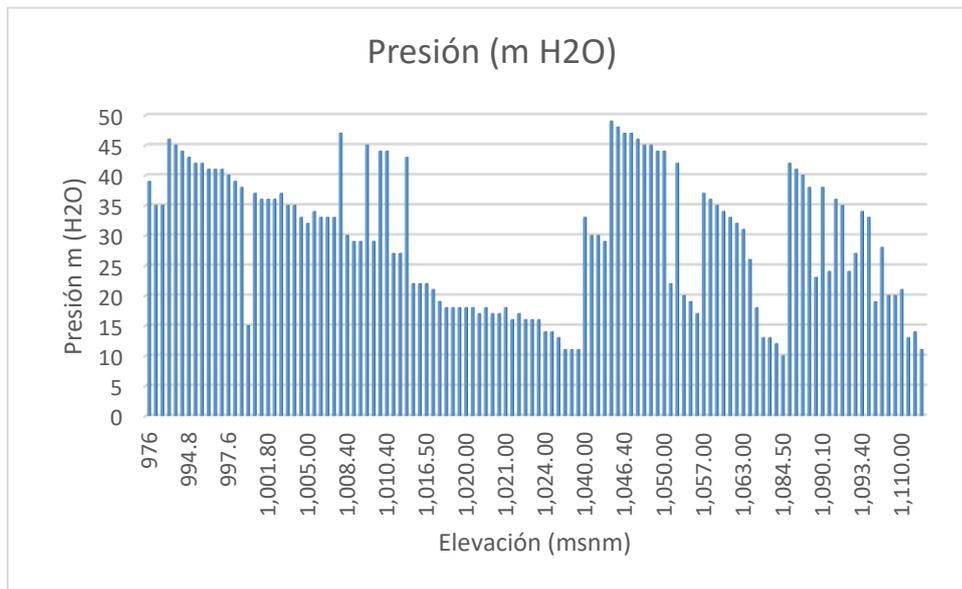
**Figura 26**

Nodos Con Presiones Mínimas en Máxima Demanda



Figura 27

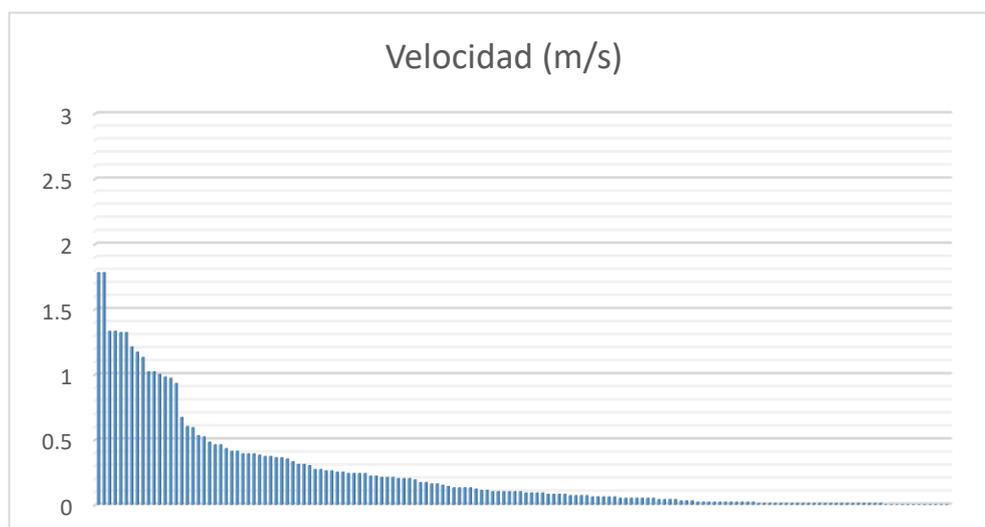
Presión en las Diferentes Cotas de la Línea de Distribución



Las velocidades máximas de la red corresponden a 1.78 metro/segundo y se dan en la conducción de 6 pulgadas las cuales se encuentran por debajo del límite de 3 metro/segundo permitido por la norma OS.050

