



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**MODELO DE ABASTECIMIENTO DEL SERVICIO  
DE AGUA POTABLE EN LOS SECTORES DE  
SANTA ISABEL Y CERRERA, DISTRITO  
DE ANTAUTA - MELGAR - PUNO**

**PRESENTADO POR**

**EGRESADO JAIME RITCHER YANAPA OCHOCHOQUE**

**ASESOR:**

**ING. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN**

**INGENIERÍA CIVIL**

**MOQUEGUA - PERÚ**

**2019**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
PORTADA	
Página de jurado.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Contenido.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la realidad del problema .....	1
1.2. Definición del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos .....	4
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.2. Objetivos específicos .....	4
1.4. Justificación .....	5
1.5. Alcances y limitaciones.....	7
1.6. Variables.....	8
1.6.1. Identificación de variables .....	8
1.6.2. Operacionalización de variables .....	8
1.7. Hipótesis de la investigación .....	9

1.7.1 Hipótesis general.....	9
1.7.1 Hipótesis derivada.....	9

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.2 Bases teóricas.....	12
2.2.1 Modelo .....	12
2.2.2 Abastecimiento de agua .....	12
2.2.3 Sostenibilidad.....	13
2.2.4 Fuentes de agua.....	15
2.2.5 Manantiales .....	17
2.2.6 Calidad del agua en la fuente. ....	18
2.2.6 Agua potable .....	20
2.2.7 Componentes de un sistema de abastecimiento .....	27
2.3 Definición de términos. ....	30
2.3.1 Modelo de abastecimiento del servicio de agua potable.....	31
2.3.2 Metodología de aplicación del modelo de abastecimiento de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera.....	33
2.3.3 Distrito de Antauta .....	35
2.3.4 Zona de estudio .....	38

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

3.1. Tipo de la investigación .....	41
3.2. Diseño de la investigación.....	41
3.3. Población y muestra .....	42
3.4. Descripción de instrumentos para la recolección de datos.....	43

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Presentación de resultados .....	45
4.1.1 Parámetros de diseño .....	46
4.1.2 Diseño y cálculo hidráulico.....	58
4.1.3 Estudio de mecánica de suelos .....	76
4.1.4 Diseño y cálculo estructural .....	81
4.2. Contrastación de hipótesis .....	99
4.3. Discusión de resultados.....	108

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones.....	113
5.2. Recomendaciones.....	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
APÉNDICES.....	118

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido de tablas</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Operacionalización de variables .....	8
Tabla 2. Aspectos cuantitativos y de explotación .....	16
Tabla 3. Aspectos cualitativos.....	16
Tabla 4. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos .....	20
Tabla 5. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica..	21
Tabla 6. Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos .....	22
Tabla 7. Límites máximos permisibles de parámetros químicos orgánicos.....	23
Tabla 8. Límites máximos permisibles (LMP) que utiliza la SUNASS .....	26
Tabla 9. Vía de acceso de capital de departamento hacia capital de distrito .....	38
Tabla 10. Vía de acceso de capital de distrito hacia área de intervención del proyecto .....	39
Tabla 11. Periodos de diseño máximos de infraestructura.....	47
Tabla 12. Tasa de crecimiento de la población .....	48
Tabla 13. Población estimada según departamento, provincia y distrito, 2009- 2015 .....	49
Tabla 14. Dotación según RNE (L/hab/d) .....	50
Tabla 15. Dotación de agua según opción tecnológica y región (L/hab.d).....	51
Tabla 16. Coeficientes k.....	52
Tabla 17. Coordenadas de las fuentes de agua.....	55
Tabla 18. Resultado de aforos de fuentes de agua .....	57
Tabla 19. Momentos calculados.....	90
Tabla 20. Momentos (kg-m) debido al empuje del agua .....	90

Tabla 21. Información descriptiva de la población obtenida con SPSS .....	99
Tabla 22. Datos con SPSS para contraste .....	101
Tabla 23. Cálculo del estadístico T .....	101
Tabla 24. Datos con SPSS para contraste .....	102
Tabla 25. Cálculo de estadístico T .....	103
Tabla 26. Datos con SPSS para contraste .....	104
Tabla 27. Cálculo de estadístico T .....	104
Tabla 28. Presupuesto del proyecto .....	105
Tabla 29. Beneficiarios que firmaron con la municipalidad distrital de Antauta	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido de figuras</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1. El enfoque de sostenibilidad en proyectos.....	14
Figura 2. Manante en ladera.....	17
Figura 3. Vías de contaminación y ejemplos de patógenos relacionados con el agua.....	19
Figura 4. Estándares de calidad de agua para diferentes usos.....	27
Figura 5. Válvula de aire.....	29
Figura 6. Válvula de purga.....	30
Figura 7. Modelo para mejorar el saneamiento básico .....	32
Figura 8. Aplicación del modelo – programación de fases.....	33
Figura 9. Mapa de ubicación del distrito de Antauta .....	37
Figura 10. Ubicación de fuentes.....	55
Figura 11. Aforo de manante .....	56
Figura 12. Muestras de agua .....	58
Figura 13. Bocatoma tipo.....	64
Figura 14. Características del reservorio.....	71
Figura 15. Esquemas de sistema de distribución .....	75
Figura 16. Excavación calicata N° 01 .....	76
Figura 17. Excavación calicata N° 02.....	77
Figura 18. Excavación calicata N° 03 – reservorio.....	77
Figura 19. Excavación calicata N° 04.....	78
Figura 20. El secado de muestras.....	78
Figura 21. Ensayo de granulometría .....	79

Figura 22. Ensayo límite líquido y límite plástico .....	79
Figura 23. Ensayo de densidad máxima y mínima .....	80
Figura 24. Ensayo de corte directo.....	81
Figura 25. Esquema de fuerzas en el reservorio .....	89
Figura 26. Estructura del reservorio.....	98
Figura 27. Normalización de las Presiones .....	100
Figura 28. Gráfico de estadístico T .....	102
Figura 29. Gráfico de estadístico T .....	103
Figura 30. Gráfico de estadístico T .....	104
Figura 31. Presupuesto del proyecto .....	106
Figura 32. Total de beneficiarios que comprende el proyecto .....	107
Figura 33. Resumen del cálculo de la línea de conducción .....	109
Figura 34. Gradiente hidráulico en azul.....	110
Figura 35. Resumen de cálculo de línea de aducción .....	110
Figura 36. Gradiente hidráulico de una línea de aducción.....	110
Figura 37. Resumen de cálculo de red de distribución .....	111
Figura 38. Gradiente hidráulico del sistema de distribución(en azul) .....	112
Figura 39. Hoja de cálculo de línea de conducción .....	119
Figura 40. Cálculo de las líneas de aducción .....	120
Figura 41. Cálculo de las redes de distribución .....	122
Figura 42. Resultado de análisis de fuentes de agua.....	144

## ÍNDICE DE APÉNDICES

<b>Contenido de apéndices</b>	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Diseño de la línea de conducción, línea de aducción y red de distribución por tramos.....	118
Apéndice B. Presupuesta del sistema de agua potable optimizado.....	130
Apéndice C. Resultados de presiones de sistemas.....	141
Apéndice D. Resultados de análisis de las fuentes de agua.....	144
Apéndice E. Convenio firmado por beneficiarios de los sectores de Cerrera y Santa Isabel.....	151

## RESUMEN

El abastecimiento de agua potable a poblaciones rurales en el Perú es una política nacional siendo prioridad garantizar la calidad, inocuidad, y suministro continuo a la población. Las fuentes provenientes de aguas subterráneas ubicadas en los andes a más de 4000 msnm es muchas veces la única fuente de agua potable para los habitantes de las zonas rurales. En la presente investigación se desarrolla un modelo de abastecimiento de agua potable de acorde a las condiciones de la zona, 12 sistemas independientes dispersos con captaciones de agua ubicadas lo más cerca posible de los beneficiarios optimizando costos relacionados con las longitudes de conducción y garantizando la sostenibilidad del sistema utilizando materiales de bajo costo, comercialmente disponibles y participación de los beneficiarios en convenio con la municipalidad distrital de Antauta provincia de Melgar en la región Puno. El diseño sistema de redes de abastecimiento abiertas para poblaciones rurales se ha desarrollado en hojas de cálculo, que permiten apreciar directamente, como el modelo matemático representa la realidad, verificando la presión que se debe mantener por debajo de 50 m.c.a., en el sistema, especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

*Palabras clave:* Modelo, abastecimiento, saneamiento básico.

## **ABSTRACT**

The supply of drinking water to rural populations in Peru is a national policy, with priority to guarantee quality, safety, and continuous supply to the population. The sources of groundwater located in the Andes at more than 4000 msnm are often the only source of drinking water for the inhabitants of rural areas. In the present investigation, a drinking water supply model according to the conditions of the area is developed, 12 independent dispersed systems with water catchments located as close as possible to the beneficiaries, optimizing costs related to driving lengths and guaranteeing sustainability. Of the system using low cost materials, commercially available and participation of the beneficiaries in agreement with the district municipality of Antauta province of Melgar in the Puno region. The design system of open supply networks for rural populations has been developed in spreadsheets, which allow to appreciate directly, as the mathematical model represents reality, verifying the pressure that must be kept below 50 mca, in the system, specified in the national building regulations.

*Keywords:* Model, catering, basic sanitation.

## INTRODUCCIÓN

La población estimada del Perú al año 2016 es de 31,4 millones de habitantes, de los cuales, el 77,2 % vive en el ámbito urbano, mientras que el 22,8 % vive en el ámbito rural. Se estima que 3,4 millones de peruanos carecen del servicio de agua y 8,0 millones de peruanos carecen del servicio de alcantarillado.

Por su parte, en el área rural, la cobertura de agua potable, medida como el acceso a una fuente segura, es 70,5 % en agua; mientras que la de alcantarillado alcanza el 23,7 % (Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA, 2017).

Las cifras oficiales mencionadas líneas arriba indican la necesidad y urgencia reconocida por el estado de los proyectos de agua potable en el sector rural.

Los sectores de Santa Isabel y Cerrera se encuentran en el distrito de Antauta, provincia de Melgar, Puno. Zona netamente rural, cuya actividad principal es la producción agropecuaria, principal fuente de ingresos.

El principal problema de Santa Isabel y Cerrera es la falta de cobertura en el servicio de abastecimiento de agua, aunado a la baja calidad para fines de consumo humano, causando generalmente enfermedades gastrointestinales o EDAs (enfermedades diarreicas agudas).

Según el Ministerio de Salud (MINSA) que monitorea la casuística de estas enfermedades a través del (Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de enfermedades, 2018) reporta que el departamento de Puno ha mantenido del 2013 al 2017 una media de 18000 casos de EDAs.

El mismo Ministerio de Salud indica:

“La tendencia de los episodios de enfermedades diarreicas agudas (EDA) en los últimos 06 años (2012-2017), en las personas mayores de 5 años, es al incremento; situación contraria ocurre en los menores de 5 años, donde la tendencia es al descenso; además las EDA presentan un patrón estacional, cuya mayor incidencia ocurre en las temporadas cálidas” (Ordoñez, 2017)

Como se parecía existe a nivel del estado un diagnóstico acerca de la problemática de las EDAs y como se aprecia en la última cita la tendencia es al incremento en adultos.

La Contraloría General de la República viene observando las diferencias sustanciales que se manifiestan en los diferentes criterios que se adoptan al formular los perfiles, expedientes técnicos, que muchas veces no responden a la necesidad de solucionar el problema técnicamente y económicamente, sino que se adoptan soluciones costosas, falta de sostenibilidad en el tiempo por los mayores costos de operación y mantenimiento que requiere el sistema para su sostenibilidad.

Entonces a través de la presente investigación se propone un modelo de sistema de abastecimiento de agua potable en el sector rural, que contempla múltiples tomas de fuentes de agua subterránea, incorporadas a un sistema abierto de abastecimiento de agua potable.

Siendo el modelo de abastecimiento planteado el de mejor funcionalidad para las condiciones de la zona alto andina que es Cerrera y Santa Isabel.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Descripción de la realidad del problema**

En el ámbito rural la problemática en el servicio de agua potable esta generalmente relacionada a varios factores entre los que podemos mencionar:

- Poca participación de la comunidad
- Inexistencia de EPS en la zona, sin pago de costos de por el servicio de agua
- Deficiencias técnicas y/o autoconstrucción de sistemas de abastecimiento de agua.
- Falta de mantenimiento, y personal calificado.

Otra problemática supone los diferentes criterios para la elaboración de expedientes técnicos de inversiones en saneamiento, que muchas veces no siguen el criterio técnico de la mejor alternativa que haga eficiente una inversión. No teniendo el efecto social esperado.

Las diferentes condiciones geográficas del Perú hacen que una propuesta sea única para cada región geográfica, pero esto trae a veces problemas de sobre

dimensionamiento siendo estos insostenibles en el tiempo. Por sus elevados costos de operación y mantenimiento

“La Contraloría General de la República ha detectado las siguientes deficiencias relacionadas a la elaboración de perfiles: i) Aprobación del expediente técnico sin contar con perfil de inversión; ii) Reformulación del expediente técnico.” (Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA, 2017)

Si bien un proyecto se inicia en la concepción del mismo para responder a una problemática presentada en la realidad de la zona de intervención, el primer paso es pues la elaboración del expediente técnico, pero este expediente técnico ya viene con los parámetros que han sido formulados al momento de realizar el estudio de pre inversión y realizar el perfil del mismo, por tanto entonces, si se quiere que dicho expediente este adecuadamente formulado entonces el momento crucial de la elaboración de un proyecto es el proceso de formulación del perfil del proyecto.

El caso de la reformulación del expediente técnico generalmente se presenta cuando ya iniciada la ejecución del proyecto en atención al expediente técnico, se encuentra que lo propuesto en el expediente técnico no corresponde a lo encontrado en campo, es decir existe una marcada divergencia entre lo desarrollado en el expediente técnico y lo que se encuentra en campo siendo esta una de las razones de reformulación del expediente técnico, además es de mencionar que cuando se modifica el alcance del proyecto modificando el alcance, es que, también se realiza la reformulación del expediente técnico, el mismo que adecuadamente sustentado da origen a la variación del presupuesto inicialmente aprobado.

Como se muestra en los párrafos anteriores está claro que la búsqueda a la solución del problema de abastecimiento trae consigo otro tipo de problemáticas en la formulación del expediente técnico lo que influye al momento de implementar la solución planteada en el expediente técnico, pues se tiene los inconvenientes de reformulación de expediente técnicos, influyendo en la ejecución del proyecto, incremento de plazos y lo conocido como adicionales de obra que hace que finalmente el proyecto no se parezca demasiado al formulado en el expediente técnico.

Entonces frente a esta problemática y más aún como la misma contraloría lo reconoce no se tienen metodologías especificadas en función de la problemática entonces investigación busca responder las siguientes preguntas: ¿Es posible proponer un modelo de abastecimiento de agua rural para los sectores de Santa Isabel y Cerrera? ¿El modelo de abastecimiento de agua potable propuesto es replicable en otros sectores de tal forma que sea un modelo a utilizar en otros proyectos de la municipalidad distrital de Antauta? ¿La propuesta de modelo de abastecimiento es sostenible por la municipalidad distrital de Antauta, con eficiencia técnica administrativa y financiera? ¿El modelo de abastecimiento aprovecha y minimiza la capacidad instalada ociosa en los sectores de Santa Isabel y Cerrera? ¿El modelo de abastecimiento es la que considera criterios de costo económico optimizado para la realidad de los poblados del distrito de Antauta?

## **1.2 Definición del problema**

Partiendo de la definición que un modelo sirve para ser imitado o reproducido y teniendo en cuenta las recomendaciones de la política nacional de saneamiento de agua potable. Es que establecemos el problema principal.

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo es un modelo óptimo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar - Puno?

### **1.2.2 Problemas específicos**

¿Cómo el modelo de abastecimiento del servicio de agua potable propuesto considera criterios de costo económico optimizado para la realidad de los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno?

¿La propuesta de modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno, es sostenible técnica, administrativa y financieramente?

¿Cómo el modelo de abastecimiento del servicio de agua potable propuesto aprovecha y minimiza la capacidad instalada ociosa en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar un modelo óptimo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar - Puno.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Demostrar que el modelo de abastecimiento propuesto considera criterios de costo económico optimizado para la realidad de los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno

Determinar el modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno, es sostenible por la

municipalidad distrital de Antauta, ¿con eficiencia técnica administrativa y financiera.

Demostrar que el modelo de abastecimiento propuesto aprovecha y minimiza la capacidad instalada ociosa en los los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno

#### **1.4 Justificación**

Según el Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA (2017), “en el ámbito rural se concentra el 62,2 % de la población que no tiene acceso al agua, así como el 68,2 % de población que carece de servicios de alcantarillado” como vemos los sectores de Santa Isabel y cerrera pertenecen a esta estadística, tanto es así que a nivel del gobierno central, las políticas de gobierno establecen la prioridad presupuestal de este tipo de proyectos pero además, la justificación de esta investigación se puede desarrollar en los siguientes aspectos:

##### **1.4.1 Desde la perspectiva teórica**

Determinar un modelo de abastecimiento del servicio de agua potable que aprovechando las condiciones de la zona, es decir que sea para las condiciones características de la zona y que permita técnicamente minimizar los costos y que además sea sostenible en el tiempo es un proceso que implica tomar muy en cuenta no solo la parte técnica, sino visualizar la integridad del proyecto, pues como es sabido en estas zonas no existe las EPS por ende le proyecto desde su concepción debe involucra a la población a fin de que ellos interiorizando el proyecto sean responsables de su mantenimiento lo que devenía en una sostenibilidad del proyecto que muchas veces fracasan en el aspecto social. Pues la presente investigación

propone un modelo de abastecimiento a las condiciones de la zona con los materiales de la zona y adema con una propuesta técnica sencilla que permita que los mismos usuarios monitoreen constantemente el sistema. Ese es desde el punto de vista teórico la propuesta del presente proyecto.

#### **1.4.2 Desde la perspectiva práctica**

Un expediente técnico es la base para la ejecución del proyecto, pero si este no es bien formulado, pasara a incrementar los riesgos que se presentan en obra tales como retrasos en el abastecimiento de los materiales, almacenamiento de materiales deficientes, afectando la logística y seguridad de la obra. Además, el proceso de supervisión se basa en el expediente técnico, pues por definición la supervisión procede a hacer cumplir lo que detalla el expediente técnico, que a través de los ensayos de control de calidad validara lo realizado al momento de la ejecución del proyecto.

La formulación adecuada de un proyecto traducido a un expediente técnico disminuirá la probabilidad de retrasen en la ejecución, generación de costos adicionales evitar los costos innecesarios llegando al abandono del proyecto, lo que conlleva a que la población no se beneficie con el proyecto, se presenten disminución del servicio de abastecimiento lo que conduce a conflictos sociales. Como vemos la importancia de una buena formulación del proyecto es importante.

La aplicación práctica de la presente investigación va a ser dotar de un modelo de abastecimiento del servicio de agua potable para el distrito de Antauta que por estar diseñado a las condiciones y características de la zona permita ser una guía práctica aplicada de los procesos que debe contar un expediente técnico y así

poder replicarlo dentro de su área de influencia viendo lógicamente adecuado a las condiciones características de la zona.

#### **1.4.3 Desde la perspectiva metodológica**

El modelo de servicio de abastecimiento planteado recoge las propuestas y recomendaciones de las políticas nacionales de abastecimiento de agua potable, y es más detallada los procesos analíticos mediante los cuales se ha llegado a proponer el presente modelo.

Desde la parte tecnológica se aplican el uso de software de modelado de sistemas abiertos de abastecimiento de agua potable, tema generalmente no tratado en la formación académica, pero que en el caso de poblaciones como en el de Santa Isabel y Cerrera la ubicación de los beneficiarios no está focalizada en un punto, sino que se encuentran a lo largo de la red de conducción y por ende son temas de cálculo hidráulico que corresponde a la realidad de las zonas rurales.

#### **1.4.4 Desde la perspectiva social**

Se beneficiarían del proyecto directamente los 404 pobladores de sectores de Santa Isabel y Cerrera, e indirectamente los 404 pobladores del distrito de Antauta pues la metodología desarrollada para su realidad de la zona puede ser utilizada como base para la formulación de futuros proyectos de agua que finalmente es el objetivo del presente proyecto.

### **1.5 Alcances y limitaciones**

Este trabajo es una aplicación de la metodología de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural, la cual fue aprobada este 2018, meses antes de la formulación del presente proyecto de investigación. Es por esta

razón que el alcance de este proyecto de investigación es el diseño de los elementos del sistema de abastecimiento según los parámetros ya establecidos.

Las limitaciones del presente proyecto de investigación está limitado al proceso de formulación del expediente, contemplando los aspectos hidráulicos, geotécnicos y estructurales, mas no el proceso de la ejecución.

## 1.6 Variables

### 1.6.1 Identificación de variables

#### 1.6.1.1 Variable independiente.

- Costo

#### 1.6.1.2 Variable dependiente.

- Modelo
- Sostenibilidad técnica
- Sostenibilidad económica
- Capacidad instalada

### 1.6.2 Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

Variable	Indicador	Unidad/categorías	Escala
Costo	Monto	Soles	Intervalo
Modelo	Económico	Soles	Intervalo
Sostenibilidad	Económico	Soles	Intervalo
	Técnico	L/s	Intervalo
Capacidad instalada	Caudal	m <sup>3</sup> /s	Intervalo

## **1.7 Hipótesis de la investigación**

Entendiendo que la hipótesis es una probable explicación del suceso o fenómeno de estudio, para la presente investigación se formula la siguiente hipótesis.