Figura 28

Velocidades a lo largo de la Línea de Distribución

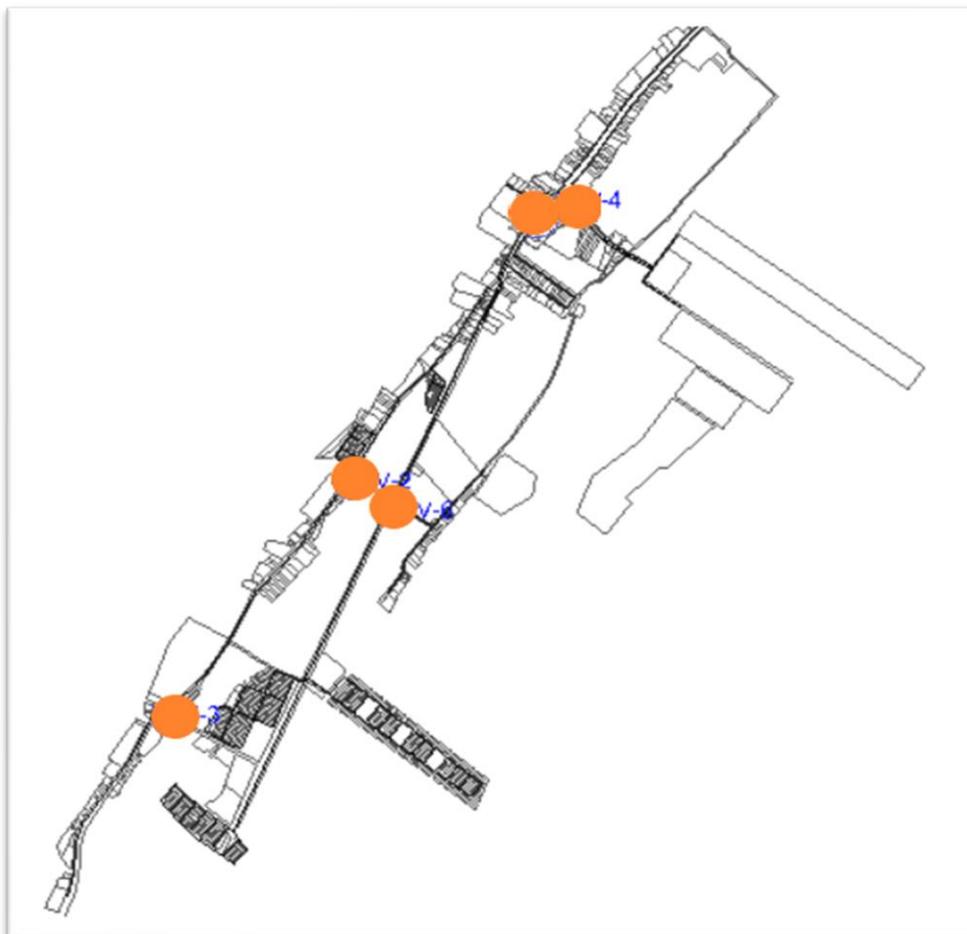


4.4 Válvulas Reguladoras de Presión

Se decidió utilizar dos válvulas reductoras de presión marca BERMAD Serie 700. La ubicación de las válvulas se demuestra en la figura 36.