### **1.7.1 Hipótesis general**

El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar - Puno, es el óptimo.

### **1.7.1 Hipótesis derivada**

El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable propuesto considera criterios de costo económico para la realidad de los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno

El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno, es sostenible técnica, administrativa y financieramente.

El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable propuesto aprovecha y minimiza la capacidad instalada ociosa en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Ámbito internacional

La importancia de realizar un proyecto de abastecimiento del servicio de agua potable y las consecuencias de no hacerlo de esta manera es desarrollado en la tesis *Designing a Sustainable System for water Supply and Sanitation in Rural Peru*, en el cual (Linnéa, 2009) sostiene:

Tradicionalmente, la planificación y el diseño de agua potable y saneamiento (APS) en el mundo en desarrollo han sido caracterizados por fallos grandes, para comprender los problemas, este trabajo comenzó con un estudio amplio sobre el tema (p.5).

Respecto al periodo de diseño de la infraestructura, a nivel internacional en la tesis *Rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable, diseño del alcantarillado Sanitario y de aguas pluvias para el municipio de San Luis del Carmen, departamento de Chalatenango*, en sus conclusiones, Batres, Flores, y Quintanilla (2010) afirman:

La determinación de la intensidad de diseño se hizo para un periodo de retorno de 25 años, ya que el proyecto se encuentra en la zona rural de nuestro país; la inversión que se hará se proyecta que sea la más necesaria, es por esto que se determinó un periodo lo suficientemente grande para no incurrir al rediseño del sistema de drenaje de aguas lluvias (p.292).

Como vemos aclara y vincula los periodos de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con el de saneamiento básico a fin de no tener inconvenientes.

### **2.1.2 Ámbito nacional**

EL proyecto al ser formulado debe incluir el efecto del clima en la realización del cronograma de ejecución de obra, en la investigación: *Evaluación y diseño hidráulico del sistema de suministro de agua potable en el C.P. el Cedrón, Illanes* (2016) recomienda:

Se recomienda la ejecución de obras, en los meses de menor precipitación pluvial.

Se recomienda realizar constante mantenimiento a las estructuras hidráulicas, para evitar el deterioro de las mismas. (p.51)

### **2.1.3 Ámbito local**

En al proceso de diseño y cálculo hidráulico del modelo de abastecimiento, la dotación, que es la cantidad de agua asignada para el consumo por persona, ha sido materia de la investigación en la tesis *Evaluación de la dotación para el abastecimiento de agua potable en la población concentrada del distrito de Vilavila – Lampa – Puno* el autor (Tisnado, 2014) concluye:

La evaluación de la dotación per cápita para la localidad de Vilavila es de 70 L/hab./día y el consumo de agua en época de verano es de 52,77 L/hab./día y para la época de invierno de 47,45 L/hab./día; y el consumo medio para ambas épocas es de 50,11 L/hab./día. (p.81)

Como se aprecia en la investigación se verifica que la dotación encontrada 70 L/hab/día es menor a la establecida en la norma 120 L/hab/día. Entonces podemos concluir que la dotación establecida en el reglamento para un modelo de diseño de abastecimiento para las características de la zona es suficiente para el abastecimiento de la población de Santa Isabel y Cerrera.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Modelo**

La definición de modelo en una de acepciones del diccionario de la lengua española que es aquello que se toma como referencia para tratar de producir algo igual. Esta definición es la que se utilizará en la presente investigación,

Un modelo de servicio de abastecimiento de agua potable entonces corresponde pues al conjunto de elementos que debe contar de tal forma que luego pueda ser reproducido el modelo de tal forma que se adecue a la realidad de la zona, es decir a los sectores de Santa Isabel y Cerrera.

### **2.2.2 Abastecimiento de agua**

El abastecimiento de agua potable es un sistema que está conformado por diferentes estructuras, las que se diseñarán de acuerdo al volumen y requerimiento que tenga el sistema. Estas estructuras deberán cumplir requerimientos de resistencia, durabilidad y economía.

El abastecimiento de agua potable deberá suministrar suficiente cantidad de agua para una población beneficiaria, la que incluirá posibles crecimientos de la población beneficiaria en un determinado lapso de tiempo.

Además del suministro de agua un sistema de abastecimiento influirá directamente en la reducción de enfermedades conocidas como EDAs que están asociados a la falta de abastecimiento de agua potable.

Para el diseño de un sistema de abastecimiento se tendrán en cuenta los siguientes criterios de diseño, según Arocha (2009):

- Consumo de agua.
- Periodos de diseño y vida útil de la estructura.
- Variaciones periódicas de los consumos.
- Clases de tuberías y materiales a utilizar (p.3).

### **2.2.3 Sistema de abastecimiento por gravedad**

Cuando el agua se desplaza por efecto de su propio peso desde una fuente ubicada en una cota superior hasta la población beneficiaria ubicada en una cota inferior. La energía que se utiliza para que el agua se desplace es la que corresponde a la energía potencial que tiene el agua en razón a su altura (Arnalich, 2008).

### **2.2.4 Sostenibilidad**

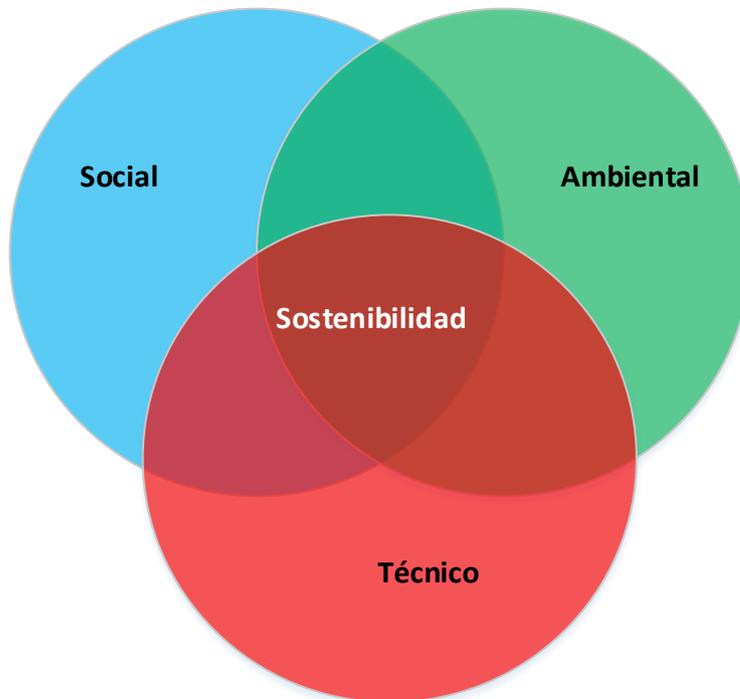
Según cualidad de sostenible, “especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente” (Real Academia Española, 2018).

La sostenibilidad es un factor importante en la solución del problema de abastecimiento en las zonas rurales, pues la solución debe de basarse en tres ejes importantes, la técnica, social y ambiental.

En la parte técnica se busca plantear una solución a la infraestructura de acuerdo a la realidad de la zona y esta debe ir de la mano de la organización para la administración, operación y mantenimiento.

En la parte social se logra con una capacitación a los beneficiarios que involucre la interiorización del proyecto.

En la parte ambiental, es el enfoque hacia responsabilidad y participación activa hacia el medio ambiente, lo que se traduce en proteger las fuentes de agua, la no contaminación del agua y de las zonas de recarga hídrica.



*Figura 1.* El enfoque de sostenibilidad en proyectos

### **2.2.5 Fuentes de agua**

Las fuentes de abastecimiento de agua constituyen la parte principal en el diseño de un sistema de abastecimiento y es lo primero a definirse en razón a criterios de tipo, cantidad, calidad y su ubicación (Arocha, 2009).

Las fuentes de abastecimiento pueden ser;

- Agua de lluvia
- Agua superficial
- Aguas subterráneas.

#### ***2.2.5.1 Agua de lluvia.***

Se logra colectando el agua de los techos de las viviendas, generalmente en lugares donde las aguas superficiales o subterráneas no tienen la cantidad necesaria para el abastecimiento (Apaza, 1996).

#### ***2.2.5.2 Agua superficial.***

La que se encuentra en ríos, lagos y lagunas. La cantidad disponible está en función de la cuenca colectora de la precipitación pluvial y las pérdidas ocasionadas por evaporación, evapotranspiración e infiltración (Apaza, 1996).

#### ***2.2.5.3 Aguas subterráneas.***

El agua producto de la precipitación pluvial se infiltra en el suelo formando las aguas subterráneas, dando origen a los pozos y manantiales.

Las características de las aguas superficiales y subterráneas

**Tabla 2***Aspectos cuantitativos y de explotación*

<b>Aguas superficiales</b>	<b>Aguas subterráneas</b>
Generalmente aportan mayores caudales	Generalmente solo disponen de caudales relativamente bajos
Caudales variables	Poca variabilidad del caudal
No siempre precisan bombeo	Generalmente requieren bombeo
Generalmente la captación debe hacerse distante del sitio de consumo	Permiten más cercanía al sitio de utilización
Costos de bombeo relativamente bajos	Costos de bombeo más altos

Fuente: Arocha, 2009, p.309

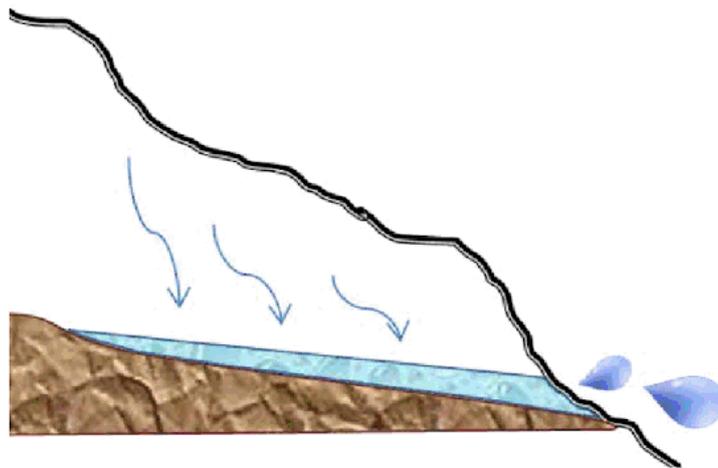
**Tabla 3***Aspectos cualitativos*

<b>Turbiedad</b>	<b>Variable (baja o muy alta)</b>	<b>Prácticamente ninguno</b>
Color	Variable	Constante, bajo o ninguno
Temperatura	Variable	Constante
Mineralización	Variable, generalmente muy alta	Constante y dependiente del suelo
Dureza	Generalmente baja	Dependiente del suelo, generalmente alta
Estabilización	Variables, generalmente algo corrosivas	Constante, generalmente algo incrustantes
Contaminación Bacteriológica	Variable, generalmente contaminadas	Constante, generalmente poca o ninguna
Contaminación radiológica	Expuestas a contaminación	Protegida contra la contaminación

Fuente: Arocha, 2009, p.309

### 2.2.6 Manantiales

Un manantial es donde el agua subterránea aflora a la superficie, normalmente en la ladera del cerro. El agua que se ha infiltrado en el suelo llega hasta una superficie impermeable discuriendo por encima de esta. Si la capa impermeable llega a la superficie entonces el agua aflora (Arnalich, 2008).



*Figura 2.* Manante en ladera  
Fuente: Arnalich, 2008, p.27

Los manantiales pueden clasificarse como:

#### ***2.2.6.1 Manantiales de gravedad.***

Cuando el agua después de filtrar por un material permeable, alcanza un estrato impermeable aflora a la superficie. Este tipo de manantiales son sensibles a la variación de las estaciones, pues disminuyen hasta secarse en ocasiones. Comúnmente su caudal es bajo (Apaza, 1996)

#### ***2.2.6.2 Manantiales artesianos.***

Se originan cuando el estrato confinante se fractura o cuando esta descarga a un nivel topográficamente más bajo, son generalmente más seguros que los de gravedad (Apaza, 1996).

### ***2.2.6.3 Manantiales filtrantes.***

Cuando el agua brota a través de materiales granulares como arena, grava u otros materiales que tenga intersticios muy pequeños. Se caracterizan generalmente por no tener contaminación de bacterias, siendo susceptible a contaminación superficial por escurrimiento (Apaza, 1996).

### ***2.2.6.4 Manantiales tubulares.***

La acción disolvente del agua forma cavidades o conductos de agua a través de la roca caliza y otras rocas solubles, el agua brota libremente a través de dichas aberturas o canales (Apaza, 1996).

### ***2.2.6.5 Manantiales fisurados.***

El afloramiento del agua se encuentra en juntas o planos de falla de los estratos fracturados. Si el estrato es profundo pueden proveer agua sin contaminación, pero por su naturaleza al haberse fracturado el estrato confinante pueden también ser contaminado por otros (Apaza, 1996).

## **2.2.7 Calidad del agua en la fuente**

Siendo el agua indispensable para la vida, el primer paso en la fuente es la evaluación de las características física, química y bacteriológica del agua en la fuente.

Es reconocido que el mayor riesgo inmediato de contraer enfermedades causada por microorganismos patógenos es por la ingesta de agua contaminada con heces de animales y humanas (Rojas, 2002).

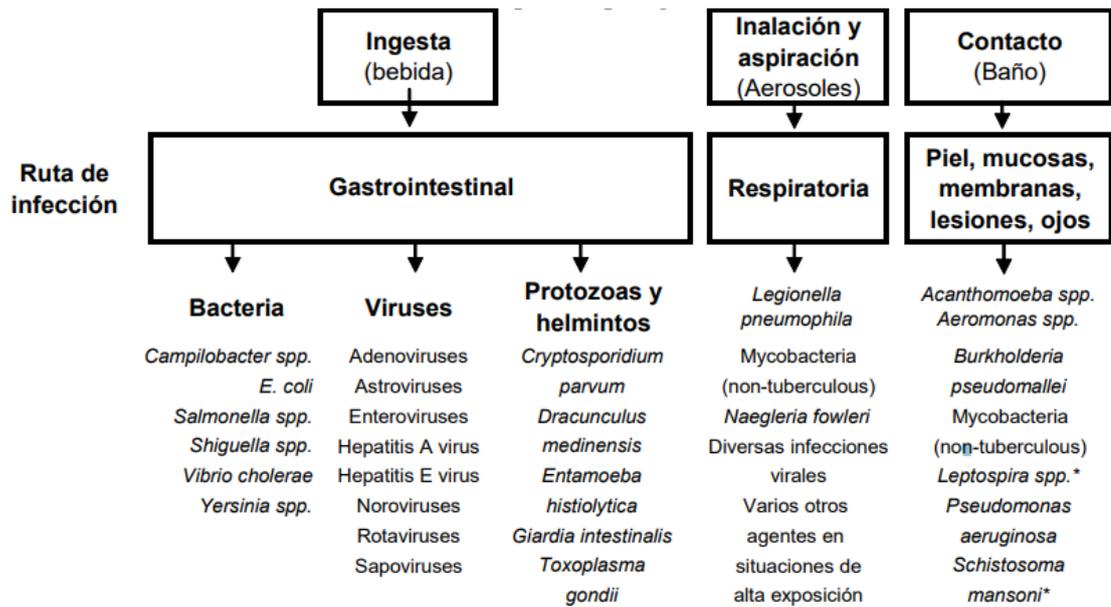


Figura 3. Vías de contaminación y ejemplos de patógenos relacionados con el agua  
Fuente: Lampoglia, Agüero y Barrios, 2008

El riesgo por presencia de sustancias químicas no tiene los mismos efectos que por presencia de microorganismos, pues los efectos de los primeros son más agudos, y se manifiestan tras largos periodos de exposición, por lo que la presencia de sustancias químicas nocivas para el ser humano serán aquellas acumulativas. Entre estos dos riesgos se afirma que si la fuente está contaminada con microorganismo es prioritario pasando a un segundo plano el riesgo por contaminación química (Rojas, 2002).

Las características organolépticas del agua (las que son percibidas por los sentidos del consumidor, como turbiedad, color, olor, sabor) son un factor importante de rechazo por parte del consumidor. Pero también esa claro que la ausencia de efectos sensoriales no es sinónimo de garantía de inocuidad del agua (Rojas, 2002).

## 2.2.8 Agua potable

El agua naturalmente contiene impurezas físico- química o bacteriológica las cuales varía de acuerdo al tipo de fuente.

El agua para consumo humano debe cumplir los requisitos de calidad establecidos en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, el mismo que esta detallado en el Decreto Supremo N°031-2010-SA.-Ministerio de Salud. Siendo estos parámetros los siguientes

### 2.2.8.1 Parámetros microbiológicos y otros organismos

El agua para consumo humano no debe contar con presencia de microorganismos, en la tabla 4, se alcanza los límites establecidos:

**Tabla 4**

*Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias coliformes totales.	UFC/100 mL a 35°C	0
2. E. coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0
3. Bacterias coliformes termotolerantes o fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible

*Nota.* UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, 2011, p.389

### 2.2.8.2 Parámetros de calidad organoléptica.

Estos se refieren a la calidad del agua que se encuentra dentro de las tuberías del sistema de abastecimiento.

**Tabla 5**  
*Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl - L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> = L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

*Nota.* UCV = Unidad de color verdadero  
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, 2011

### 2.2.8.3 Parámetros de calidad químicos inorgánicos.

**Tabla 6**

*Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos*

<b>Parámetros Inorgánicos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Niquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015

### 2.2.8.4 Parámetros de calidad químicos orgánicos.

**Tabla 7**

*Límites máximos permisibles de parámetros químicos orgánicos*

<b>Parámetros orgánicos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Trihalometanos totales (nota 3)	mgL <sup>-1</sup>	1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mgL <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mgL <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrin	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxicloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mgL <sup>-1</sup>	0,030
17. Acrilamida	mgL <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mgL <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,04
23. Monocloramina	mgL <sup>-1</sup>	3
24. Tricloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL <sup>-1</sup>	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL <sup>-1</sup>	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3

**Tabla 7***Límites máximos permisibles de parámetros químicos orgánicos (continuación)*

<b>Parámetros orgánicos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
29. 1,1- Dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
30. 1,2- Dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,05
31. Diclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL <sup>-1</sup>	0,6
33. Etilbenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
35. Ácido Nitrilotriacético	mgL <sup>-1</sup>	0,2
36. Estireno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
37. Tolueno	mgL <sup>-1</sup>	0,7
38. Xileno	mgL <sup>-1</sup>	0,5
39. Atrazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
40. Carbofurano	mgL <sup>-1</sup>	0,007
41. Clorotoluron	mgL <sup>-1</sup>	0,03
42. Cianazina	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
43. 2,4- DB	mgL <sup>-1</sup>	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL <sup>-1</sup>	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
48. Dicloroprop	mgL <sup>-1</sup>	0,1
49. Dimetato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
50. Fenoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,009
51. Isoproturon	mgL <sup>-1</sup>	0,009
52. MCPA	mgL <sup>-1</sup>	0,002
53. Mecoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,01
54. Metolacoloro	mgL <sup>-1</sup>	0,01
55. Molinato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
56. Pendimetalina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
57. Simazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
58. 2,4,5- T	mgL <sup>-1</sup>	0,009
59. Terbutilazina	mgL <sup>-1</sup>	0,007

**Tabla 7***Límites máximos permisibles de parámetros químicos orgánicos (continuación)*

<b>Parámetros orgánicos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
60. Trifluralina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
61. Cloropirifos	mgL <sup>-1</sup>	0,03
62. Piriproxifeno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
63. Microcistin-LR	mgL <sup>-1</sup>	0,001
64. Bromato	mgL <sup>-1</sup>	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,06
66. Bromoformo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL <sup>-1</sup>	0,01
68. Cloroformo	mgL <sup>-1</sup>	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL <sup>-1</sup>	0,07
70. Dibromoacetanitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,07
71. Dibromoclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,1
72. Dicloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,05
73. Dicloroacetanitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,02
74. Formaldehído	mgL <sup>-1</sup>	0,9
75. Monocloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,02
76. Tricloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2

*Nota 1.* En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL-1.

*Nota 2.* Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL-1.

*Nota 3.* La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (cloroformo, dibromoclorometano, bromodiclorometano y bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula

$$\frac{C_{cloroformo}}{LMP_{cloroformo}} + \frac{C_{Dibromoclorometano}}{LMP_{Dibromoclorometano}} + \frac{C_{Bromodiclorometano}}{LMP_{Bromodiclorometano}} + \frac{C_{Bromoformo}}{LMP_{Bromoformo}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, 2011, p.42

Se aclara que los límites máximos permisibles han sido modificados por la SUNASS incrementándose los límites máximos permisibles tales como el arsénico.

**2.2.8.5 Límites máximo permisibles (LMP) referenciales de los parámetros de calidad del agua SUNASS.**

**Tabla 8**  
*Límites máximo permisibles (LMP) que utiliza la SUNASS*

<b>Parámetro</b>	<b>LMP</b>	<b>Referencia</b>
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia) (1)	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	6,5 – 8,5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	1500	(3)
Color, UCV – Pt-Co	20	(2)
Cloruros, mg/L	250	(2)
Sulfatos, mg/L	250	(2)
Dureza, mg/L	500	(3)
Nitratos, mg NO <sub>3</sub> /L	50	(1)
Hierro, mg/L 0,3	0,3 (Fe + Mn = 0,5)	(2)
Manganeso, mg/L 0,2	0,2 (Fe + Mn = 0,5)	(2)
Aluminio, mg/L	0,2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L	0,1	(2)
Cadmio, mg/L	0,003	(1)
Arsénico, mg/L	0,1	(2)
Mercurio, mg/L	0,001	(1)
Cromo, mg/L	0,05	(1)
Flúor, mg/L	2	(2)

Fuente: SUNASS, 2000

Esta observación es corroborada por el estudio el agua en el Perú: Situación y Perspectivas realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, siendo los parámetros de agua potable según el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, que corrobora el mostrado por la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (2011).

ECA AGUA ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AGUA - PERÚ		Categoría 1: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Categoría 3: Riego	Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático			
Parámetro	Unidad	A1: Con simple desinfección	A2: Con tratamiento convencional	A3: Con tratamiento avanzado	Riego de vegetales de tallo alto y tallo bajo	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos Costa y sierra y selva	E2: Ecosistemas marinos costeros	
								Estuarios	Marinos
DBO	mg/L	3	5	10	15	5	10	15	10
DQO	mg/L	10	20	30	40	**	-	**	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15	0,1	0,15	0,16	0,036	0,036
Cadmio	mg/L	0,03	0,05	0,01	0,01	0,00025*	0,00025*	0,0088*	0,0088*
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5	0,2	-	-	-	-
Hierro	mg/L	0,3	1	5	5	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 mL	10000	20	2000	1000	1000	2000	1000	2000

Figura 4. Estándares de calidad de agua para diferentes usos  
Fuente: Bauer, Castro y Chung, 2017

## 2.2.9 Componentes de un sistema de abastecimiento

Un sistema de abastecimiento generalmente está compuesto por los siguientes elementos:

### 2.2.9.1 Captación.

Es aquella estructura que se ubica directamente sobre la fuente a fin de captar el caudal e ingresarlo a la tubería de aducción (Arocha, 2009).

Cada captación es concebida según las características propias constituyendo en una propuesta que se adopta a la realidad (Arnalich, 2008).

### **2.2.9.2 Línea de conducción.**

Dependiendo de la ubicación y tipo de fuente, la línea de conducción es la tubería que conduce el agua desde la estructura de captación hasta el reservorio de almacenamiento. Esta definición incluye todos los accesorios, válvulas y dispositivos que se encuentren incorporados a la línea de conducción (Arocha, 2009).

### **2.2.9.3 Reservorio.**

Estructura básica del sistema de abastecimiento de agua potable y básico para diseñar el sistema de distribución. El diseño del reservorio debe cumplir con tres propósitos (Arocha, 2009).

- Garantizar el abastecimiento continuo de agua compensando las variaciones que se producen durante el día.
- Mantener las presiones de servicio en la red de distribución
- Mantener un volumen de agua almacenado para su uso en casos de emergencia, tales como incendios o interrupciones de suministro de agua desde la captación por daño en la tubería de conducción. (p.127)

### **2.2.9.4 Red de distribución.**

Es el conjunto de tuberías que parte del reservorio y siguiendo el desarrollo de las vías sirven para llevar el agua al usuario. Al igual que la línea de conducción todos los accesorios que están integrados a la tubería pertenecen a la red de distribución

Para el diseño es necesario haber establecido la captación y el reservorio de almacenamiento. La importancia de este proceso es que el diseño de la red de abastecimiento deberá garantizar un suministro continuo y eficiente de agua en la

cantidad y presión adecuada durante el periodo de vida útil del sistema de distribución (Arocha, 2009).

El caudal de agua a ser distribuido por la red está determinado por la dotación asignada según la cantidad de población y los factores establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### **2.2.9.5 Válvulas de aire.**

Conocidas también como ventosas tienen la función de eliminar el aire, en las líneas por gravedad el aire tiende a situarse en zonas altas de relativa baja presión creando depósitos de aires que reducen el ara útil de la tubería (Arocha, 2009).



*Figura 5.* Válvula de aire  
Fuente: Arocha, 2009

#### **2.2.9.6 Válvulas de purga.**

También conocidas como válvulas de limpieza, se ubican en los puntos bajos de la línea de conducción con el objetivo de eliminar los sedimentos que se acumulan periódicamente. Esta válvula se ubica en la línea de conducción (Arocha, 2009).



*Figura 6.* Válvula de purga  
Fuente: Arocha, 2009

#### ***2.2.9.7 Cámara rompe presión.***

Cuando la diferencia de nivel entre la captación y el reservorio es alto se pueden crear presiones superiores a la presión máxima de trabajo de la tubería lo que provocaría daños a la misma por tanto es necesario dispar esa energía antes de que se afecte a la tubería para lo cual se utiliza una cámara rompe presión (Arocha, 2009).

### **2.3 Definición de términos**

El diseño de sistema de abastecimiento de agua en zona rural tiene sus características propias, iniciando las fuentes de abastecimientos son pequeñas y caudales mínimos, corresponden a, aguas subterráneas en forma de manantes que se ubican a distancias apreciables de los beneficiarios. Por ser el caudal pequeño se opta a veces por múltiples captaciones que se incorporan al caudal conducido hasta el reservorio.

Respecto a los reservorios estos son pequeños debido al caudal escaso.

El sistema de distribución es generalmente una red abierta o red de espina de pescado que corresponde a conexiones distribuidas.

Por la presencia de topografía accidentada que atraviesa la línea de conducción siempre es adecuado la colocación de válvulas de limpieza y válvula de aire. Siempre es importante tener en cuenta la presión que soportara la tubería a fin de establecer el espesor de la misma.

### **2.3.1 Modelo de abastecimiento del servicio de agua potable**

Para mejorar el abastecimiento de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera se propone un modelo de abastecimiento de agua potable.

Para la aplicación de este sistema integral hay que tener en cuenta algunos puntos muy importantes que nos ayudaran a realizar un modelo óptimo el cual permitirá brindar un mejor servicio y mejorar la calidad de vida de los beneficiarios, estos puntos son los siguientes:

- Concepción del proyecto
- Diseño
- Ejecución
- Operación y mantenimiento

Dentro de estos puntos de aplicación tenemos fases que iremos desarrollando a medida que entremos en las etapas que comprende dicho modelo.

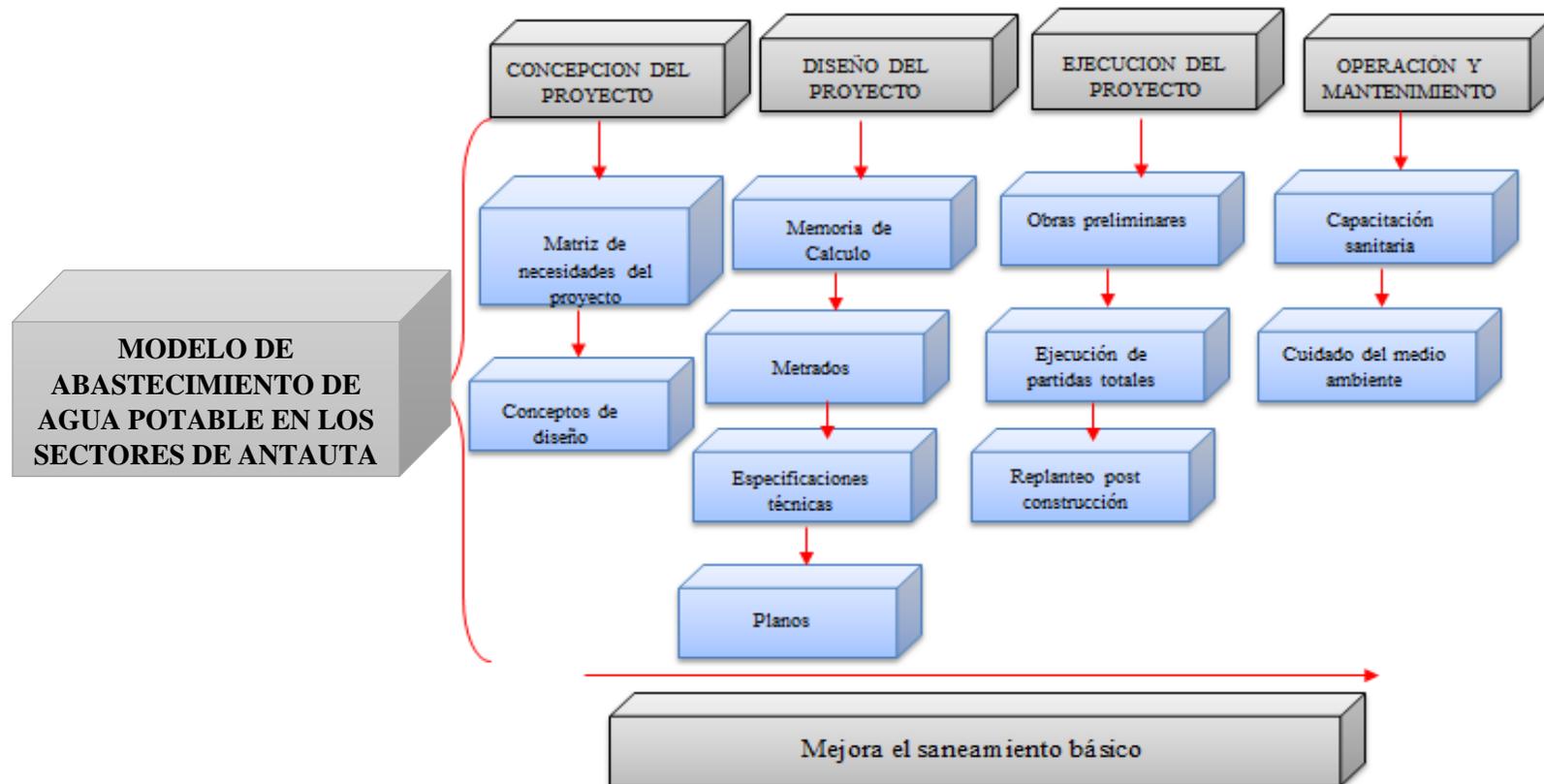


Figura 7. Modelo para mejorar el saneamiento básico

### 2.3.2 Metodología de aplicación del modelo de abastecimiento de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera

Para la aplicación del modelo y se debe seguir una secuencia de pasos y recomendaciones para poder elaborar el modelo que nos permita mejorar el saneamiento básico, comprende las siguientes etapas

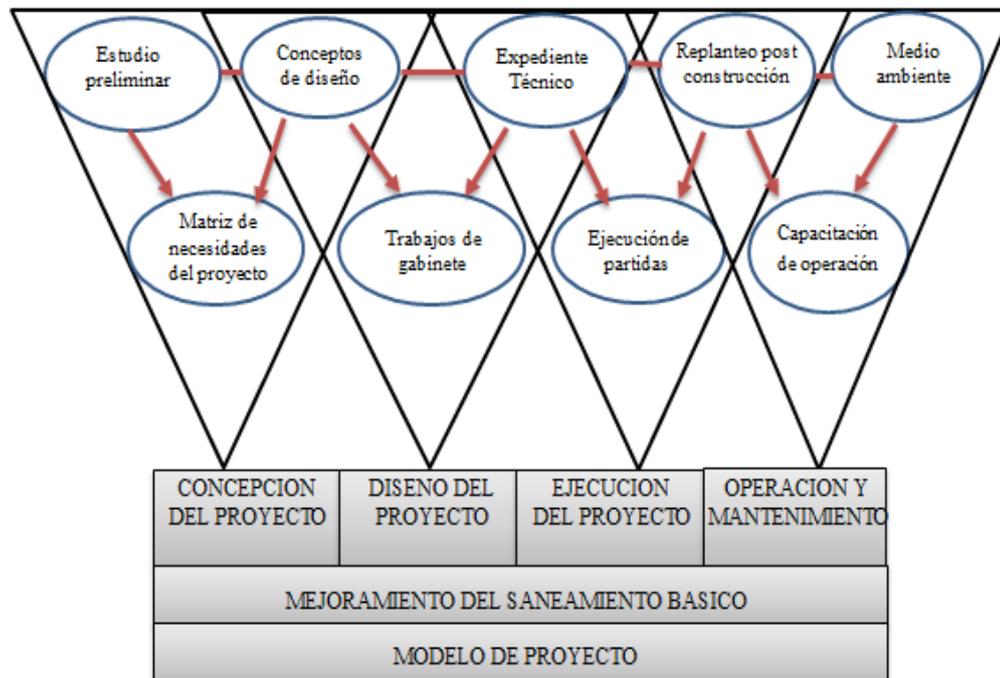


Figura 8. Aplicación del modelo – programación de fases

#### 2.3.2.1 Concepción del proyecto.

La concepción del proyecto implica realizar los estudios preliminares de observación directa en el campo, aplicación de encuestas.

Para realizar la concepción del proyecto se recomienda tener en cuenta los siguientes pasos:

- Determinación de los agentes involucrados del proyecto.
- Agrupar las necesidades de la población.

- Determinar las características descriptivas requeridas por la población beneficiaria.
- Valoración y ensamble de la matriz.

#### ***2.3.2.2 Diseño del proyecto.***

El diseño del proyecto involucra todos los componentes necesarios para que la formulación y declaración de un proyecto sea viable.

Es necesario tener en cuenta los distintos componentes que forman parte del diseño del proyecto los cuales son:

- Incluir una memoria de cálculo, en la cual se haga los cálculos correspondientes y verificaciones de los sistemas a instalarse o construirse.
- Metrados, de las partidas del expediente.
- Especificaciones técnicas, donde nos indiquen los procedimientos para realizar los trabajos y finalmente.
- Planos de los sistemas o estructuras a construirse o instalarse.

#### ***2.3.2.3 Ejecución del proyecto.***

La ejecución del proyecto se refiere a los trabajos iniciales, durante y trabajos finales de la construcción del proyecto, cumpliendo con las normas de construcción y estándares de calidad que se requieren.

Para la realización de una correcta ejecución del proyecto se deben tener en cuenta las siguientes pautas y recomendaciones:

- Tener en cuenta los trabajos preliminares de trazo en la ejecución del proyecto.
- Durante la ejecución del proyecto se tendrá que hacer un programa semanal para ir verificando rendimientos, y llevará un control de las actividades

desarrolladas para poder cumplir con las metas trazadas en el proyecto, sin la necesidad de recurrir a ampliaciones de plazo y adicionales de obra.

- Se tendrá que realizar una capacitación sanitaria adecuada, donde se usen todos los medios posibles para concientizar a la población de dar el uso adecuado y correcto de los sistemas de abastecimiento, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para que el proyecto sea durable.

#### ***2.3.2.4 Operación y mantenimiento.***

Esta etapa comprende el uso correcto y adecuado de los sistemas construidos o instalados para eso se debe tener en cuentas las siguientes recomendaciones:

- Trabajos de replanteo o de mantenimiento post construcción.
- Operación y mantenimiento adecuado de los diferentes sistemas instalados en el proyecto.
- Cuidado del medio ambiente (agua, suelo, aire) al momento de hacer el respectivo mantenimiento del sistema instalado.

### **2.3.3 Distrito de Antauta**

#### ***2.3.3.1 Municipalidad.***

Es un organismo que administra una provincia y distrito. El Perú políticamente esta sub dividido en regiones, estas a su vez están sub divididos en provincias y cada provincia esta sub dividida en distritos. Siendo el distrito la menor unidad de subdivisión administrativa del país

Según la Ley Orgánica de Municipalidades, la estructura de los municipios está compuesto por dos entidades la unidad ejecutora corresponde a la alcaldía, y el

consejo como ente normativo y fiscalizador el mismo que está compuesto por el alcalde y los regidores

### ***2.3.3.2 Distrito de Antauta.***

El distrito de Antauta se origina por una decisión del obispado de Arequipa en la época del virreinato, Pedro Perea y Grimaldo, la separo de la doctrina de Ayaviri, Juli y Puno, pasando a formar independientemente la doctrina de “Prelatura de Ayaviri”

En la época republicana, el distrito de Antauta se crea el mismo día que se crea la provincia de Ayaviri de la que es parte el 25 de octubre de 1901. En 1925 se cambia el nombre de provincia de Ayaviri por el de provincia de Melgar nombre con el que se le conoce a la fecha.

### ***2.3.3.3 Ubicación geográfica.***

El distrito de Antauta, se encuentra ubicado al sur del Perú, en la región Puno, provincia de Melgar, a 14°52'55” de latitud sur y a los 70°35'24” de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich y a una altitud de 4,150 m.s.n.m. ocupa una superficie de 636,17 km<sup>2</sup>.

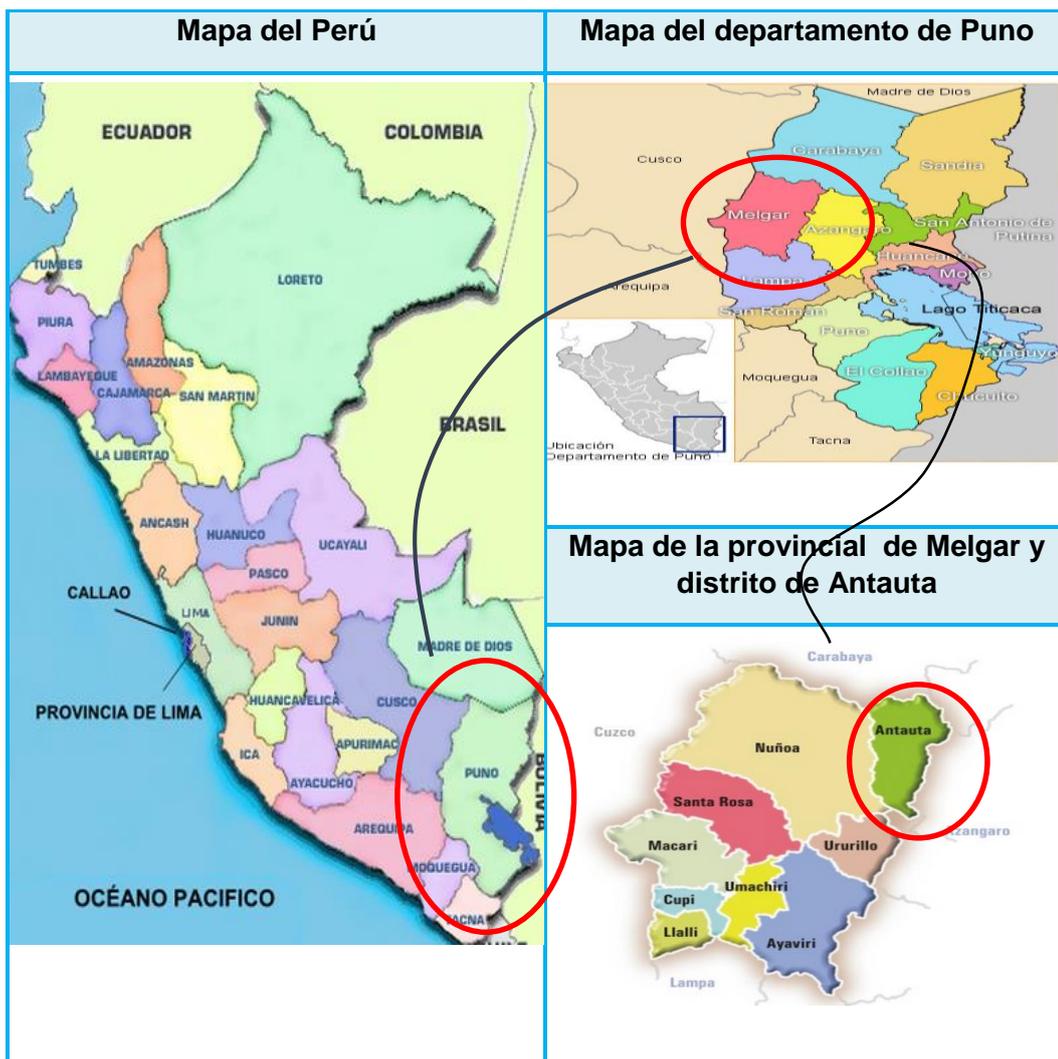


Figura 9. Mapa de ubicación del distrito de Antauta

#### 2.3.3.4 Límites.

Por el norte con distrito Antauta

Por el sur con la provincia de Azangaro.

Por el este con la provincia de Azangaro

Por el oeste con el distrito Nuñoa

#### 2.3.3.5 Altitud.

La capital del distrito se encuentra a una altitud de 4400 msnm

### 2.3.3.6 *Clima.*

El clima del distrito varia, de diciembre a marzo temporada de fuertes y violentas precipitaciones (lluvias, granizo, nieve), presencia de tormentas eléctricas (descarga de rayos) en la temporada de mayo a agosto se presentan corrientes frías de aire, caracterizándose por presencia de heladas.

La temperatura máxima y mínima presenta variaciones altas, por ejemplo: las temperaturas altas son 13,3° C (junio y julio) a 16,1° C (noviembre) y las mínimas (-12° C) (junio) a 5,3° C (enero).