Figura 29

Ubicación de las Válvulas reguladoras de Presión



4.4.1 Primera Válvula

- **Parámetros**

Tabla 23

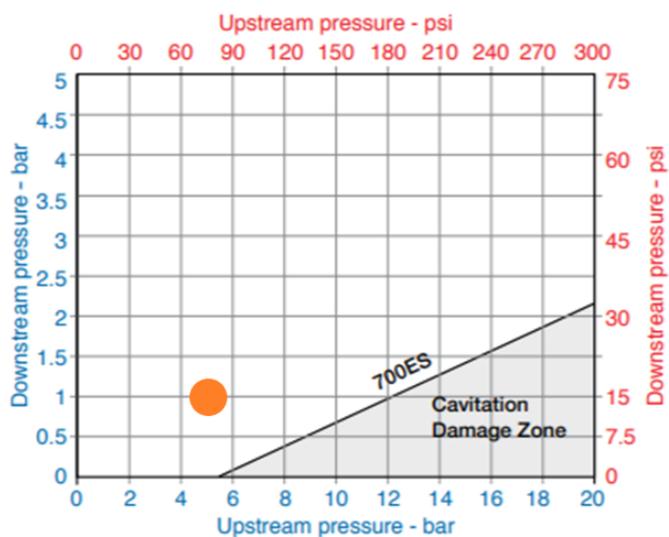
Parámetros Físicos de la Válvula N°01

Parámetro	Valor
Modelo	Bermad 700 ES
Diámetro	4 pulgadas
Caudal Máximo	4.48 Litro/Segundo
Velocidad Máxima	0.25metro/segundo
Caudal Mínimo	2.48 Litro/Segundo
Velocidad Mínima	0.14 metro/segundo
Cota	1085 metros
Máxima Presión de Entrada (Presión Estática)	50 metros
Presión de Salida	10 metros
Relación Entre la Máxima Presión de Entrada y la Presión de Salida	5

- **Comprobación para cavitación**

Figura 30

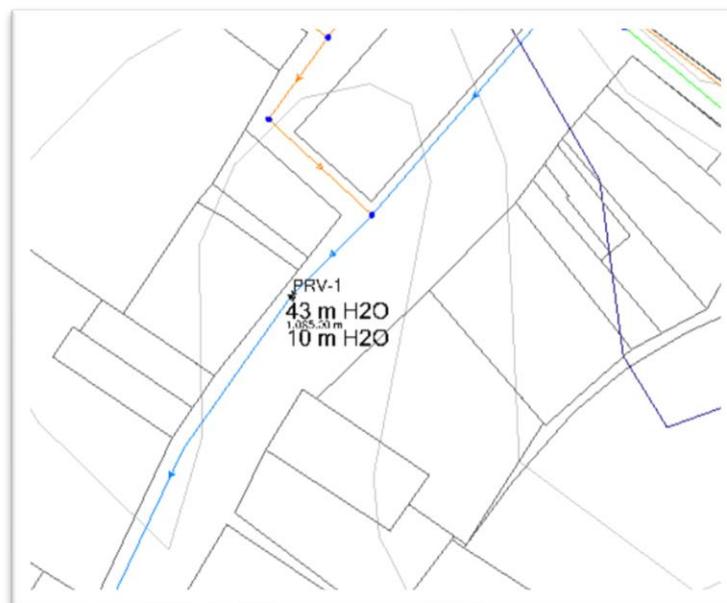
Comprobación de Cavitación de la Válvula N°01



- Ubicación

Figura 31

Ubicación de Válvula N°01



4.4.2 Segunda Válvula

- Parámetros

Tabla 24

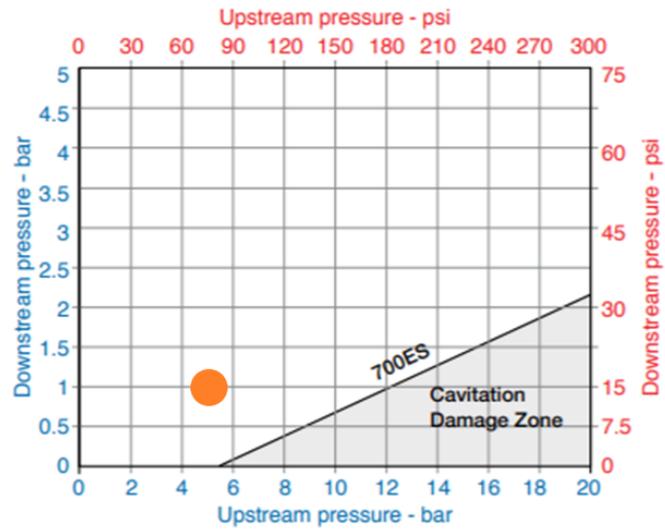
Parámetros físicos de la Válvula N°02

Parámetro	Valor
Modelo	Bermad 700 ES
Diámetro	4 pulgadas
Caudal Máximo	1.22 litro/segundo
Velocidad Máxima	0.21 metro/segundo
Caudal Mínimo	0.67 litro/segundo
Velocidad Mínima	0.12 metro/segundo
Cota	1045 metros
Máxima Presión de Entrada (Presión Estática)	50 metros
Presión de Salida	10 metros
Relación Entre la Máxima Presión de Entrada y la Presión de Salida	5