### 2.3.3.7 *Vía de acceso.*

El acceso al distrito de Antauta, es por vía terrestre a través de carretera asfaltada Puno Cusco la cual tiene el siguiente detalle:

**Tabla 9**

*Vía de acceso de capital de departamento hacia capital de distrito*

<b>Tramo</b>	<b>Tipo carretera</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo de Recorrido</b>	<b>Frecuencia</b>
Puno - Juliaca	Asfaltado	42,0	0 hras 45 min.	Permanente
Juliaca - Azangaro	Asfaltado	74,2	1 hras 06 min.	Permanente
Azangaro - San Anton	Asfaltado	54,5	0 hras 48 min.	Permanente
San Anton - Antauta	Asfaltado	41,7	0 hras 36 min.	Permanente
Total		212,4	3 hras 15 min	.....

### 2.3.4 **Zona de estudio**

El área de intervención dentro del distrito de Antauta corresponde a los sectores de Santa Isabel y Cerrera. Ubicados a 25 km al – nor este de la ciudad de Antauta, sobre la margen izquierda del río Antauta.

Tiene los siguientes límites:

- Por el norte con distrito Antauta
- Por el sur con centro poblado Larimayo
- Por el este con sector Union Antauta, Choquesani
- Por el oeste con sector Tulani

El acceso a la zona de intervención es por vía terrestre a través de la trocha de acceso que inicia en la capital del distrito como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Vía de acceso de capital de distrito hacia área de intervención del proyecto*

<b>Tramo</b>	<b>Tipo carretera</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo de recorrido</b>	<b>Frecuencia</b>
Antauta - Santa Isabel	Trocha	40,0	0 hras 36 min.	Permanente
Santa Isabel - Cerrera	Trocha	20,0	0 hras 15 min.	Permanente
Total		60,0	0 hras 50 min	.....

#### ***2.3.4.1 Población beneficiaria.***

La población de los sectores de Santa Isabel y Cerrera está compuesta por aprox. 101 familias que corresponde a un núcleo familiar con 4 integrantes haciendo un total de 404 habitantes aproximadamente.

#### ***2.3.4.2 La actividad económica.***

La única actividad predominante en la zona es la ganadería en un 90 % y seguida en un 10 % complementado con el comercio, las mismas que constituyen la fuente principal de sus ingresos.

Por la existencia de un clima con vocación ganadera, presenta mayores posibilidades para la diversificación de los animales menores y mayores a través de ello generar el desarrollo. Los principales animales de crianza son:

Animales mayores : Ganado vacuno, auquénidos (llamas y alpacas)

Animales menores : Ovino

La mayoría de los ganados están destinados para el mercado, que se comercializan es mínimo por lo que se ven obligados a complementar su economía con otras labores.

El centro de comercialización más importante se encuentra en el distrito de Antauta, en la producción agrícola predomina la aplicación de técnicas tradicionales.

Los pequeños productores, exclusivamente de conducción familiar, se dedican a la crianza de vacunos con fines comerciales, los mismos que después de la etapa de engorde que se realiza, son comercializados en la feria dominical del distrito de Antauta.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1 Tipo de la investigación**

La investigación según la propuesta desarrollada corresponde a una investigación no experimental cuantitativa, pues se observará el fenómeno tal como se presenta en la realidad de la zona, y luego analizarlo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En el planteamiento no experimental, la investigación tiene mayor validez externa pues al observar el desarrollo del evento sin intervenir nos acercamos a las variables hipotéticamente formuladas como reales (Hernández et al., 2014).

#### **3.2 Diseño de la investigación**

La investigación está diseñada como “investigación transeccional” pues la información será recolectada en un solo momento. (Hernández et al., 2014) siendo además será descriptiva, detallando la posible intermitencia de las variables.

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Población

Para la determinación de la población es necesario determinar la unidad de muestreo/análisis, para la presente investigación corresponde, a la vivienda del sector de Santa Isabel y Cerrera distrito de Antauta en la provincia de Melgar- Puno.

Establecida la unidad de muestreo/análisis, la población está conformada por el conjunto de todas las viviendas del sector del Santa Isabel y Cerrera en el distrito de Antauta, provincia de Melgar- Puno.

#### 3.3.2 Muestra

La muestra corresponde a un sub conjunto de las viviendas conformada por el conjunto de todas las viviendas que no cuentan con servicio de agua potable en el sector de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta, provincia de Melgar- Puno.

#### 3.3.3 Tamaño de la muestra

Al ser una muestra probabilística será necesario determinar el tamaño, siendo obtenido con la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * P * (1 - P)}{E^2} \dots\dots\dots [Ecuación 1]$$

$$n_{ajustado} = n * \left(\frac{N}{N + n}\right) \dots\dots\dots [Ecuación 2]$$

Donde:

Z: nivel deseado de confianza, valor del estadístico de la distribución normal.

P: porcentaje estimado de la muestra.

E: Error máximo aceptable.

n: Tamaño de la muestra.

N: tamaño total de la Población.

$n_{ajustado}$ : cuando se conoce el tamaño de la población

Para el presente caso los datos son:

- Tamaño de la población: 101 (viviendas)
- Error máximo aceptable: 2 %
- Porcentaje estimado de la muestra: 50 %
- Nivel deseado de confianza: 95 % correspondiendo en el estadístico  $Z=1,96$

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * (1 - 0,5)}{0,02^2} = 2401 \approx 2401$$

$$n_{ajustado} = 2401 * \left( \frac{101}{101 + 385} \right) = 97$$

El tamaño de la muestra es de 97 viviendas, que, para fines prácticos, se podría tomar con fines de estudio las 101 viviendas en razón a que la diferencia es mínima.

### **3.4 Descripción de instrumentos para la recolección de datos**

Los procedimientos de recolección de datos recolección de información o datos corresponde a instrumentos utilizados en campo en las zonas de Santa Isabel y Cerrera los cuales se mencionan a continuación:

- Levantamiento topográfico de los sectores de Santa Isabel y Cerrera, se realizó con estación total y GPS Top Com

- Se elabora un plano topográfico Plano catastral de los sectores de Santa Isabel y Herrera utilizando el software AutoCAD Land, que permitió obtener luego los perfiles longitudinales
- Muestro de fuentes de agua para el análisis físico, químico y bacteriológico, que fueron trasladados al laboratorio
- Aplicación de encuestas

En lo que corresponde a los instrumentos de recolección de datos estos se realizarán con:

- 01 estación total
- 01 equipo GPS
- 01 filmadora/cámara digital
- 03 equipos de radio frecuencia UHF
- 01 camioneta pickup 4x4
- 03 computadora portátil Core i7
- 30 depósitos inertes para muestreo de agua potable

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 Presentación de resultados**

Los diseños desarrollados para un servicio de abastecimiento de agua en poblaciones rurales menores a 2000 habitantes, cumplen en lo que corresponde, con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) así como las normas técnicas que las alcanza tales como:

##### Título II.3 Obras de Saneamiento

- OS.030 Captación y conducción de agua para consumo humano
- OS.100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria

Para los proyectos de abastecimientos en el ámbito rural como menciona en la guía de orientación para elaboración de expedientes técnicos de proyectos de saneamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2016) se cuenta con la guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural aprobado con resolución ministerial N°184-2012-VIVIENDA. Recomendados además tomar en cuenta las disposiciones dadas en Resolución Ministerial N°002-2015-VIVENDA,

norma en la que se aprueba el criterio técnico de densidad poblacional para la selección de las soluciones técnicas individuales o colectivas aplicarse en los centros poblados del ámbito rural.

#### **4.1.1 Parámetros de diseño**

##### ***4.1.1.1 Periodo de diseño.***

Según el RNE el periodo de diseño deberá ser establecido por el proyectista utilizando métodos que garanticen periodos óptimos para cada uno de los componentes del sistema de abastecimiento.

Que en al ámbito rural para los sistemas de abastecimiento para poblaciones menores a 2000 habitantes la norma técnica de obligatorio cumplimiento aprobada por la (Dirección General de Políticas de Regulación en Construcción y Saneamiento, 2018) establece que este periodo está en función de la vida útil de las estructuras y equipos que componen el sistema de abastecimiento, la vulnerabilidad de la infraestructura frente a eventos tales como inundaciones, deslizamientos debido a su ubicación geográfica; deberá tenerse en cuenta además el crecimiento poblacional así como las actividades económicas de la zona.

Siendo los periodos de diseño máximos para la infraestructura del presente proyecto el obtenido según la tabla 11.

**Tabla 11**  
*Periodos de diseño máximos de infraestructura*

<b>Estructura</b>	<b>Periodo de diseño</b>
Fuente de abastecimiento	20 años
Obra de captación	20 años
Reservorio	20 años
Líneas de conducción, aducción, impulsión y distribución	20 años

Fuente: Dirección General de Políticas de Regulación en Construcción y Saneamiento, 2018

Siendo por consiguiente el periodo de diseño de 20 años para el servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta – Melgar – Puno. Así mismo se establece que el año cero para el presente proyecto es el 2018, pues con esta fecha se ha iniciado la recolección de toda la información para el proyecto.

#### ***4.1.1.2 Población de diseño.***

Según el RNE la población futura o de diseño deberá calcularse para el periodo de diseño del proyecto de 20 años.

Según la norma técnica de diseño para sistemas de saneamiento en el ámbito rural la población se calculará mediante el método aritmético, siendo necesario contar con información censal del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), aclarándose que los datos censales deben corresponder a periodos inter censales de los sectores de Santa Isabel y Cerrera, que en el presente caso no existe, pero la norma indica de no existir esta información se debe adoptar la tasa de crecimiento de otra población con características similares. Para el proyecto se

adopta la tasa de crecimiento poblacional del distrito rural de Antauta, método que es reconocido por la norma.

**Tabla 12**

*Tasa de crecimiento de la población*

<b>Departamentos</b>	<b>1995-2000</b>	<b>2000-2005</b>	<b>2005-2010</b>	<b>2010-2015</b>
PERU	1,7	1,6	1,5	1,3
<b>COSTA</b>				
Callao	2,6	2,3	2,1	1,8
Ica	1,7	1,5	1,3	1,2
La Libertad	1,8	1,7	1,5	1,3
Lambayeque	2,0	1,9	1,7	1,5
Lima	1,9	1,7	1,5	1,3
Moquegua	1,7	1,6	1,4	1,3
Piura	1,3	1,2	1,1	0,9
Tacna	3,0	2,7	2,4	2,1
Tumbes	2,8	2,6	2,3	2,0
<b>SIERRA</b>				
Ancash	1,0	0,9	0,8	0,7
Apurímac	0,9	1,0	1,0	1,0
Arequipa	1,8	1,7	1,5	1,3
Ayacucho	0,1	0,3	0,4	0,4
Cajamarca	1,2	1,2	1,1	0,9
Cusco	1,2	1,2	1,1	1,0
Huancavelica	0,9	1,0	0,9	0,9
Huánuco	2,0	1,8	1,7	1,6
Junín	1,2	1,2	1,0	0,9
Pasco	0,4	0,6	0,5	0,4
Puno	1,2	1,2	1,1	0,93
<b>SELVA</b>				
Amazonas	1,9	1,8	1,7	1,5
Loreto	2,5	2,2	2,0	1,9
Madre de Dios	3,3	2,9	2,6	2,3
San Martín	3,7	3,3	2,9	2,6
Ucayali	3,7	3,3	2,9	2,5

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2015

Como se aprecia en la tabla 12, el departamento de Puno, tiene un índice de crecimiento anual de población de 0,93 habitantes por cada mil habitantes.

En lo que corresponde al distrito de Antauta se tiene la siguiente información según datos inter censales del INEI.

**Tabla 13***Población estimada según departamento, provincia y distrito, 2009-2015*

Ubigeo	Departamento provincia y distrito	2011 Total	2012 Total	2013 Total	2014 Total	2015 Total	Tasa de creci. por fórmula aritmética	Tasa de creci. Por fórmula geométrica
210000	Puno	1,364,752	1,377,122	1,389,684	1,402,496	1,415,608	0,93 %	0,91 %
210800	Melgar	77,466	77,355	77,235	77,111	76,986	-0,15 %	-0,15 %
210802	Antauta	4,871	4,782	4,691	4,604	4,516	-1,77 %	-1,86 %

Fuente: INEI, 2015

Como se aprecia la tasa de crecimiento anual es -1,77 % negativo, para tal caso la (Dirección General de Políticas de Regulación en Construcción y Saneamiento, 2018) en la norma establece, cuando hay un valor negativo de crecimiento inter censal se adopta una población de diseño similar a la actual es decir la tasa de crecimiento inter censal se considera cero y no negativo.

Entonces la población de diseño se calcula con:

$$P_d = P_i * \left(1 + \frac{r * t}{100}\right) \dots\dots\dots [Ecuación 3]$$

Donde:

Pi : Población inicial (habitantes)

Pd : Población futura o de diseño (habitantes)

r : Tasa de crecimiento anual (%)

t : Período de diseño (años)

Para el proyecto

Pi = 404 habitantes

r.= 0 %

t = 20 años

$$P_d = 404 * \left(1 + \frac{0 * 20}{100}\right)$$

$P_d = 404$  habitantes

Según el reglamento la población futura para un periodo de diseño de 20 años es de 404 habitantes.

#### **4.1.1.3 Dotación del agua.**

La dotación entendida como la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada habitante de una vivienda, es fijada en la Norma OS.100 del Reglamento Nacional de Edificaciones establece que la dotación promedio diaria anula por habitante obedecerá a un estudio técnico de consumo, el que estará sustentado en datos estadísticos comprobados.

En el caso de no contar con los estudios correspondientes de consumo se considerará los valores:

**Tabla 14**

*Dotación según RNE (L/hab/d)*

Ítem	Condición establece reglamento	Clima templado	Clima frío	Clima cálido
1	Sistemas con conexiones	220	180	220
2	Lotes de área menor o igual a 90 m <sup>2</sup>	150	120	150
3	Sistemas de abastecimiento por surtidores, camión cisterna o piletas publicas	30-50	30-50	30-50

Fuente: MVCS, 2006

Para el caso de sistemas de abastecimiento de la zona rural la norma establece que la dotación de agua según (Dirección General de Políticas de Regulación en Construcción y Saneamiento, 2018) es la siguiente:

**Tabla 15**

*Dotación de agua según opción tecnológica y región (L/hab/d)*

Región	Dotación según tipo de opción tecnológica (L/hab/d)	
	Sin arrastre hidráulico (compostera y hoyo seco ventilado)	Con arrastre hidráulico (tanque séptico mejorado)
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

Fuente: Dirección General de Políticas de Regulación en Construcción y Saneamiento, 2018

El distrito de Antauta está ubicado la sierra y el sector de Santa Isabel y Cerrera es una zona rural, corresponde a un sistema de saneamiento con arrastre hidráulico, siendo la dotación de 80 L/hab.d.

#### ***4.1.1.4 Volumen de regulación.***

Según la guía por Saneamiento Básico del Ministerio de Economía y Finanzas, para zonas rurales la capacidad de regulación esta entre del 15 % y 20 % de la producción de la demanda promedio anual, estos valores corresponden a un suministro continuo.

#### ***4.1.1.5 Variaciones de consumo.***

El suministro de agua para el proyecto se contempla la conexión domiciliaria, siendo necesario establecer los coeficientes de variaciones de consumo, según el RNE previo un análisis estadístico de la información se determinan los coeficientes, y en el caso de inexistencia de información se podrán considerar los siguientes:

**Tabla 16**

*Coefficientes k*

Ítem	Condición	Coefficiente
1	Máximo anual de la demanda diaria	K1 = 1,3
2	Máximo anual de la demanda horaria	K2 = 1,8 a 2,5

Fuente: MVCS, 2006

En el caso de sistemas de abastecimiento de la zona rural la norma aprobada por la (Dirección General de Políticas de Regulación en Construcción y Saneamiento, 2018) establece ya los valores de los coeficientes y detalla la metodología siguiente:

*a. Consumo máximo diario.*

Este valor se determina con el valor de K1 = 1,3 establecido por la norma técnica aprobada por (Dirección General de Políticas de Regulación en Construcción y Saneamiento, 2018), obteniéndose el consumo con la fórmula:

$$Q_p = \frac{Dot * P_d}{86400} \dots\dots\dots [Ecuación 4]$$

$$Q_{md} = 1,3 * Q_p \dots\dots\dots [Ecuación 5]$$

Donde:

Qp : Caudal promedio diario anual en L/s

Qmd : Caudal máximo diario en L/s

Dot : Dotación en L/hab. día

Pd : Población de diseño en habitantes (hab)

Para el caso del sector de Santa Isabel y Cerrera los datos son:

- Dot = 80 L/hab. día.

- Pd = 404 hab.

$$Q_p = \frac{80 \frac{\text{L/día}}{\text{hab}} * 404 \text{hab}}{86400} = 0,374 \text{L/s}$$

$$Q_{md} = 1,3 * 0,374 \text{L/s}$$

$$Q_{md} = 0,486 \text{L/s}$$

b. Consumo máximo horario.

Para hallar el consumo máximo horario el valor de  $K_2 = 2$ , establecido por la norma técnica para proyectos de abastecimiento rural aprobada por Dirección General de Políticas de Regulación en Construcción y Saneamiento (2018), obteniéndose con la fórmula:

$$Q_p = \frac{\text{Dot} * P_d}{86400} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 6}]$$

$$Q_{mh} = 2 * Q_p \dots\dots\dots [\text{Ecuación 7}]$$

Donde:

$Q_p$  : Caudal promedio diario anual en L/s

$Q_{mh}$  : Caudal máximo horario en L/s

Dot : Dotación en L/hab.d

Pd : Población de diseño en habitantes (hab)

Para el caso del sector de Santa Isabel y Cerrera los datos son:

- Dot = 80 L/hab. día.

- Pd = 404 hab.

$$Q_p = \frac{80 \frac{\text{L/dia}}{\text{hab}} * 404 \text{hab}}{86400} = 0,374 \text{L/s}$$

$$Q_{mh} = 2 * 0,374 \text{L/s}$$

$$Q_{mh} = 0,748 \text{L/s}$$

#### ***4.1.1.6 Fuente de abastecimiento.***

Los principales criterios para seleccionar las fuentes de abastecimiento, son de calidad del agua, caudal de diseño según dotación, costos menores de implementación del proyecto, así como la libre disponibilidad de la fuente.

##### *a. Estudio de la fuente.*

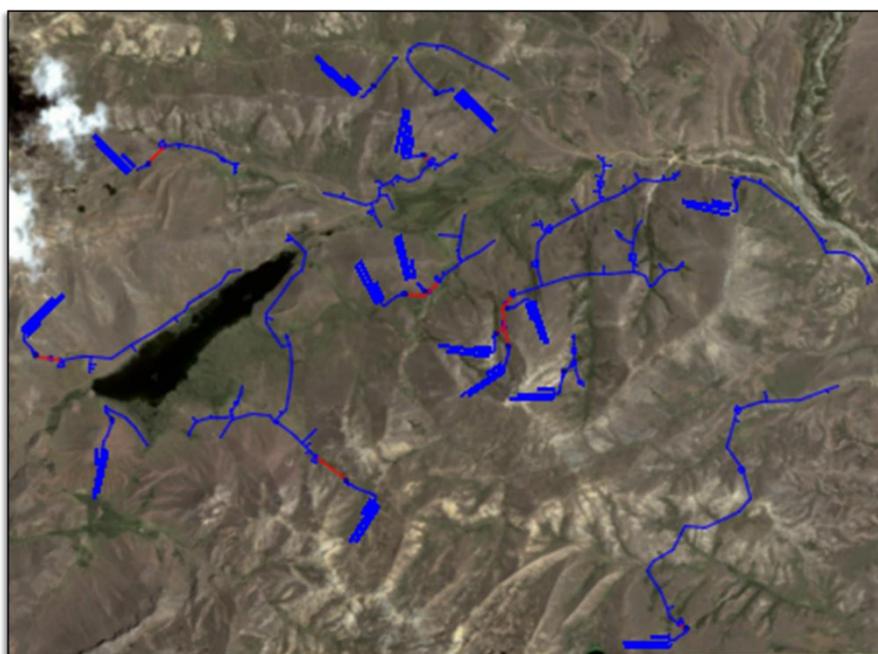
Las fuentes de agua que abastece actualmente a los sectores de Santa Isabel y Cerrera proviene de los manantes subterráneos, que están a distancias mínimas aproximada de 1 km, habiéndose identificado los siguientes manantes utilizando un GPS siendo estos los siguientes:

Coordenadas de manantiales del proyecto proyección universal transversal de mercator (UTM.)

**Tabla 17**

*Coordenadas de las fuentes de agua*

N°	Norte (Y)	Este (X)	Cota (Z)	Descripción
1	8416570,000	351289,000	4329,000	Manantial Yuraj Phujo
2	8415966,000	356574,000	4482,000	Manantial Sumaj Phujo
3	8414566,000	353525,000	4639,000	Manantial Ittita I
4	8413887,000	353215,000	4581,000	Manantial Ccaicco Pata II
5	8413762,000	353070,000	4544,000	Manantial Ccaicco Pata I
6	8413863,000	352764,000	4504,000	Manantial Ccaicco Pata III
7	8412684,000	352610,000	4446,000	Manantial Oke Mocco
8	8412919,000	352587,000	4419,000	Manantial Uyo Punko
9	8412909,000	350967,000	4422,000	Manantial Huachana
10	8413023,000	350195,000	4448,000	Manantial Huaycollota
11	8412318,000	350119,000	4476,000	Manantial Condor Cahqui
12	8409657,000	351039,000	4550,000	Manantial Phajchipunco
13	8408334,000	353345,000	4545,000	Manantial Salviani Kucho
14	8409200,000	354080,000	4400,000	Manantial Antaymarca
15	8411964,000	354817,000	4545,000	Manantial Kakachaca



*Figura 10. Ubicación de fuentes*  
Fuente: Google Earthpro.

b. *Estudio de caudal.*

La determinación del caudal que fluye de los manantiales, se realizó el aforo correspondiente mediante el método volumétrico que es aplicable para pequeños caudales; este método consiste en determinar el tiempo que demora en llenar un recipiente de volumen conocido para lo cual se tiene que acondicionar la zona de afloramiento de la zona que se capta toda el agua, se utilizó un recipiente de 04 litros para el cálculo de tiempo de llenado, se realizaron tres a cinco mediciones obtenidos como promedio.

$$Q = V / t \dots\dots\dots [Ecuación 8]$$

Donde:

Q : caudal [L/s]

V : volumen medido en litros [L]

t : tiempo [s]



Figura 11. Aforo de manante

**Tabla 18***Resultado de aforos de fuentes de agua*

<b>N°</b>	<b>Descripción de la fuente</b>	<b>Aforo caudal (L/s)</b>
1	Manantial Yuraj Phujo	0,112
2	Manantial Sumaj Phujo	0,080
3	Manantial Ittita I	0,070
4	Manantial Ccaicco Pata II	0,101
5	Manantial Ccaicco Pata I	0,104
6	Manantial Ccaicco Pata III	0,110
7	Manantial Oke Mocco	0,047
8	Manantial Uyo Punko	0,043
9	Manantial Huachana	0,180
10	Manantial Huaycollota	0,070
11	Manantial Condor Cahqui	0,050
12	Manantial Phajchipunco	0,090
13	Manantial Salviani Kucho	0,090
14	Manantial Antaymarca	0,070
15	Manantial Kakachaca	0,300

El caudal de los manantiales garantiza el abastecimiento del agua para el proyecto, esta información se corrobora al consultar a la población de los sectores aledaños a las fuentes de aguas, manifestando que los manantiales han existido desde tiempo inmemoriales y siempre ha salido agua en forma permanente.

Por tanto, los caudales obtenidos y mostrados en la tabla 18 son los asumidos para el desarrollo de la presente investigación.

*c. Estudio de la calidad del agua.*

Para la determinación de la calidad del agua se realizaron los análisis físicos, químicos y bacteriológicos del agua, teniendo como resultado que el agua puede ser utilizada para el consumo humano previa cloración.

Para tal fin se tomaron las muestras correspondientes, siguiendo las recomendaciones de este tipo de procedimiento, el agua muestreada en recipientes nuevos (botellas de plástico), es trasladada al laboratorio para su análisis. Según se aprecia en la figura 12.



*Figura 12.* Muestras de agua

De los análisis realizados y contrastados con los parámetros para el consumo humano (DIGESA-MINSA) y sus modificatorias, el uso es apto para consumo humano.

Así mismo en atención al Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y sus normas modificatorias o complementarias la clasificación las fuentes según estándares nacionales de calidad ambiental corresponde a un Tipo A1: aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección por corresponder a una fuente subterránea ver apéndice D.

#### **4.1.2 Diseño y cálculo hidráulico**

##### ***4.1.2.1 Captación de agua.***

El presente proyecto se abastecerá de agua, de 15 manantiales en ladera que se encuentran más arriba de las viviendas para los sectores de Santa Isabel y Cerrera.

Las obras de captación que se realizaran en los manantiales, requieren de una estructura apropiada que permita un almacenamiento adecuado para el caudal máximo diario requerido por la población y a la vez protección contra agentes contaminantes que se puedan presentar en la zona.

El sistema de captación debe ser tal que mantenga la pureza del agua en un colector principal, esto se efectúa mediante la construcción de una caja de concreto armado que impida que el agua siga saliendo libremente.

La salida se realizará mediante una tubería de 1" de diámetro con su respectiva canastilla la cual estará a una altura de 10 cm del piso para evitar que ingrese arena al sistema, la tubería llevara además una válvula que servirá para controlar el volumen de agua, así como una válvula para realizar la limpieza y una tubería de desfogue en caso de rebose.

#### **4.1.2.2 Dimensionamiento.**

Tenemos los siguientes datos:

- Caudal máximo diario = 0,04 L/s
- Máximo maximorum = 0,07 L/s

a. *Cálculo de la distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda (L).*

Calculando la velocidad de pase

$$V = \left[ \frac{2gh}{1,56} \right]^{1/2} \dots\dots\dots [Ecuación 9]$$

Donde:

h = Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada (h = 0,40 m)

v = Velocidad de pase

$g$  = Aceleración gravitacional ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )

Remplazando en la formula obtenemos una velocidad de pase de 2,24 m/s, dicho valor es mayor que la velocidad máxima recomendada de 0,6 m/s por lo que se asume para el diseño una velocidad de 0,6 m/s.

Aplicando la ecuación de Bernoulli y la ecuación de continuidad entre el afloramiento y el orificio de entrada, se tiene que la perdida de carga en el orificio  $h_o$  es:

$$h_o = 1,56 * \frac{V^2}{2 * g} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 10}]$$

$$h_o = 1,56 * \frac{0,60^2}{2 * 9,8} = 0,03 \text{ m}$$

Donde:

$h_f$  = es la perdida de carga que sirve para determinar la distancia entre el afloramiento y la captación (L).

$$h_f = H - h_o = 0,40 - 0,03 = 0,37 \text{ m} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 11}]$$

$$L = \frac{h_f}{0,30} = \frac{0,37}{0,30} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 12}]$$

$$L = 1,24 \approx 1,25 \text{ m}$$

*b. Calculando el ancho de la pantalla (b).*

Calculo del diámetro de la tubería de entrada (D)

Se asume un coeficiente de descarga = 0,80

$$A = \frac{QMD}{C_d * V} = \frac{0,00004 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,80 * 0,60 \text{ m/s}} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 13}]$$

$$A = 0,000083 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = 0,0508 \text{ m} = 2 \text{ pulg} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 14}]$$

*c. Cálculo del número de orificios (NA).*

Como el diámetro es mayor que el diámetro máximo recomendado de 2” en el diseño se asume un diámetro de 2” que será utilizado para determinar el número de orificios.

$$NA = \frac{D_{\text{calc}}^2}{D_{\text{asum}}^2} + 1 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 15}]$$

$$NA = \frac{0,06^2}{0,05^2} + 1$$

$$NA = 02 \text{ orificios}$$

*d. Cálculo del ancho de la pantalla (b).*

Conocido el diámetro del orificio (D) de 2” y el número de agujeros (NA) igual a 3, el ancho de la pantalla se calcula con la siguiente formula:

$$b = 2(6D) + NA(D) + 3D(NA - 1) \dots\dots\dots [\text{Ecuación 16}]$$

$$b = 12D + 2D + 2D = 32 \text{ pulg}$$

$$b = 81,28 \text{ cm} \approx 0,90 \text{ m}$$

Para el diseño se asume una sección interna de la cámara húmeda de 0,90 m por 0,90 m

e. *Altura de la cámara húmeda (Ht).*

$$Ht = A + B + H + D + E \dots\dots\dots [Ecuación 17]$$

Donde:

A = Altura mínima de 10 cm que permite la sedimentación de la arena.

B = Se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida.

H = Carga para que el QMD pueda fluir por la línea de conducción.

D = Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda min: 3 cm.

E = Borde libre 30 cm.

$$H = 1,56 * \left( \frac{QMD^2}{2 * g * A^2} \right) \dots\dots\dots [Ecuación 18]$$

$$H = 1.56 * \left( \frac{0,00004^2}{2 * 9,81 * 0,000083^2} \right)$$

$$H = 0,018 \text{ m} \approx 0,30 \text{ cm}$$

Para facilitar el paso del agua se asume una altura mínima H=0,30 m

$$Ht = 10 + 2,54 + 30 + 10 + 30 = 87,54 \text{ cm}$$

En el diseño consideraremos 1,00 m

f. *Dimensionamiento de la canastilla.*

El diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (Dc), es de 1” para el diseño se estima que el diámetro de la canastilla debe ser dos veces el Dc por consiguiente:

$$D \text{ canastilla} = 1 \times 2'' = 2'' \text{ pero utilizaremos un diámetro de } 2''$$

Se recomienda que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a 3 Dc. y menor a 6 Dc.

$$L = 3 \times 2,54 = 7,62 = 10 \text{ cm}$$

$$L = 6 \times 2,54 = 15,24 = 15 \text{ cm}$$

$$L \text{ asumido} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Ancho de la ranura} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Largo de la ranura} = 7 \text{ mm}$$

$$\text{Siendo el área de la ranura (Ar)} = 7 \times 5 = 35 \text{ mm}^2$$

$$Ar = 0,000035 \text{ m}^2$$

Área total de ranuras (At) = 2Ac, considerando Ac como el área transversal de la tubería de la línea de conducción.

$$Ac = \frac{\pi Dc^2}{4} = 0,00507 \text{ m}^2, \text{ para } Dc = 2'' \dots\dots\dots [\text{Ecuación 19}]$$

$$At = 2Ac = 0,01013 \text{ m}^2 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 20}]$$

El valor de At no debe ser mayor al 50 % del área lateral de la granada (Ag)

$$Ag = 0,5 \times Dg \times L = 0,00381 \text{ m}^2 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 21}]$$

$$\text{Para } Dg = 2'' \text{ y } L = 0,15 \text{ m}$$

*g. El número de ranura resulta.*

$$\text{N}^\circ \text{ de ranura} = (\text{área total de ranura} / \text{área de ranura})$$

$$\text{N}^\circ \text{ de ranura} = (0,01013 \text{ m}^2 / 0,000035 \text{ m}^2)$$

$$\text{N}^\circ \text{ de ranura} = 29$$

h. *Rebose y limpieza*

El rebose se instala directamente a la tubería de limpia y para realizar la limpieza y evacuar el agua de la cámara húmeda, se levanta la tubería de rebose. La tubería de rebose y limpieza tienen el mismo diámetro y se calculan mediante la siguiente fórmula.

$$D = \frac{0,71 * Q^{0,38}}{H_f^{0,21}} \dots\dots\dots [Ecuación 22]$$

Donde:

D = diámetro en pulg

Q = Gasto máximo de la fuente (0,07 L/s)

Hf = pérdida de carga unitaria (0,015 m/m)

Resultando D = 2,43 pulg = 2 pulg

Entonces obtenemos un cono de rebose de 2" x 3"

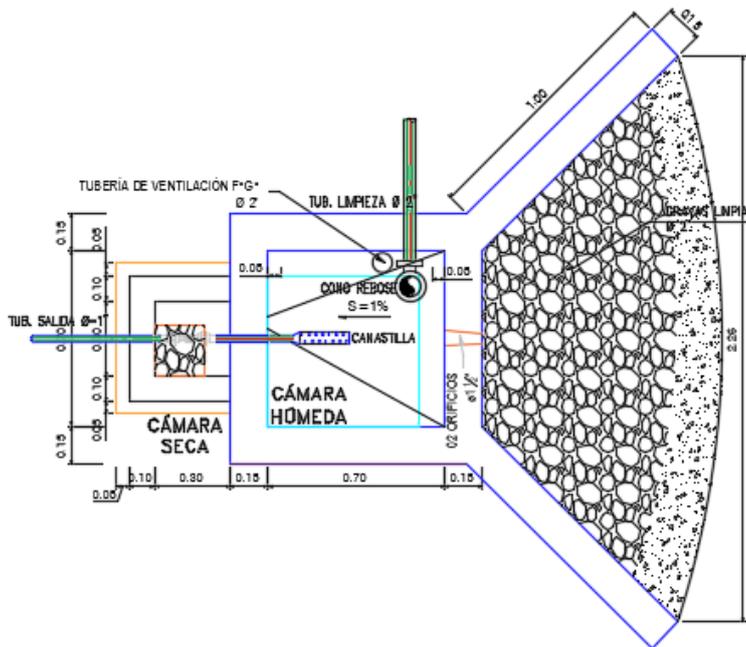


Figura 13. Bocatoma típico

#### 4.1.2.2 Tubería de conducción.

En la tubería de conducción se necesita conocer la pérdida de carga con la precisión deseada antes de su instalación. Tanto desde el punto de vista de la economía como el de seguridad de las instalaciones, para esto utilizaremos la fórmula de Hazen – Willians.

$$Q = 0,27853 \text{ICD}^{2,63} \text{hf}^{0,54} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 23}]$$

Donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s

D = Diámetro en m

h<sub>F</sub> = Pérdida unitaria de carga en m/m

C = Coeficiente del material del tubo PVC (150)

##### a. Tramo obra de captación – reservorio R-1.

En este tramo el diseño de la tubería de conducción es por gravedad. Se considera para el caudal de diseño el caudal máximo + el 10 % por pérdidas por fricción:

$$Q_m: 0,07 * 1,1 = 0,08 \text{ L/s}$$

Como datos tenemos:

- Caudal de diseño (Q<sub>md</sub>) = 0,08 L/s
- Longitud de conducción (L) = 22,00 m
- Cota de captación = 4317,483 m
- Cota de reservorio R-1 = 4312,193 m

Considerando un solo diámetro de tubería:

$$\text{Carga disponible} = \text{cota capt.} - \text{cota reserv.}$$

$$= 4317,483 - 4312,193$$

$$= 5,29 \text{ m}$$

Perdida de carga unitaria ( $h_F$ ) = carga disponible / L

$$= 5,29 / 22,00$$

$$= 0,24 \text{ m/m}$$

Reemplazando en la ecuación de Hazen – Willians y despejando el diámetro se tiene:

$$D = \left( \frac{Q}{0,278531 * C * h_f^{0,54}} \right)^{0,38} \dots\dots\dots \text{[Ecuación 24]}$$

$$D = 0,014 \text{ m} = 1,0 \text{ pulgadas}$$

Adoptamos D = 1 pulgadas por ser más comercial

Con este diámetro verificamos la pérdida de carga ( $H_F$ ) a lo largo de todo el tramo de la tubería.

$$H_F = hf * L \dots\dots\dots \text{[Ecuación 25]}$$

Donde:

$$h_F = \left( \frac{Q}{0,278531 * C * D^{2,63}} \right)^{1,85} \dots\dots\dots \text{[Ecuación 26]}$$

$$h_F = 0,0040 \text{ m/m}$$

Reemplazando tenemos:

$$H_F = 22,00 \times 0,0040 \text{ m/m}$$

$$H_F = 0,088 \text{ m}$$

Velocidad en tubería para un  $\phi$  1", el área es 0,00065 m<sup>2</sup>

$$V = Q / A \dots\dots\dots [Ecuación 27]$$

$$V = 0,00007 / 0,00065$$

$$V = 0,11 \text{ m/s}$$

Podemos ver que, al hacer el análisis para el tramo de conducción, de la captación a la derivación del reservorio R1, se muestra en (apéndice A).

*b. Válvulas rompe presión.*

En la línea de conducción por gravedad, la carga estática originada por el desnivel existente entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción puede crear presiones superiores a la presión de trabajo de una determinada clase de tubería, para la cual usaremos válvulas rompe presión, las cuales trabajan mejor que las cámaras rompe presión.

En nuestro caso no existe mayor que 50 m.c.a. por lo tanto no lo tenemos cámara rompe presión en línea de conducción.

*c. Válvulas de aire.*

En las líneas de conducción por gravedad y/o bombeo se colocarán válvulas extractoras de aire cuando haya cambio de dirección en los tramos con pendiente positiva.

En los tramos con pendiente uniforme se colocarán cada 2,0 km como máximo. Si hubiera algún peligro de colapso de la tubería a causa del material de la misma y de las condiciones de trabajo se colocarán válvulas de doble acción (admisión y expulsión), en nuestro caso no se encuentra también.

*d. Válvulas de purga.*

Se colocará válvulas de purga en los puntos bajos, teniendo en consideración la calidad del agua a conducirse y la modalidad de funcionamiento de la línea. Las válvulas de purga se dimensionarán de acuerdo a la velocidad de drenaje, siendo recomendable que el diámetro de la válvula sea menor que el diámetro de la tubería, en nuestro caso no se encuentra también igual que las válvulas anteriores.

**4.1.2.3 Reservoirio de regulación.**

Un reservoirio es un depósito que permite almacenar agua, cuyos propósitos fundamentales son:

Mantener cierto volumen de agua que permita compensar las variaciones del consumo que se producen en el día.

También permiten solucionar situaciones de emergencia y desperfectos en las líneas de distribución.

Además, debe mantener presiones mínimas y máximas en las redes de distribución.

- Por su forma: los reservoirios pueden ser cilíndricos y rectangulares y
- Por su posición: pueden ser enterrados, apoyados y elevados.

Para el presente estudio se ha proyectado la construcción de 1 reservoirio de concreto armado, de sección cuadrada (R-1).

*a. Localización.*

La ubicación del reservoirio se ha realizado de acuerdo a diversos criterios técnico-económico como son:

- Topografía: La morfología del terreno permite ubicar al reservorio (R1) en la parte más alta del cerro que existe en el sistema.
- Economía: El reservorio ha sido ubicado en un lugar tal que la línea de conducción sea la menor posible.
- Geología: los reservorios están emplazados sobre material gravoso compacto lo cual asegura la estabilidad de la estructura.
- Hidráulica: la ubicación de los reservorios asegura una presión mínima de 0,5 kg/cm<sup>2</sup> (5,78 m.c.a.) en el punto más alto de la zona.

En base a estos criterios el reservorio de sección cuadrada R-1 ha sido ubicado en la cota 4312,193 msnm.

*b. Capacidad de almacenamiento del reservorio cuadrado (r-1).*

La capacidad de almacenamiento está condicionada a los servicios que requiere el sistema 01, los mismos que deben estar en concordancia con las normas del RNE.

La capacidad de almacenamiento debe contemplar volúmenes para regulación incendio y reserva.

*c. Volumen de regulación.*

El RNE establece que cuando no existe un estudio de las variaciones de consumo, como es el caso del presente proyecto. El volumen de regulación será el correspondiente al 25 % del consumo máximo diario, el mismo que se ha considerado para el presente proyecto.

Se tomará como caudal de diseño los correspondientes al máximo diario correspondiente a 20 años.

De acuerdo a lo anunciado tenemos:

Datos:

- Población futura (Pf) = 32 hab.
- Dotación = 80 L/hab/día
- Consumo promedio anual (Qm)
- $Q_m = 32 \text{ hab} \times 80 \text{ L/hab/día} = 2560 \text{ L/s}$
- Volumen del reservorio considerando el 25 % de Qm:
- $V = 0,25 \times 2560 = 640 \text{ L} = 0,64 \text{ m}^3 \approx 1,00 \text{ m}^3$

*d. Volumen contra incendio.*

Según el RNE-S1216 indica que para poblaciones menores a 10,000 hab. no requiere reserva contra incendio, en la práctica es necesario considerar un volumen adicional de dos hidrantes de 0,20 lps en un lapso de 2 horas.

$$V_i = 2 * 2h. * 3600 * .0002$$

$$V_i = 0.02\text{m}^3.$$

*e. Volumen de reserva.*

La reserva para imprevistos se toma como base una interrupción del servicio por (tiempo de reparación de una avería) consideramos el 7 % del Qmd.

$$V_r = 0,04 \times 0,07 \times 86400$$

$$V_r = 0,24\text{m}^3$$

$$\text{Volumen total} = 0,9 \text{ m}^3 = 1,0 \text{ m}^3$$

Asumimos una capacidad de almacenamiento para el reservorio de regulación de  $30 \text{ m}^3$ , considerando que después el agua se conducirá a la red de distribución y hacia los domicilios.



#### 4.1.2.4 Línea de aducción.

##### a. Consideraciones generales.

La línea de aducción es la que sirve para trasladar el agua y está comprendida entre el reservorio y la entrada a la red de distribución. Según el R.N.E. Las presiones máximas y mínimas serán de 50 y 5 m de columna de agua respectivamente.

##### b. Elección de la tubería.

Así como se indicó las razones por el cual se eligió la tubería de PVC en el punto anterior de la línea de conducción, asumimos con el mismo criterio para la línea aducción en la elección de este tipo de tubería, teniendo en cuenta las presiones máximas de trabajo para las diferentes clases de tubería de PVC.