- **Comprobación para cavitación**

Figura 32

Comprobación de Cavitación de Válvula N°02



- **Ubicación**

Figura 33

Ubicación de Válvula N°02



4.4.3 Tercera Válvula

- Parámetros

Tabla 25

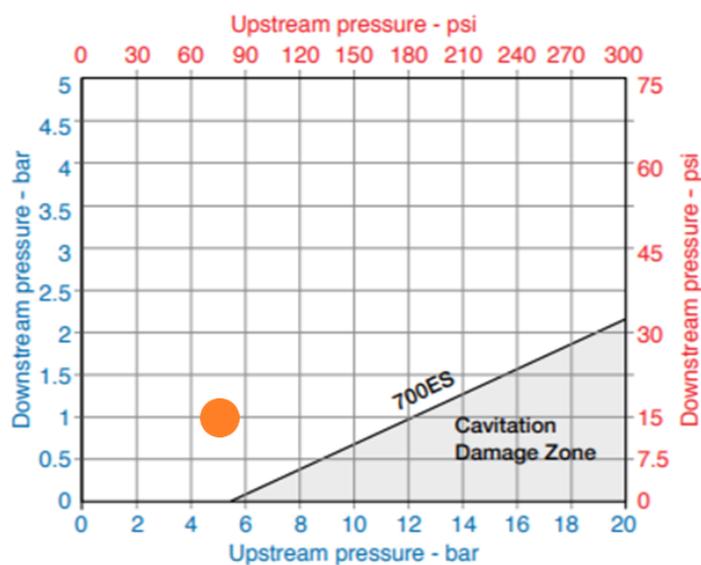
Parámetros Físicos de la Tercera Válvula

Parámetros	Valor
Modelo	Bermad 700 ES
Diámetro	4 pulgadas
Caudal Máximo	0.43 litro/segundo
Velocidad Máxima	0.07 metro/segundo
Caudal Mínimo	0.24 litro/segundo
Velocidad Mínima	0.04 metro/segundo
Cota	1005 metros
Máxima Presión de Entrada (Presión Estática)	50 metros
Presión De Salida	10 metros
Relación Entre la Máxima Presión de Entrada y la Presión de Salida	5

- Comprobación para cavitación

Figura 34

Comprobación de Cavitación de Válvula N°03



- **Ubicación**

Figura 35

Ubicación de la Válvula N°03



4.4.4 Cuarta Válvula

- **Parámetros**

Tabla 26

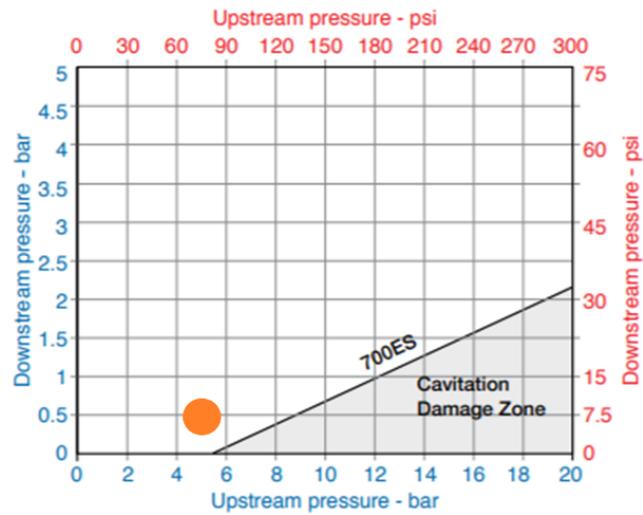
Parámetros Físicos de Válvula N°04

Parámetro	Valor
Modelo	Bermad 700 ES
Diámetro	6 pulgadas
Caudal Máximo	12.82 litro/segundo
Velocidad Máxima	0.61 metro/segundo
Caudal Mínimo	7.12 litro/segundo
Velocidad Mínima	0.34 metro/segundo
Cota	1085 metros
Máxima Presión de Entrada (Presión Estática)	50 metros
Presión de Salida	5 metros
Relación Entre la Máxima Presión de Entrada y la Presión de Salida	10