##### c. Diseño hidráulico del tramo reservorio R-1 a la red de distribución.

El caudal de diseño es el máximo anual de la demanda horaria para la red baja que resulta de la sumatoria entre la población y los aportes que existen.

$$Q_{mh} = \frac{k_2 * P_f * D}{86400} \dots\dots\dots [Ecuación 28]$$

$$Q_{mh} = 2,00 \left( \frac{32 * 80L / hab / día}{86400} \right)$$

$$Q_{mh} = 0,06 \text{ L/s}$$

Como datos tenemos:

- Caudal de diseño (Qmh) = 0,06 lps
- Longitud de conducción (L) = 19,00 m
- Nivel de energía = 4312,193 m
- Nivel de salida = 4306,671 m

El nivel de energía vamos a considerarlo en la mitad de la capacidad del reservorio

$$\begin{aligned} \text{Carga disponible} &= \text{cota nivel energía.} - \text{nivel salida} \\ &= 4312,193 - 4306,671 \\ &= 5,52 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pérdida de carga unitaria (} h_F \text{)} &= \text{carga disponible} / L \\ &= 5,52 / 19 \\ &= 0,291 \text{ (}\% \text{)} \end{aligned}$$

Reemplazando en la ecuación de Hazen – Willians y despejando el diámetro se tiene:

$$D = \left( \frac{Q}{0,278531 * C * D_F^{0,54}} \right)^{0,38} \dots\dots\dots \text{[Ecuación 29]}$$

$$D = 0,0078 \text{ m} \cong 1,00 \text{ pulgadas}$$

Adoptamos  $D = 1$  pulgadas

Verificando la pérdida de carga ( $H_F$ ) a lo largo de todo el tramo de la tubería.

$$H_F = h_f * L \dots\dots\dots \text{[Ecuación 30]}$$

Donde:

$$h_F = \left( \frac{Q}{0,278531 * C * D^{2,63}} \right)^{1,85} \dots\dots\dots \text{[Ecuación 31]}$$

$$h_F = 0,00224 \text{ m}$$

$$\text{Reemplazando tenemos: } H_F = 0,0024 \times 19 \text{ m}$$

$$H_F = 0,046 \text{ m}$$

$$- \text{Cota piezométrica} = \text{Cota de nivel energía.} - H_F$$

$$= 4312,193 - 0,046$$

$$= 4312,693 \text{ msnm}$$

- Presión salida a la red = Cota piez. - cota nivel salida

$$= 4312,685 - 4306,671$$

$$= 6,014 \text{ m}$$

- Velocidad en tubería teniendo como área  $\phi 1'' = 0,00065 \text{ m}^2$

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 32}]$$

$$V = 0,00006 / 0,00065$$

$$V = 0,1 \text{ m/s}$$

Para el tramo de aducción del reservorio R-1 a la red de distribución utilizaremos tubería  $\phi 1$  pulgadas PVC.

**4.1.2.5 Sistema de distribución.**

*a. Esquema general.*

La red de distribución es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyo origen está en el punto de entrada al sistema (final de la línea de aducción) y que se desarrolla por todas las calles de la población.

Para el diseño de la red de distribución es necesario definir la ubicación tentativa del reservorio de almacenamiento con la finalidad de suministrar el agua en cantidad y presión adecuada a todos los puntos de la red. Las cantidades de agua se han definido en base a las dotaciones y en el diseño se contemplan las consideraciones más desfavorables, para lo cual se analizaron las variaciones de consumo considerando en el diseño de la red el consumo máximo horario (Qmh).

Las presiones deben satisfacer las condiciones máximas y mínimas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir. En tal sentido, la red debe mantener presiones de servicio mínimas, que sean capaces de llevar agua al interior de las viviendas (parte alta del pueblo). También en la red deben existir limitaciones de presiones máximas tales que no provoquen daños en las conexiones y que permitan el servicio sin mayores inconvenientes de uso (parte baja).

*b. Distribución por tramos de los gastos.*

El esquema hidráulico y plano correspondiente a la línea de distribución se presenta a continuación un tramo de los otros calculados. Y se detalla en apéndice A.

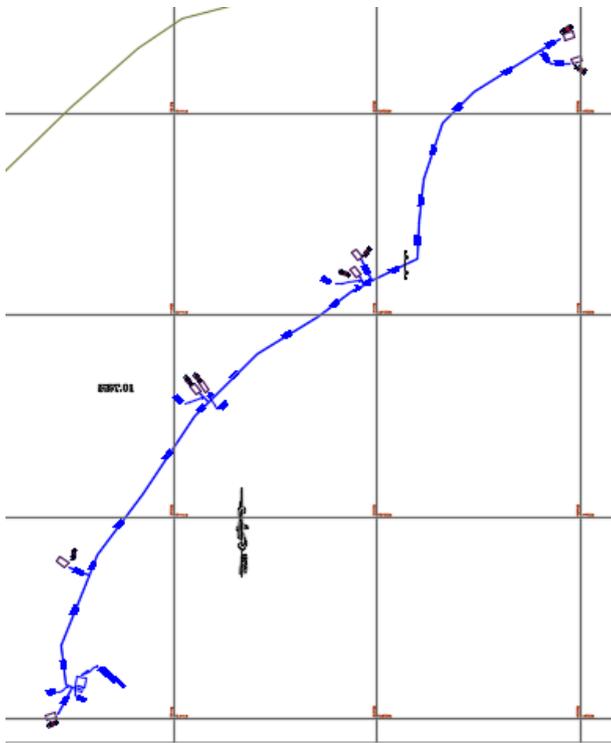


Figura 15. Esquema de sistema de distribución

### 4.1.3 Estudio de mecánica de suelos

El siguiente estudio de suelos tiene por finalidad determinar la capacidad portante del suelo en el cual se emplazará la cimentación de los siete reservorios, el cual se ubica en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta.

Para este fin se han realizado trabajos de campo, laboratorio y gabinete; el primero con reconocimiento del lugar, excavación de siete calicatas en la zona de construcción, muestreo y registro de exploración. El segundo con ensayos de laboratorio en muestras inalteradas y el último con el cálculo de los resultados de los diferentes ensayos realizados.

#### 4.1.3.1 Trabajos realizados en campo.

##### a. Línea de conducción.



Figura 16. Excavación calicata N° 01

Profundidad = 1,30 m

Largo = 1,00 m y Ancho = 1,00 m



Figura 17. Excavación calicata N° 02

Profundidad = 1,20 m

Largo = 1,00 m y Ancho = 1,00 m

b) *Reservorio N° 01.*



Figura 18.: Excavación calicata N° 03 – reservorio

Profundidad = 2,00 m

Largo = 1,00 m

Ancho = 1,00 m

Estrato N° 01 = El material encontrado contiene arcilla, arena con grava



Figura 19. Excavación calicata N° 04

Profundidad = 2,00 m

Largo = 1,00 m

Ancho = 1,00 m

#### ***4.1.3.2 Trabajos realizados en el laboratorio.***

En el laboratorio de Gobierno Regional de Puno, Dirección Regional Transportes y Comunicaciones se realizaron los siguientes ensayos:

En figura 20 se aprecia el secado de muestras.



Figura 20. El secado de muestras



Figura 21. Ensayo de granulometría

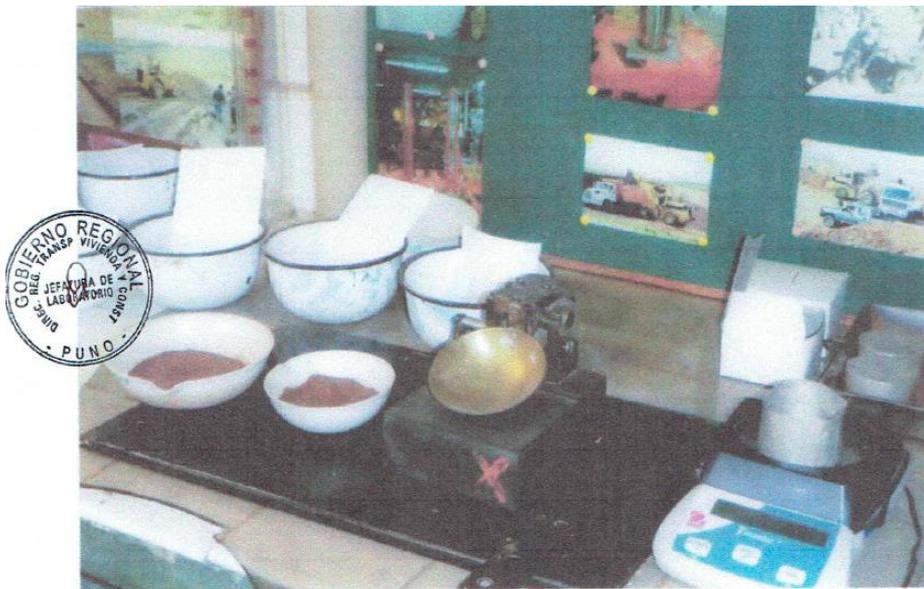


Figura 22. Ensayo límite líquido y límite plástico



Figura 23. Ensayo de densidad máxima y mínima

#### ***4.1.3.3 Resultados de los ensayos realizados.***

Finalmente, después de haber realizado los ensayos correspondientes en el laboratorio, obtenemos los resultados los cuales nos indicarán las características técnicas del suelo y así mismo lo más importantes es la capacidad portante del terreno para el diseño y construcción de los reservorios de almacenamiento de agua.

- La capacidad portante del terreno para reservorio de 2,50 m<sup>3</sup> es: 1,872 kg/cm<sup>2</sup>
- La capacidad portante del terreno para reservorio de 2,00 m<sup>3</sup> es: 1,595 kg/cm<sup>2</sup>

- La capacidad portante del terreno para reservorio de 1,00 m<sup>3</sup> es: 1,231 kg/cm<sup>2</sup>

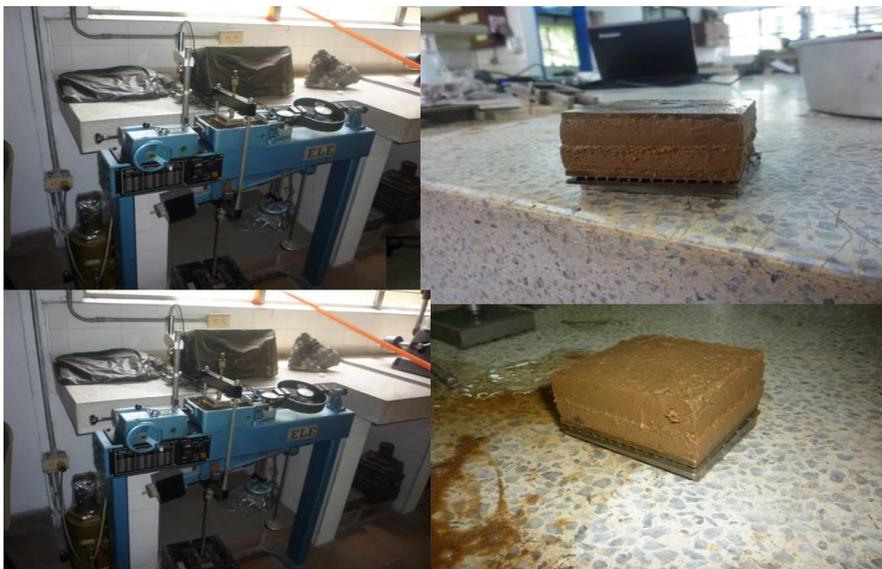


Figura 24. Ensayo de corte directo

Los demás resultados con mayor detalle estarán en el anexo del proyecto, para su información y revisión correspondiente.

#### **4.1.4 Diseño y cálculo estructural**

##### ***4.1.4.1 Diseño estructural de la cámara de captación de agua.***

Por las condiciones del terreno el tanque de captación se encontrará sobre la superficie por lo que solo estará sometido a la presión hidrostática del agua.

Finalmente se asume las siguientes dimensiones:

- Largo = 0,90 m
- Ancho = 0,90 m
- Alto = 1,00 m
- Espesor de la tapa = 0,10 m
- Espesor de las paredes = 0,15 m
- Espesor losa de fondo = 0,15 m

De acuerdo al ACI se tomarán los siguientes recubrimientos:

- Losa de techo : 2,5 cm
- Losa de fondo : 4 cm
- Muros con superficie expuesta al agua : 4 cm
- Zapatas vaciadas directamente contra el suelo: 7,5 cm

a. *Diseño de las paredes*

Se usarán las tablas del PCA (Pórtland Cement Association)

- Lado = 0,90 m
- Espesor = 0,15 m
- Altura = 1,10 m
- N.F. = 0,80 m
- Peso específico del agua ( $\delta_a$ ) = 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Peso específico del concreto ( $\delta_c$ ) = 2400 kg/m<sup>3</sup>

b. *Empuje del agua.*

$$E_a = \frac{\delta_a * h^2}{2} = \frac{640}{2} = 320 \text{ kg} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 33}]$$

c. *Momento actuante.*

$$M_a = \frac{E_a * h}{3} = \frac{256}{3} = 85,33 \text{ kg - m} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 34}]$$

d. *Para el diseño en concreto armado tenemos.*

- F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>
- b = 100 cm
- d = 11 cm
- As min = 0,0022 x b x d = 2,42 cm<sup>2</sup>

$$M_{pu} = 1,8 * 85,33 = 153,60 \text{ kg-m}$$

$$K_u = \frac{M_u}{b/d^2} = \frac{15360}{100 * 11^2} = 1,27 \dots\dots\dots \text{ [Ecuación 35]}$$

Hallando la cuantía en tablas RNE tenemos:  $\rho = 0,0011$

$$A_s = \rho * b * d = 0,44 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \text{ [Ecuación 36]}$$

$\therefore$  Usamos  $A_s$ . Mínimo

$$S = \frac{0,71}{2,42} = 0,29 \text{ cm.}$$

$S = \Phi \ 3/8 @ 25 \text{ cm.}$  En ambas direcciones

*e. Diseño de la cubierta.*

La losa de cubierta se ha diseñada como losa de concreto armado armada en ambos sentidos y apoyada en los cuatro lados.

*f. Pre dimensionamiento.*

$$h = \frac{\text{perimetro}}{180} \dots\dots\dots \text{ [Ecuación 37]}$$

$$h = \frac{\text{Perimetro}}{180} = \frac{4 * 1,00}{180} = 0,02 \text{ m} \quad \text{Asumimos: } 10 \text{ cm}$$

*g. Metrado de cargas.*

- Peso Propio:  $0,1 \times 2400 = 240,00$
- Impermeabilización:  $= 100,00$
- CM  $= 340,00$
- Sobrecarga:  $= 250,00$
- CV  $= 250,00$

h. *Carga última (Wu).*

$$W_u = 1,4 CM + 1,7 CV \dots\dots\dots [Ecuación 38]$$

- $W_u = 1,4 \times 340 + 1,7 \times 250$
- $W_{ucm} = 476 \text{ kg/m}^2$
- $W_{ucv} = 425 \text{ kg/m}^2$
- $W_u = 901 \text{ kg/m}^2$

$$\text{Relación de lados} = m = \frac{A}{B} = 1$$

i. *Momentos negativos en bordes continuos (tabla 1).*

- $MA (-) = C_{Aneg} * W_u * A^2 = 0,045 * 901 * 2,56 = 103,80 \text{ kg-m}$
- $MB (-) = C_{Bneg} * W_u * B^2 = 0,045 * 960 * 2,56 = 103,80 \text{ kg-m}$

j. *Momentos positivos de carga muerta (tabla 2).*

- $MA (+) CM = C_{Acm} * W_{uD} * A^2 = 0,018 * 476 * 2,56 = 21,93 \text{ kg-m}$
- $MB (+) CM = C_{Bcm} * W_{uD} * B^2 = 0,018 * 476 * 2,56 = 21,93 \text{ kg-m}$

k. *Momentos positivos de carga viva (tabla 3).*

- $MA (+) CV = C_{acv} * W_{uL} * A^2 = 0,027 * 425 * 2,56 = 29,38 \text{ kg-m}$
- $MB (+) CV = C_{bcv} * W_{uL} * B^2 = 0,027 * 425 * 2,56 = 29,38 \text{ kg-m}$

l. *Momentos positivos totales.*

- $MA (+) \text{ total} = 21,93 + 29,38 = 51,31 \text{ kg-m}$
- $MB (+) \text{ total} = 21,93 + 29,38 = 51,31 \text{ kg-m}$

m. *Diseño del acero de refuerzo.*

- $b = 100 \text{ cm.}$
- $h = 10 \text{ cm.}$
- $d = 7,5 \text{ cm.}$

$$A_s \text{ min} = 0,0018 \times b \times t = 1,80 \text{ cm}^2$$

*n. Dirección corta (lado A).*

Centro de luz:

$$K_u = \frac{M_u}{b * d^2} = \frac{5131}{100 * 7,5^2} = 0,91 \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 39]}$$

Hallando la cuantía en tablas RNE tenemos:  $\rho = 0,0002$

$$A_s = \rho * b * d = 0,15 \text{ cm}^2 \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 40]}$$

$\therefore$  Usamos  $A_s$ . Mínimo       $S_{\text{max}}$ : 30 cm

$$S = \frac{0,71}{1,80} = 0,39 \text{ cm} \quad S = \Phi \ 3/8 \ @ \ 25 \text{ cm}$$

Borde continuo:

$$K_u = \frac{M_u}{b * d^2} = \frac{10380}{100 * 7,5^2} = 1,85 \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 41]}$$

Hallando la cuantía en tablas RNE tenemos:  $\rho = 0,0006$

$$A_s = \rho * b * d = 0,45 \text{ cm}^2 \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 42]}$$

$\therefore$  Usamos  $A_s$ . Mínimo       $S_{\text{max}}$ : 30 cm

$$S = \frac{0,71}{1,80} = 0,39 \text{ cm} \quad S = \Phi \ 3/8 \ @ \ 25 \text{ cm}$$

*o. Dirección larga (lado B).*

Teniendo en cuenta que ambos lados son iguales el diseño de acero es el mismo en las dos direcciones.

p. Verificación por cortante.

Para que pase por cortante, se debe cumplir que:

$$V_u \leq \phi V_c \dots\dots\dots [Ecuación 43]$$

$$V_u = \frac{W_u * L}{2} = \frac{901 * 1,6}{2} = 720,8 \text{ kg} \dots\dots\dots [Ecuación 44]$$

$$\phi V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d \dots\dots\dots [Ecuación 45]$$

$$\phi V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 7,5 = 4896,27 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u \quad \therefore \text{ Si cumple}$$

Por lo tanto, se colocará  $\Phi 3/8'' @ 25 \text{ cm.}$  en ambos sentidos.

q. Diseño de la losa de fondo.

- Altura del agua: 0,80 m
- Espesor de la losa: 0,15 m

r. Metrado de cargas.

- Peso propio del agua :  $0,80 * 1000 = 800,00 \text{ kg/m}^2$
  - Peso propio del concreto:  $0,15 * 2400 = 360,00 \text{ kg/m}^2$
- $$P = 1160,00 \text{ kg/cm}^2$$

s. Momentos de empotramiento.

$$M_A = M_B = -0,0052 * P * L^2 \dots\dots\dots [Ecuación 46]$$

$$M_A = M_B = -0,0052 * 1160 * 1,60^2 = - 15,44 \text{ kg-m}$$

t. Momento en el centro.

$$M_C = 0,0051 * P * L^2 \dots\dots\dots [Ecuación 47]$$

$$M_C = 0,0051 * 1160 * 1,60^2 = 15,14 \text{ kg-m.}$$

u. Verificación del espesor del fondo.

Para:

$$F_t = 0,85 * \sqrt{f'c} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 48}]$$

- $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- $M = \text{Momento máximo absoluto: } 15,44 \text{ kg-m}$
- $b = \text{Ancho} = 1,00 \text{ m}$

$$e = \left( \frac{6 * M}{F_t * b} \right)^{1/2} = \left( \frac{6 * 1544}{12,32 * 100} \right)^{1/2} = 2,74 \text{ cm} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 49}]$$

$15 \text{ cm} > 3,09 \text{ cm} \quad \therefore \text{ Ok si cumple}$

v. Cálculo del acero de refuerzo.

$$A_s = \frac{M}{F_s * j * d} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 50}]$$

Donde:

- $M = \text{Momento máximo vertical u horizontal}$
- $F_s = \text{Fatiga de trabajo: } 1400 \text{ kg/cm}^2$
- $d = \text{Peralte efectivo} = 10 \text{ cm}$
- $j = \text{Relación entre la distancia de la resultante de los esfuerzos de compresión al centro de gravedad de los esfuerzos de tensión.}$

Siendo:

$$j = 1 - \frac{K}{3} = 0,874 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 51}]$$

$$\text{Para } K = \frac{1}{\left(1 + \frac{F_s}{n * 0,45 * f'c}\right)^3} = 0,378 \dots \text{ [Ecuación 52]}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 9 \dots \text{ [Ecuación 53]}$$

w. *Cálculo de la armadura vertical.*

Para un momento máximo positivo:  $M + = 15,14 \text{ kg-m}$

$$A_s = \frac{M}{F_s * j * d} = \frac{1514}{1400 * 0,874 * 10} = 0,12 \text{ cm}^2 \dots \text{ [Ecuación 54]}$$

Para un momento máximo negativo:  $M - = -15,44 \text{ kg-m}$

$$A_s = \frac{M}{F_s * j * d} = \frac{1544}{1400 * 0,874 * 10} = 0,13 \text{ cm}^2 \dots \text{ [Ecuación 55]}$$

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * t = 0,0022 * 100 * 15 = 3,30 \text{ cm}^2 \dots \text{ [Ecuación 56]}$$

∴ Usar  $A_s$  mínimo

$$S = \frac{0,71}{3,30} = 0,21 \text{ cm}$$

Usar:  $\Phi 3/8'' @ 20 \text{ cm}$ . en ambos sentidos

#### ***4.1.4.2 Diseño estructural del reservorio***

En el diseño de estructuras hidráulicas de concreto armado se debe tener en cuenta

los siguientes parámetros:

- Estructuras resistentes
- Estructuras estables
- Estructuras durables
- Control de fisuras y deflexiones

Método de diseño será el recomendado del ACI, que es el método de diseño a la rotura. De acuerdo al ACI se tomarán los siguientes recubrimientos:

- Losa de techo : 2 cm
- Losa de fondo : 4 cm
- Muros con superficie expuesta al agua : 5 cm
- Zapatas vaciadas directamente contra el suelo : 7,5 cm

Los materiales a usarse serán:

- Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Acero  $fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$

a. *Diseño de los muros.*

El diseño de las paredes del reservorio se realizará cuando este se encuentre lleno y sujeto a la presión del agua.