- **Comprobación para cavitación**

Figura 36

Comprobación de Cavitación de Válvula N°04



- **Ubicación**

Figura 37

Ubicación de Válvula N°04



4.4.5 Quinta Válvula

- **Parámetros**

Tabla 27

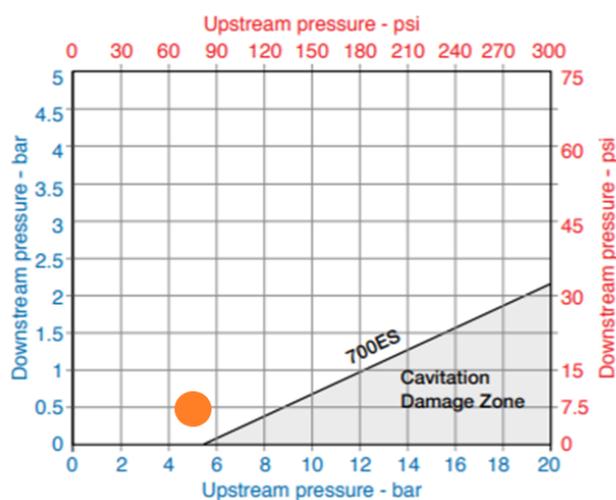
Parámetros Físicos de Válvula N°05

Parámetro	Valor
Modelo	Bermad 700 ES
Diámetro	6 "
Caudal Máximo	11,02 lt/s
Velocidad Máxima	0,52 m/s
Caudal Mínimo	6,12 lt/s
Velocidad Mínima	0,34 m/s
Cota	1040 m
Máxima Presión de Entrada (Presión Estática)	50 m
Presión de Salida	5 m
Relación Entre la Máxima Presión de Entrada y la Presión de Salida	10

- **Comprobación para cavitación**

Figura 38

Comprobación de Cavitación de Válvula N°05



- **Ubicación**

Figura 39

Ubicación de Válvula N°05



4.3 Reservoirio

De acuerdo a la norma OS 030 el volumen total de almacenamiento estará conformado por el volumen de regulación, volumen contra incendio y volumen de reserva, estos dos últimos no fueron considerados porque la red analizada cuenta con menos de 10000 habitantes por lo que no es necesario considerar volumen contra incendio.

De acuerdo a la norma OS 030 el volumen de regulación será calculado con el diagrama masa correspondiente a las variaciones horarias de la demanda, pero como no se cuenta con esta información, se deberá adoptar como mínimo el 25% del promedio anual de la demanda como capacidad de regulación.

Tabla 28

Características de Reservoirio Proyectado

Caudal Promedio	19.83 litro/segundo
Caudal Promedio	1712.97 metros cúbicos / día
Qp*25%	428.24 metros cúbicos
Volumen asumido en Reservoirio	430 metros cúbicos
Diámetro	10.46 metros
Altura de Agua (h)	5.00 metros
Borde Libre (B.L.)	0.30 metros
Altura Total (H)	5.30 metros

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La hipótesis general planteaba que; “El nuevo diseño de la red de distribución permitirá mejorar el abastecimiento de agua potable en el Distrito de Pachía, provincia y región de Tacna”, y efectivamente, el nuevo diseño propuesto presenta una mejor funcionalidad según el programa de diseño utilizada en el análisis de datos.

La primera hipótesis específica planteaba que: “El diseño de la red de distribución permitirá que cumpla las especificaciones técnicas de la presión y velocidad establecidas en la norma”, y efectivamente cumplen dichas características técnicas de una red de diseño según el Reglamento Nacional de Edificaciones. De acuerdo al programa WaterCAD versión educativa que se utilizó para el nuevo diseño de nuestra red, se pudo diseñar una red que cumpla con la normativa OS.050 Redes de Distribución de Agua Potable para Consumo Humano, la misma que tiene una velocidad máxima de 1.7 metros/segundo, del mismo modo la red propuesta en la presente tesis, tiene una presión máxima de 48 metros de columna de agua y una presión mínima de 10 metros de columna de agua. La normativa vigente contempla una presión mínima de 10 metros de columna de agua y una presión máxima de 50 metros de columna de agua, por lo que nuestra red propuesta está dentro de los márgenes permitidos.