Para el cálculo de los momentos se hará uso de las tablas de la PCA (Portland Cement Asociación).

Se ingresa mediante la relación  $b/a$ , donde  $b$  = es el ancho de la pared y  $a$  = la altura del agua.

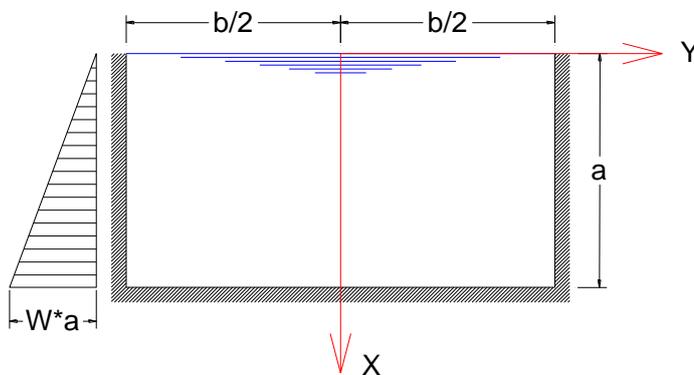


Figura 25. Esquema de fuerzas en el reservorio

Para la relación  $b/a = 1,20 / 1,00 = 1,20$

Interpolando se tiene los siguientes coeficientes:

**Tabla 19**

*Momentos calculados*

b/h	x/h	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
1,20	0	0,000	0,024	0,000	0,007	0,000	-0,048
	1/4	0,011	0,022	0,005	0,008	-0,010	-0,050
	1/2	0,016	0,016	0,010	0,009	-0,009	-0,045
	3/4	-0,001	0,005	0,001	0,004	-0,005	-0,027
	1	-0,071	-0,014	-0,048	-0,010	0,000	0,000

Los momentos se determinan mediante la fórmula:

$$M = K * \gamma * a^3 \dots\dots\dots [Ecuación 57]$$

Donde:

- K = Coeficiente de momento
- $\gamma$  = Peso específico del agua
- a = Altura del agua

Conocidos los datos se calcula  $= \gamma * a^3 = 1000 \times 1,0^3 = 1000 \text{ kg}$

Reemplazando los valores de k en la ecuación tenemos:

**Tabla 20**

*Momentos (kg-m) debido al empuje del agua*

b/h	x/h	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
1.2	0	0	257,682	0	70,277	0	-511,104
	01-abr	119,258	229,997	51,11	83,054	-104,35	-536,659
	01-feb	170,368	170,368	106,48	93,702	-93,702	-481,29
	03-abr	-10,648	55,37	14,907	42,592	-53,24	-285,366
	1	-758,138	-153,331	-513,234	-102,221	0	0

b. *Diseño de la cubierta de techo.*

La cubierta del reservorio será considerada como una losa armada en dos sentidos y apoyada en sus cuatro lados y para su diseño se seguirá el método 3 del código ACI el cual fue desarrollado por Marcus.

Los momentos en la franja central según el método ACI son:

$$M_A = C_A * W_U * L_A^2 \dots\dots\dots [Ecuación 58]$$

$$M_B = C_B * W_U * L_B^2 \dots\dots\dots [Ecuación 59]$$

Donde:

- $C_A, C_B$ : Coeficientes de momentos tabulados
- $W_U$ : Carga última
- $L_A, L_B$ : Longitud de la luz libre para cada dirección.

c. *Predimensionamiento.*

- Lado : 1,20 m
- $H = \text{Perimetro}/180$
- $H = (4*1,20)/180 = 0,03 \text{ m}$

Entonces asumimos un  $h = 15 \text{ cm}$

d. *Metrado de cargas.*

- Peso propio:  $0,15 \times 2400 = 360,00$
- Impermeabilización:  $= 100,00$
- $CM = 460,00$
- Sobrecarga:  $= 250,00$
- $CV = 250,00$

e. *Carga última (Wu).*

$$W_u = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 60}]$$

- $W_u = 1,4 \times 460 + 1,7 \times 250$
- $W_u \text{ CM} = 644 \text{ kg/m}^2$
- $W_u \text{ CV} = 425 \text{ kg/m}^2$
- $W_u = 1069 \text{ kg/m}^2$

$$\text{Relación de lados} = m = \frac{A}{B} = 1$$

f. *Diseño por flexión.*

Caso (1) para momentos negativos

- $C_A, C_B = 0,0450$  Empotramiento perfecto
- $C_A, C_B = 0,0225$  Semiempotramiento el muro presenta cierta resistencia al giro

Caso (2) para momentos positivos

- $C_A, C_B = 0,036$  debido a la carga muerta
- $C_A, C_B = 0,036$  debido a la carga viva

Cálculo del acero de refuerzo

$$A_s \text{ min} = 0,0018 \cdot b \cdot t = 1,80 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 61}]$$

g. *Acero negativo.*

Momentos negativos

- $M_A (-) = C_A \cdot W_u \cdot A^2 = 0,0225 \cdot 1069 \cdot 13,69 = 329,28 \text{ kg-m}$
- $M_B (-) = C_B \cdot W_u \cdot B^2 = 0,0225 \cdot 1069 \cdot 13,69 = 329,28 \text{ kg-m}$

$$K_u = \frac{M_u}{b * d^2} = \frac{32928}{100 * 13^2} = 1,94 \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 62]}$$

$$\rho = 0,0006$$

Usar As mínimo

$$\rho = 0,0018$$

$$A_s = \rho * b * d = 2,70 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{0,71}{2,70} = 0,26 \text{ cm} \quad \text{Usar:} \quad \Phi \text{ 3/8'' @ 25 cm.} \quad \text{Ok}$$

*h. Acero positivo.*

Momentos positivos debido a carga muerta:

- MA (+) CM = C<sub>A</sub>\* W<sub>uD</sub>\*A<sup>2</sup> = 0,036\*644\*13,69 = 317,39 kg-m
- MB (+) CM = C<sub>B</sub>\* W<sub>uD</sub>\*B<sup>2</sup> = 0,036\*644\*13,69 = 317,39 kg-m

Momentos positivos debido a carga viva:

- MA (+) CV = C<sub>A</sub>\* W<sub>uL</sub>\*A<sup>2</sup> = 0,036\*425\*13,69 = 209,46 kg-m
- MB (+) CV = C<sub>B</sub>\* W<sub>uL</sub>\*B<sup>2</sup> = 0,036\*425\*13,69 = 209,46 kg-m

Momentos positivos totales:

- MA (+) total = 317,39 + 209,46 = 526,85 kg-m
- MB (+) total = 317,39 + 209,46 = 526,85 kg-m

$$K_u = \frac{M_u}{b * d^2} = \frac{52685}{100 * 13^2} = 3,12 \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 63]}$$

$$\rho = 0,0010$$

Usar As mínimo = 2,70 cm<sup>2</sup>

$$S = \frac{0,71}{2,70} = 0,26 \text{ cm} \quad \text{Usar: } \Phi \text{ 3/8"} @ 25 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Para ambos casos  $p < p_{\min} = 0,018$ , el ACI recomienda que la separación máxima del refuerzo debe ser  $S_{\max} = 30 \text{ cm}$  por tanto diseñaremos con el acero mínimo:

$$S = \frac{A_v}{A_s} * 100 = 26,30 \text{ cm} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 64}]$$

Use  $\Phi \text{ 3/8"} @ 25 \text{ cm}$  en ambos sentidos para el diseño

*i. Verificación por cortante.*

Para que pase por cortante, se debe cumplir que:

$$V_u \leq \phi V_c \dots\dots\dots [\text{Ecuación 65}]$$

$$V_u = \frac{W_u * L}{2} = \frac{1069 * 3,7}{2} = 1977,65 \text{ kg} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 66}]$$

$$\phi V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d \dots\dots\dots [\text{Ecuación 67}]$$

$$\phi V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 12 = 8486,87 \text{ kg}$$

$\phi V_c > V_u \quad \therefore$  Si cumple ok

*j. Diseño de la losa de fondo.*

La losa de fondo será analizada como una placa flexible, debido a que el espesor es pequeño en relación a la longitud. Además, se considerará que dicha placa se encuentra empotrada en los bordes.

Datos:

- Altura del agua: 0,70 m
- Espesor de la losa: 0,15 m

Metrado de cargas:

- Peso propio del agua:  $0,70 \cdot 1000 = 700,00 \text{ kg/m}^2$
  - Peso propio del concreto:  $0,15 \cdot 2400 = 360,00 \text{ kg/m}^2$
- $P = 1060,00 \text{ kg/m}^2$

Momentos de empotramiento:

$$M_A = M_B = -0,0052 \cdot P \cdot L^2 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 68}]$$

$$M_A = M_B = -0,0052 \cdot 1060 \cdot 1,2^2 = -7,94 \text{ kg-m}$$

Momento en el centro:

$$M_C = 0,0051 \cdot P \cdot L^2 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 69}]$$

$$M_C = 0,0051 \cdot 1060 \cdot 1,2^2 = 7,78 \text{ kg-m.}$$

*k. Verificación del espesor del fondo.*

Para hacer la verificación se utiliza la siguiente expresión:

$$F_t = 0,85 \cdot \sqrt{f'c} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 70}]$$

- $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- $M =$  Momento máximo absoluto:  $7,94 \text{ kg-m}$
- $b =$  Ancho =  $1,00 \text{ m}$

$$e = \left( \frac{6 \cdot M}{F_t \cdot b} \right)^{1/2} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 71}]$$

$$e = \left( \frac{6 \cdot 7,94 \cdot 100}{12,32 \cdot 100} \right)^{1/2} = 1,97 \text{ cm}$$

$15 \text{ cm} > 1,97 \text{ cm} \quad \therefore \text{ Si cumple ok}$

*l. Cálculo del acero de refuerzo.*

$$A_s = \frac{M}{F_s * j * d} \dots\dots\dots [Ecuación 72]$$

Donde:

- M = Momento máximo vertical u horizontal
- F<sub>s</sub> = Fatiga de trabajo: 1400 kg/cm<sup>2</sup>
- d = Peralte efectivo = 11 cm
- j = Relación entre la distancia de la resultante de los esfuerzos de compresión al centro de gravedad de los esfuerzos de tensión.

Siendo:

$$j = 1 - \frac{K}{3} = 0,874 \dots\dots\dots [Ecuación 73]$$

Para:

$$K = \frac{1}{\left(1 + \frac{F_s}{n * 0,45 * f'c}\right)} = 0,378 \dots\dots\dots [Ecuación 74]$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 9 \dots\dots\dots [Ecuación 75]$$

*m. Cálculo de la armadura vertical.*

Para un momento máximo positivo: M + = 7,78 kg-m

$$A_s = \frac{M}{F_s * j * d} = \frac{788}{1400 * 0,874 * 100} = 0,058 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots [Ecuación 76]$$

Para un momento máximo negativo: M + = 7,94 kg-m

$$A_s = \frac{M}{F_s * j * d} = \frac{794}{1400 * 0,874 * 100} = 0,059 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots [Ecuación 77]$$

$$As_{\min} = \rho_{\min} * b * t = 0,0022 * 100 * 15 = 3,30 \text{ cm} \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 78]}$$

∴ Usar As mínimo.

$$S = \frac{0,71}{3,30} = 0,21 \text{ cm}$$

Usar: Φ 3/8" @ 20 cm. En ambos sentidos

*n. Diseño de la cimentación del reservorio.*

Para calcular el diseño de la cimentación primeramente haremos el chequeo de presiones:

Chequeo de presiones

$$\sigma_t = 3 \text{ kg/cm}^2 = 30000 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_t / \sigma_a$$

$$C_s = \text{Coeficiente de seguridad} = 2,5$$

$$\sigma_{adm} = 30000 \text{ kg/m}^2 / 2,5 = 12000 \text{ kg/m}^2$$

Metrado de cargas (Longitud 1,20 m y ancho 1 m para el análisis)

$$\text{Peso del muro} = 0,20 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso de la losa} = 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso del agua} = 0,70 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 700 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso de sobrecarga} \text{ -----} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso total} = 1640 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_{aplicado} \leq \sigma_{adm}$$

$$1640 \leq 12000 \text{ Ok}$$



## 4.2. Contrastación de hipótesis

La contrastación de la hipótesis general y las tres hipótesis derivadas se realiza en este acápite que a continuación se detalla:

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) para el análisis paramétrico y prueba de contrastación de hipótesis se debe asegurar que la distribución de la población de la variable sea normal, para el presente proyecto según los datos obtenidos (apéndice C), se verifica si esta cumple la normalidad requerida, para tal fin con el software SPSS se obtiene la siguiente información descriptiva de la población:

**Tabla 21**

*Información descriptiva de la población obtenida con SPSS*

		<b>Statistic</b>	<b>Std. error</b>
Presión	Mean		1,639804
	95 % Confidence Interval for mean	Lower bound	31,84732
		Upper bound	28,59276
	5 % Trimmed Mean		35,10187
	Median		31,67579
	Variance		28,28600
	Std. deviation		263,518
	Minimum		16,233227
	Maximum		5,444
	Range		63,884
	Interquartile range		58,440
	Skewness		26,422
	Kurtosis		,244
			,137
			,483
			-1,152

Siendo el gráfico de normalidad el siguiente:

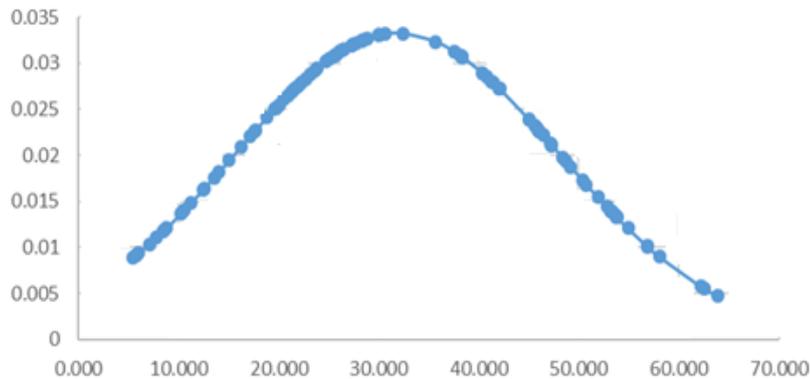


Figura 27. Normalización de las presiones

Como se aprecia la normalidad de las presiones obtenidas se distribuyen alrededor de la media (31,84732), y permite asegurar que los datos son normalizados, cumpliendo así con la exigencia establecida para este tipo de investigaciones.

En la hipótesis general modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar - Puno., es el óptimo.

Para verificar la hipótesis del diseño óptimo del sistema, se utilizará la prueba estadística paramétrica T aplicando el programa SPSS y Excel.

Se determinó que la presión en el sistema 01 de abastecimiento tiene una media de 22,7271 con una desviación estándar de 13,54961, si el promedio de presiones en todo el sistema de abastecimiento es de 31,84732, Se quiere determinar si hay diferencia entre la presión normal en el sistema y la presión en el sistema 01. Siendo los resultados del SPSS.

**Tabla 22***Datos con SPSS para contraste*

	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. Deviation</b>	<b>Std. Error Mean</b>
Presion	98	31,84732	16,233227	1,639804
Sis.01	8	22,7271	13,54961	4,79051

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

- $\bar{x}$  : media de la muestra
- s : desviación estándar de la muestra
- n : tamaño de la muestra
- $\mu$  : media de la población

El planteamiento de la hipótesis corresponde entonces:

- $H_0$  :  $\bar{x} = \mu$  La presión en el sis.01 es igual a la presión en todo el sistema.
- $H_1$  :  $\bar{x} \neq \mu$  La presión en el sis.01 es diferente a la presión en todo el sistema

**Tabla 23***Cálculo del estadístico T*

<b>Operando</b>		
$\bar{x}$	22,7271	
s	13,5461	
n	8	
m	31,84732	
t	-1,90430291	t calculado
g'	7	
a/2	0,025	
t	2,3	t tabla

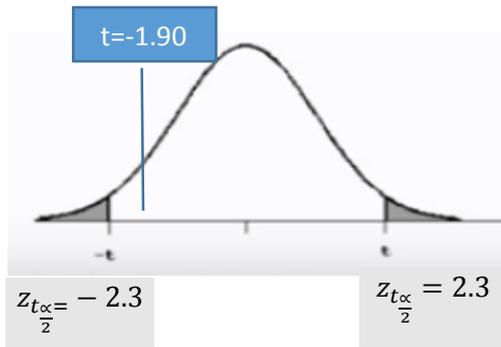


Figura 28. Gráfico de estadístico T

Como se observa el  $t(-1,90)$  calculado está dentro de la zona de aceptación, acogemos la hipótesis nula, rechazamos por tanto la hipótesis alterna.

Es decir que la presión promedio en (sistema de abastecimiento 01) es igual a la presión promedio en todo el sistema, por tanto, el diseño del sistema de abastecimiento 01 es óptimo.

Para el sistema 02 se realizó el mismo procedimiento

**Tabla 24**

*Datos con SPSS para contraste*

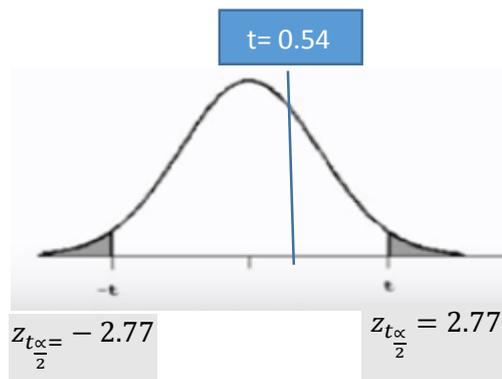
	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. Deviation</b>	<b>Std. Error Mean</b>
Presion	98	31,84732	16,233227	1,639804
Sis.02	5	37,4140	22,86570	10,22585

- $H_0 : \bar{x} = \mu$  La presión en el sis.02 es igual a la presión en todo el sistema.
- $H_1 : \bar{x} \neq \mu$  La presión en el sis.02 es diferente a la presión en todo el sistema

**Tabla 25**

*Calculo de estadístico T*

Operando		
$\bar{x}$	37,414	
s	22,8657	
n	5	
m	31,84732	
t	0,54437323	t calculado
g'	4	
a/2	0,025	
t	2,77	t tabla



*Figura 29. Gráfico de estadístico T*

Como se observa el  $t$  (0,544) calculado está dentro de la zona de aceptación, acogemos la hipótesis nula, rechazamos por tanto la hipótesis alterna.

Es decir que la presión promedio en el Sis.02 (sistema de abastecimiento 02) es igual a la presión promedio en todo el sistema, por tanto, el diseño del sistema de abastecimiento 02 es óptimo.

Para el sistema 04 se realizó el mismo procedimiento

**Tabla 26**

*Datos con SPSS para contraste*

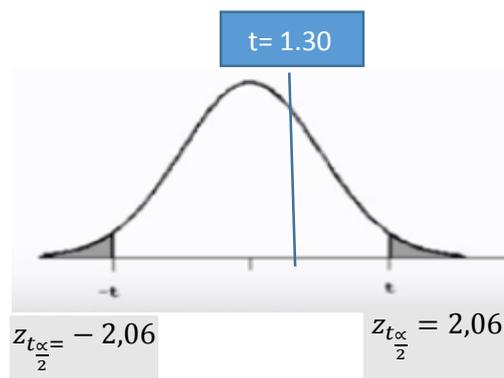
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Presion	98	31,84732	16,233227	1,639804
Sis.04	24	36,4936	17,48306	3,56872

- $H_0$  :  $\bar{x}=\mu$  La presión en el sis.04 es igual a la presión en todo el sistema.
- $H_1$  :  $\bar{x} \neq \mu$  La presión en el sis.04 es diferente a la presión en todo el sistema

**Tabla 27**

*Cálculo de estadístico T*

Operando	
$\bar{x}$	36,4936
s	17,48306
n	24
m	31,84732
t	1,30194774      t calculado
g'	23
a/2	0,025
t	2,0687      t tabla



*Figura 30. Gráfico de estadístico T*

Como se observa el  $t$  (1,3019) calculado está dentro de la zona de aceptación, acogemos la hipótesis nula, rechazamos por tanto la hipótesis alterna.

Es decir que la presión promedio en el Sis.04 (sistema de abastecimiento 04) es igual a la presión promedio en todo el sistema, por tanto, el diseño del Sistema de abastecimiento 04 es óptimo.

Del resultado de la investigación que se realizó, se llegó a la siguiente contrastación, el diseño del modelo de servicio de agua potable es el más óptimo pues cumple con los requerimientos de la última norma publicada en mayo del 2018 (R.M. N°192-2018), eliminando así la subjetividad del proyectista e uniformizando los criterios de diseño en atención al RNE.

En la primera hipótesis derivada se indica. El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable propuesto considera criterios de costo económico para la realidad de los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno”

Se logró una comparación de los costos económicos del proyecto formulado sin la aplicación de la (R.M. N°192-2018) y con la aplicación de la norma antes descrita, comprobándose que el presupuesto a costo directo es de S/ 1 117 212,12 es el más económico pues se obtuvo del diseño óptimo del sistema de abastecimiento.

**Tabla 28**

*Presupuestos del proyecto*

<b>Item</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Soles</b>
1	Costo directo	1 405 866,41
2	Costo directo optimizado	1 117 212,12

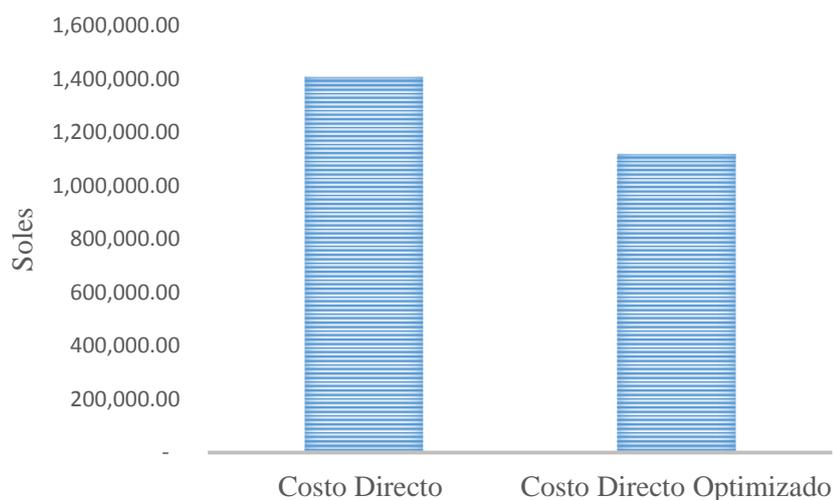


Figura 31. Presupuestos del proyecto

En la hipótesis derivada numero dos se indica “El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno, es sostenible técnica, administrativa y financieramente”

Se encontró una mayor sostenibilidad en razón del convenio firmado por la municipalidad distrital de Antauta y los beneficiarios, comprometiéndose estos al mantenimiento del sistema de distribución, Así mismo se coordinó con el centro de salud de Antauta a fin de que se monitorea permanentemente la calidad del agua que llega a la población. Que también corresponde a sus funciones.

**Tabla 29**

*Beneficiarios que firmaron convenio con la municipalidad distrital de Antauta.*

Item	Sector	Beneficiarios
1	Santa Isabel	72
2	Cerrera	29

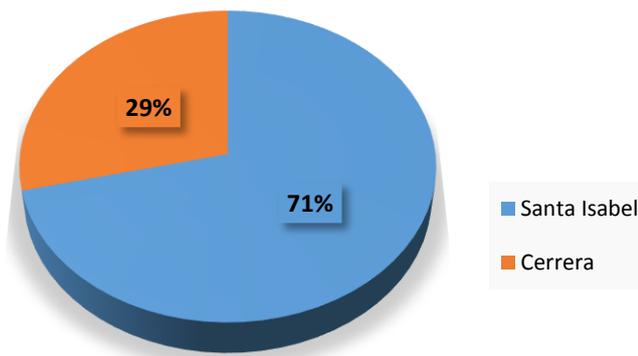


Figura 32. Total de beneficiarios que comprende el proyecto

En la hipótesis derivada número tres se indica” El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable propuesto aprovecha y minimiza la capacidad instalada ociosa en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno”

Esta hipótesis formulada pretendía aprovechar la capacidad instalada ociosa en el sistema, refiriéndose a reutilizar algunas bocatomas del sistema y aprovechar reservorios, pero en el proceso de formulación del proyecto de investigación y luego del diseño hidráulico en cumplimiento de la última norma emitida en el 2018 ha hecho que se desechen todas las alternativas de uso de estructuras existentes, por el grado de deterioro y además de los trabajos adicionales requeridos para su reutilización hacían que sea una mejor alternativa la construcción de una nueva infraestructura que reemplaza a la existente por tanto esta hipótesis no ha sido confirmada.

### 4.3 Discusión de resultados

- El planteamiento hidráulico del sistema de abastecimiento en las zonas rurales de Santa Isabel y Cerrera en el distrito de Antauta, por las características topográficas, y la dispersión de las familias beneficiarias según plano PC- 01, se caracterizó por la necesidad de utilizar 12 sistemas de abastecimientos. Siendo esto que cada sistema comprendía las estructuras de captación, una línea de aducción, conducción y distribución.
- En atención a la fuente de abastecimiento, se requirieron captaciones a media ladera especificados en (Dirección General de Políticas de Regulación en Construcción y Saneamiento, 2018), para los cuales dieron como resultado
  - 10 captaciones de ladera tipo I
  - 05 captaciones de ladera tipo II

La diferencia entre el tipo I y el tipo II estriba en las dimensiones de la bocatoma, la primera tiene 0,70 m de ancho de la sección interna de la cámara húmeda, la siguiente tiene 1,20 de ancho interno. Las mismas presentadas en los planos A 1,1 y plano OA 2,1.

- A fin de garantizar el abastecimiento permanente, en los sistemas con gran cantidad de beneficiarios se planteó reservorios de regulación:
  - 01 reservorio de 2,5 m<sup>3</sup> de capacidad
  - 02 reservorio de 2,0 m<sup>3</sup> de capacidad
  - 04 reservorio de 1,0 m<sup>3</sup> de capacidad
- Según el Reglamento Nacional de Edificaciones las presiones requeridas dentro de un sistema de abastecimiento no deben superar los 50 mca (metros de carga de agua), en caso de superarse es necesario la presencia de elementos

que permitan regular dichas presiones. Para el presente proyecto ubicado en zona rural se planteó cámaras rompe presión, las que obedecen estrictamente al cálculo hidráulico siendo la cantidad de:

- 03 unidades cámara rompe presión T-6
- 11 unidades cámara rompe presión T-7

Siendo la única diferencia entre ellas la capacidad.

- Para el cálculo hidráulico de la línea de conducción, aducción y distribución se utilizó la ecuación de Hazen y Williams, el tubo utilizado para el modelamiento fue un tubo PVC-U unión rígida NTP 399 .002:2012 C-10 (150 lb/pulg<sup>2</sup>) cuyo coeficiente C = 150 en atención al Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Como resultado del diseño, la línea de conducción para todos los sistemas resulto un diámetro de 1", se controló el diseño a fin de no superar las presiones máximas mostrándose un resumen por ejemplo los resultados del cálculo:

DESCRIPCION	COTA DEL TERRENO (msnm)		LONGITUD (m)	Caudal Diseño (L/s)	COTA PIEZOMETRICA (msnm)		PRESION (m)		OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
Captación	4317.483	4312.19	22	0,036	4317.983	4317.975	0.50	5.78	Reservorio

Figura 33. Resumen del cálculo de la línea de conducción

Nótese que la presión en el sistema no supera los 50 mca. (mayor detalle de estos se encuentra en la figura 16).

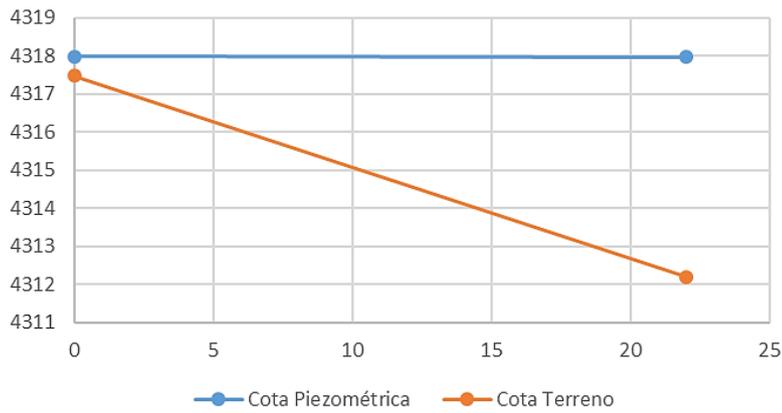


Figura 34. Gradiente hidráulico en azul

- En el cálculo de la línea de aducción se procedió con la misma metodología resultando que el diámetro es de 1", de igual forma se cuidó de no superar los 50 mca, a continuación, se muestra el resumen del cálculo de la red de aducción

DESCRIPCION	COTA DEL TERRENO (msnm)		LONGITUD (m)	Caudal Diseño (L/s)	COTA PIEZOMETRICA (msnm)		PRESION (m)		OBSERVACIONES	
	INICIAL	FINAL			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
Captación	4312.193	4306.67	19	0.059	4312.693	4312.677	0.50	6.01		

Figura 35. Resumen de cálculo de línea de aducción

Siendo la representación gráfica la siguiente:

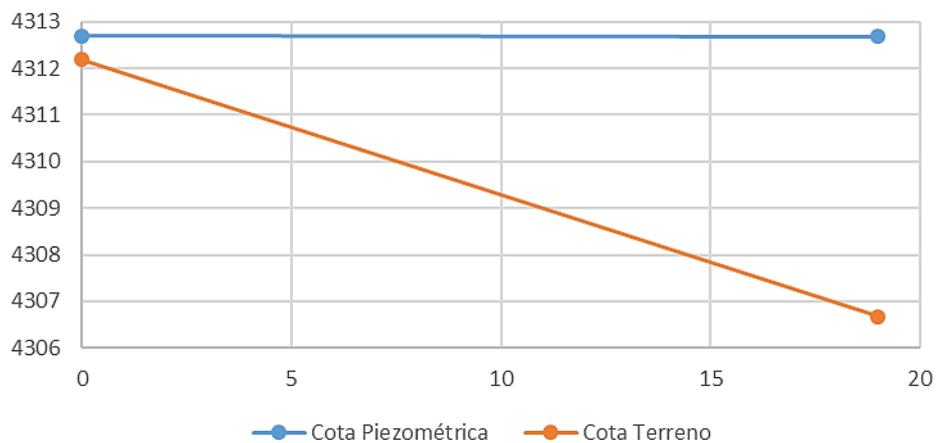


Figura 36: Gradiente hidráulico de una línea de aducción

- En el cálculo de la red de distribución recordando que es una red abierta se realizó el diseño utilizando la fórmula de Hazen y Williams, de igual forma se cuida la no presencia de presiones por encima de los 50 mca. Y en caso de superar este valor era necesario utilizar las cámaras rompe presión. El diámetro de la tubería según los cálculos fue de 1" pulgada y en los ramales de 3/4".

NUDO	LONGITUD (m)	COTA DEL TERRENO (msnm)	COTA PIEZOMETRICA (msnm)	PRESION
32	0	4477.757	4478.257	0.500
33	68	4469.149	4478.232	9.083
34	221	4454.119	4478.177	24.058
35	314	4463.298	4478.211	14.913
38	512	4439.200	4478.142	38.942
39	655	4439.200	4478.173	38.973
40	916	4455.200	4478.230	23.030
41	1244	4431.200	4478.158	46.958
42	1466	4457.200	4478.207	21.007
43	1908	4463.200	4478.303	15.103
44	2134	4461.086	4478.254	17.168
	2496	4433.200	4478.254	45.054
45	2496	4433.200	4433.200	<b>0.000</b>
46	2825	4393.200	4433.129	39.929
	3158	4391.495	4433.129	41.634
47	3158	4391.495	4391.495	<b>0.000</b>
49	3281	4384.203	4391.494	7.291
50	3558	4363.200	4391.494	28.294
	3637	4358.949	4391.494	32.545
51	3637	4358.949	4358.949	<b>0.000</b>
52	4042	4329.200	4358.925	29.725
53	4374	4329.898	4358.945	29.047
54	4513	4330.639	4358.953	28.314

Figura 37. Resumen de cálculo de red de distribución

En el nudo 45 se coloca una cámara rompe presión, en razón a que la presión que llega al nudo es de 45,05 mca. Y según el cálculo en el siguiente tramo ya

superaría los 50 mca. El mismo proceso se aplica en el nudo 47 y en el nudo 51. Nótese además que la presión en el sistema mantiene fluyendo el agua.

En el siguiente grafico se observa la cota topográfica del terreno y la cota piezométrica del sistema 02 como muestra.

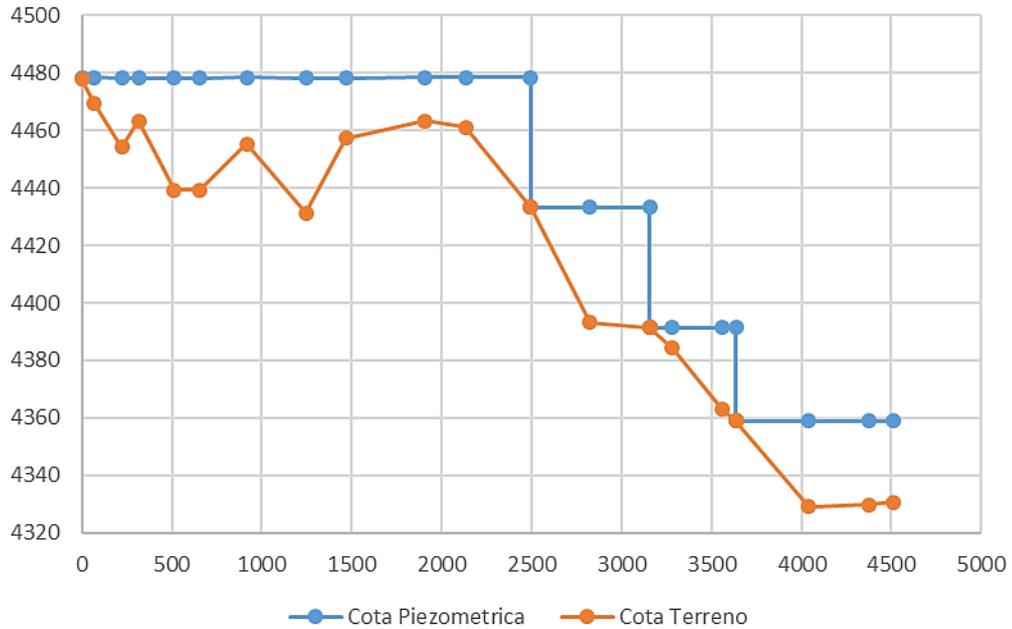


Figura 38. Gradiente hidráulico del sistema de distribución (en azul)

Nótese en la gradiente hidráulica la línea vertical azul representa justamente la incorporación de una cámara rompe presión la cual hace que prácticamente la presión baje a cero (nudo 45). El mismo proceso sucede en el nudo 47 y 51.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

**Primera.** El abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno, es el óptimo pues se ha representado todo el sistema de abastecimiento en un modelo matemático que permitía ensayar diferentes propuestas, en atención a lo establecido en la norma. La presión en el sistema de abastecimiento de red abierta es fundamental pues es la causa del movimiento del fluido y por ende en los diseños el dato más importante. El uso de software para realizar el modelado de sistemas abiertos no es el adecuado en razón a que no permite “ver” los procesos que lleva a cabo para obtener los resultados, hecho que es apreciable en el proceso en hoja de cálculo del diseño hidráulico.

**Segunda.** El diseño del sistema de abastecimiento rural desarrollado resulto económico optimizando los costos, en razón a que la dispersión de ubicación geográfica de los beneficiarios se planteó 12 sistemas de abastecimiento los cuales se diseñaron de acuerdo a la cercanía de la fuente, diámetro hidráulico óptimo, permanente suministro de agua, y sobre todo el bajo costo de los insumos en este caso de la tubería de PVC, que resulto en un conjunto de sistemas que utilizan tubería PVC de 1” de diámetro.

**Tercera.** El sistema es sostenible por la firma de convenio entre la municipalidad distrital de Antauta y los beneficiarios, contribuyendo a esto el tipo de tubería y el diámetro elegido al ser comercial, permite la inmediata intervención siendo los costos de reparación razonablemente bajos.

**Cuarta.** El uso de capacidad ociosa a veces es recomendable a fin de aprovechar las infraestructuras existentes, en la presente investigación no se encontró infraestructura existente además que de que la normatividad vigente establece las características que deben cumplir las estructuras de un sistema de abastecimiento, habiéndose planteado en la presente investigación toda la infraestructura nueva. El modelado matemático del sistema de abastecimiento de red abierto, requiere un entendimiento claro del planteamiento hidráulico y la aplicación de la norma, no es una hoja de cálculo donde ingresas datos y obtienes resultados, es la correcta interpretación del sistema.

## 5.2. Recomendaciones

**Primera.** Se ha realizado el modelamiento hidráulico del sistema de abastecimiento previa a su ejecución, entonces se tiene información que puede ser confrontada, cuando el sistema, luego de la ejecución entre en funcionamiento a fin de verificar sobre todo las presiones de salida del sistema abierto.

**Segunda.** En el diseño de sistemas de abastecimiento especialmente rural las condiciones varían totalmente de uno a otro, y más aún, el planteamiento hidráulico responde a la condiciones que en ese momento se analizan, siendo necesario que el investigador de este tipo de proyectos primero tenga en cuenta la normatividad vigente y elabore su propia hoja de cálculo para el diseño, pues se ha encontrado en la revisión bibliográfica, que muchas veces han utilizado hojas de cálculo preparadas para otras condiciones cuyos resultados no son congruentes con la realidad. Por ende, el diseño no es el correcto.

**Tercera.** Un curso de diseño de sistemas de abastecimiento de red abierta sería conveniente implementar en la Universidad pues, según la política de estado son varios proyectos de agua potable especialmente en la zona rural que se formulan, los cuales muchas veces no tienen los resultados esperados.

**Cuarta.** Para el modelamiento de sistema de abastecimiento se recomienda usar el Software CivilCAD o WaterCAD para tener resultados de mayor precisión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, P. (1996). *Redes de abastecimiento de agua*. Lima: Servilacer.
- Arnalich, S. (2008). *Abastecimiento de agua por gravedad*. Water and Habitat.
- Arocha, S. (2009). *Abastecimientos de agua*. Caracas: Vega.
- Batres, J., Flores, D., y Quintanilla, A. (2010). *Rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable, diseño del alcantarillado sanitario y de aguas pluvias para el municipio de San Luis del Carmen, departamento de Chalatenango*. (Tesis), Universidad de El Salvador.
- Bauer, J., Castro, J. C., y Chung, B. (2017). Calidad del Agua. En *Agua en el Perú: Situación y Perspectivas* (pp. 1 - 42). Lima: PUCP.
- Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. (2018). Recuperado de <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/sala/2018/SE02/edas.pdf>
- Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA. (2017). *Diario Oficial El Peruano - Normas Legales, Lima, Perú*, pp. 41 - 51.
- Dirección General de Políticas de Regulación en Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural: R.M.N° 192-2018-VIVIENDA*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano: D.S.N°0.31-2010-SA*. Lima: Ministerio de Salud.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGrawHill.

- Illanes, P. E. (2016). *Evaluación y diseño hidráulico del sistema de suministro de agua potable en el C.P. el Cedrón*. (Tesis). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Lampoglia, T., Agüero, R., y Barrios, C. (2008). *Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales*. Lima: SER.
- Linnéa, I. M. (2009). *Designing a Sustainable System for water Supply and Sanitation in Rural Peru*. (Tesis ). Sveriges Lantbruks Universitet.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Obras de Saneamiento*
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). *Guía de orientación para elaboración de expedientes técnicos de proyectos de Saneamiento*. Lima.
- Ordoñez, L.A. (2017). *Situación epidemiológica de las enfermedades diarreicas agudas (EDA) en el Perú*. *Boletín Epidemiológico del Perú*, 1231-1232.
- Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la Real Academia Española*. Recuperado de: <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=sostenible>
- Rojas, R. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Lima: CEPIS.
- Tisnado, J.L. (2014). *Evaluación de la dotación per-capita para el abastecimiento de agua potable en la población concentrada del distrito de VilaVila-Lampa-Puno*. (Tesis), Universidad Nacional del Altiplano.

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### Modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar-Puno

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cómo es un modelo óptimo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar - Puno?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>1. ¿Cómo el modelo de abastecimiento del servicio de agua potable propuesto considera criterios de costo económico para la realidad de los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno?</p> <p>2. ¿La propuesta de modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar un modelo óptimo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar - Puno.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>1. Demostrar que el modelo de abastecimiento propuesto considera criterios de costo económico optimizado para la realidad de los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno</p> <p>2. Determinar el modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar - Puno., es el optimo</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>1. El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable propuesto considera criterios de costo económico para la realidad de los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno</p> <p>2. El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Costo</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soles.</li> </ul> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Modelo</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Económico</li> </ul> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Sostenibilidad</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> no Experimental</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Correlacional.</p> <p><b>Método</b> <b>MG:</b> Método científico. <b>ME:</b> Descriptivo, estadístico.</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> Descriptivo - Transeccional relacional</p> <p><b>Población.</b> Viviendas del sector de Santa Isabel y Cerrera.</p> <p><b>Muestra:</b> viviendas que no cuentan con servicio de agua potable en el</p>

<p>Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno, es sostenible técnica, administrativa y financieramente?</p> <p>3. ¿Cómo el modelo de abastecimiento del servicio de agua potable propuesto aprovecha y minimiza la capacidad instalada ociosa en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno?</p>	<p>Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno, es sostenible por la municipalidad distrital de Antauta, ¿con eficiencia técnica administrativa y financiera.</p> <p>3. Demostrar que el modelo de abastecimiento propuesto aprovecha y minimiza la capacidad instalada ociosa en los los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno</p>	<p>Melgar – Puno, es sostenible técnica, administrativa y financieramente.</p> <p>3. El modelo de abastecimiento del servicio de agua potable propuesto aprovecha y minimiza la capacidad instalada ociosa en los sectores de Santa Isabel y Cerrera, distrito de Antauta-Melgar – Puno</p>	<p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Económica</li> </ul> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Capacidad instalada</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Caudal</li> </ul>	<p>sector de Santa Isabel y Cerrera</p>
--	--	---	--	---