La segunda hipótesis específica planteaba que: “El caudal adecuado abastecerá la red de distribución de agua potable a la población de Pachía”, y efectivamente abasteció en su totalidad a la población actual y según el diseño propuesto que contempla un crecimiento poblacional, abastecerá a la población futura. Dentro de los cálculos y los valores tomados en la red propuesta de la presente tesis, se consideró no solo a la población actual de la localidad de Pachía, sino que también se le consideró a la población futura, la misma que se determinó mediante un planteamiento de población futura. Gracias a esta proyección, se tiene que la población futura de la localidad de Pachía requerirá un caudal promedio de 19.83 litros/segundo para satisfacer la demanda poblacional. Dicho caudal se aleja considerablemente del caudal que se requiere en la actualidad, la cual alcanza los 8.89 litros/segundo.

La tercera hipótesis específica planteaba que: “Con los factores de consumo de la población se mejorarán las redes de distribución de agua potable”, y efectivamente las mejora. Esto debido a que estos factores contemplados en la normativa OS.100

Consideraciones Básicas de Diseño e Infraestructura Sanitaria, tienen un efecto de mayor en la determinación del caudal requerido para la población futura, entendiéndose en otros términos, como el factor de seguridad para satisfacer las necesidades de la población las 24hrs del día.

CONCLUSIONES

De acuerdo al trabajo realizado en la presente tesis, se concluye lo siguiente:

Se determinó el diseño de una red futura, la cual mejora el diseño actual, misma que abarca una población actual de 1583 habitantes. Se considera también una población futura de 7944 habitantes, para lo que se diseña una red alterna para un mejor desempeño.

Se determinó la presión máxima en nuestra red, la misma que llega a 48 metros de columna de agua, presión mínima de 10 metros de columna de agua y una velocidad máxima de 1.78 metro/segundo, todos estos valores dentro de los parámetros de la normativa vigente OS.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo que concluimos en que se cumple lo dispuesto en la norma.

Se determinó el caudal requerido para satisfacer las necesidades de la población futura de la localidad de Pachía, la cual es de 19.83 litro/segundo.

Se determinó que la nueva red propuesta contempla 2053 metros de tubería PVC SAP Clase 10 de 6 pulgadas, 3584 metros de tubería PVC SAP Clase 10 de 4 pulgadas y 11613 metros de tubería PVC SAP Clase 10 de 3 pulgadas para abastecer a 9527 habitantes.

Se determinó que el diseño de la red alterna para dotar del servicio de agua potable para la población futura es que se requiere la construcción de un nuevo reservorio de 430 metros cúbicos de capacidad.

RECOMENDACIONES

Los tesistas recomiendan realizar un plan de Mantenimiento preventivo, que son las acciones que se realizan para prevenir daños en el equipamiento y en las instalaciones del sistema, por ejemplo; realizar inspecciones de seguridad, ajustes, reparaciones, limpieza, etc. Estas acciones se deben de llevar a cabo de forma periódica en base a un plan de trabajo pre establecido.

Se recomienda realizar los trabajos de Mantenimiento correctivo, que son las acciones que se ejecutan para reparar daño en equipos e instalaciones causadas por accidentes o deterioro por el paso de los años.

Recomendamos realizar talleres de capacitación, difusión, información y sensibilización hacia los pobladores beneficiarios sobre el uso adecuado y racional de los servicios que se les está brindando, todo esto mediante la coordinación entre las instituciones locales con el Ministerio de Salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica IS.010 Instalaciones Sanitarias para edificaciones*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica OS.010 Captación y conducción de agua para consumo*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica OS.040 Estaciones de Bombeo de agua para consumo humano*. Lima, Perú.
- Ministerio de Obras Públicas, Servicio y Vivienda (2007). *Reglamento Boliviano de Construcciones Norma Boliviana NB689 Instalaciones de agua – Diseño para Sistemas de Agua Potable*. La Paz, Bolivia.
- Ing. Próspero Moya Sázciga (2002). *Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado* primera edición.
- Roger Agüero Pittman (1997). *Agua Potable para Poblaciones Rurales*.
- Comisión Nacional del Agua (2015). *Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*.
- Programa Nacional de Saneamiento Urbano (PNSU) 2019.
- Instituto Nacional de Estadísticas e Informática INEI (2017). *Resultados Definitivos Censo 2017 en la Ciudad de Tacna Tomo I*.
- MADRID POCEROS (2014). *Curso Estudios de Diferentes Sistemas de Abasto de Edificios*.
- ESTUDIO DE LA HERMETICIDAD EN JUNTAS TIPO ESPIGA-CAMPANA EN TUBERÍAS PLÁSTICAS, J. Cortés-Pérez y D. Becerril G., 2008
- Serco Tools (2010). *Bridas*.
- Victaulic (2016). *Tecnología Ranurada*.
- Prefabricados Alberdi (2012). *Manuales de Colocación de Tuberías*.
- ABT Automation (2020). *Catálogo Válvulas Industriales*.

Bermad (2016). Catálogo de Válvulas Reductoras de Presión Serie 700

MTK Tecnologías Aplicadas (2022). Artículo Electrofundición vs Termofundición: Pequeños detalles que marcan la diferencia.

Ingeniería de Fluidos (2016). Blog Válvula Reductora de Presión

Boletín, Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico, 2020.

ANEXO

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables E Indicadores	Metodología
<p>Problema General ¿En qué medida se diseñará una red de distribución que permita mejorar la continuidad de servicio de agua potable en el Distrito de Pachía, provincia y región de Tacna?</p> <p>Problemas Específico</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo se podrá diseñar una red de distribución para que cumpla con las especificaciones técnicas de presión y velocidad establecidas por el Reglamento Nacional de Edificación? - ¿Con un diseño adecuado de las redes de distribución se podrá conocer el caudal adecuado para asegurar el abastecimiento de agua potable a la población de Pachía? - ¿Al identificar los factores de consumo de la población ayudará a realizar un mejor diseño de las redes de distribución? 	<p>Objetivo General Diseñar una red de distribución que permita mejorar el abastecimiento de agua potable en el Distrito de Pachía, provincia y región de Tacna.</p> <p>Objetivos Generales</p> <ul style="list-style-type: none"> d. Diseñar una red de distribución que cumpla con las especificaciones técnicas de la presión y velocidad establecidas por norma. e. Conocer el caudal adecuado para asegurar el abastecimiento de agua potable a la población de Pachía. f. Identificar los factores de consumo de la población para realizar un mejor diseño de las redes distribución 	<p>Hipotesis General El nuevo diseño de la red de distribución permitirá el abastecimiento de agua potable en el Distrito de Pachía, provincia y región de Tacna.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - El diseño de la red de distribución permitirá que cumpla las especificaciones técnicas de la presión y velocidad establecidas en la norma. - El caudal adecuado abastecerá la red de distribución de agua potable a la población de Pachía. - Con los factores de consumo de la población se mejorarán las redes de distribución de agua potable. 	<p>Identificación de la variable</p> <p>V. Independiente: Continuidad V. Dependiente: Diseño.</p> <p>Indicadores Variable Independientes: - Horas de consumo</p> <p>Variable Dependientes: - Número de Habitantes. - Población futura - Cantidad de lotes</p>	<p>Tipo de investigación: Explicativo Consiste en proveer una referencia del problema del sistema de agua potable el cual no ha sido profundizado, donde la información obtenida es a partir de una observación, lo cual servirá para analizar aspectos concretos del mismo.</p> <p>Diseño de investigación: Comprensivo En el nivel de investigación el estudio pretende explicar o proponer un adecuado diseño que permita satisfacer la necesidad de la población. Con los factores de consumo de la población se mejorarán las redes de distribución de agua potable.</p>

Anexo 2. Plano de Redes de Agua Potable de Pachía Actual