

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE CONSTRUCCIONES CIVILES



**ESTUDIOS Y PARAMETROS BASICOS PARA LA
IMPLEMENTACION DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE
COMUNIDAD “QUILASI” MUNICIPIO DE CHULUMANI**

“Trabajo de aplicación de examen de grado para obtener el Título de Licenciatura”

POR: ALVARO QUISPE MIRANDA

LA PAZ – BOLIVIA

2022

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE CONSTRUCCIONES CIVILES**

**ESTUDIOS Y PARAMETROS BASICOS PARA LA
IMPLEMENTACION DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE
COMUNIDAD “QUILASI” MUNICIPIO DE CHULUMANI**

Trabajo de aplicación de Examen de Grado para obtener el título de:
Licenciatura en Construcciones Civiles

Presentado por:
Alvaro Quispe Miranda

Nota numeral.....

Nota literal.....

Ha sido.....

DIRECTOR DE LA CARRERA DE CONSTRUCCIÓN CIVILES:

M.Sc. Ing. Carlos Méndez Cárdenas

TRIBUNAL EXAMINADOR:

M.Sc. Ing. María Nadezda Otero Valle

Ing. Yris Vásquez Torres

M.Sc. Ing. Carlos Méndez Cárdenas

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi señora madre, Alicia Miranda por ser el pilar más importante en mi vida, por demostrarme siempre su apoyo, amor, trabajo y sacrificio en todos estos años.

A mi esposa Magaly, que a través de sus consejos, su amor, y paciencia me ayudo a concluir esta meta.

A mis hermanas Luz y Aracely por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de sus instalaciones.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Mayor De San Andrés, a la Facultad De Tecnología, y uno en especial a la carrera de Construcciones Civiles a mis docentes quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

RESUMEN

El agua potable es un recurso imprescindible para garantizar los derechos y la calidad de vida del ser humano, ya que su escasez desencadena situaciones de riesgo para la salud de las comunidades.

Es por ello, que el siguiente estudio caracteriza la problemática del agua de consumo que actualmente viven los habitantes de “Quilasi “, una localidad ubicado en Sud – Yungas del departamento de La Paz, el cual no dispone de agua potable correspondiente.

El objetivo del siguiente trabajo, fue evaluar el sistema de abastecimiento de agua potable de la población, con el fin de proponer soluciones integrales para los sistemas y la salud de la comunidad. Para alcanzar este objetivo, se realizó un sondeo, encuestando a las personas para tener el número de componentes de cada familia, también se utilizó como información el Censo Nacional De Población Y Vivienda 2012 (CNPV 2012)

Se planteó una metodología con enfoques cualitativos en los análisis de los caudales, las dotaciones, media, futura para determinar si la cantidad de agua es suficientes para el abastecimiento en la localidad de estudio.

Los resultados obtenidos en esta investigación determinan que la cantidad de agua es suficiente para el abastecimiento de la región, cumpliendo con los parámetros básicos de estudios en la implementación de agua potable que se encuentra dentro de la Norma Boliviana 689.

Palabras claves: sistema de abastecimiento de agua potable, parámetros básicos de estudios, Norma Boliviana 689.

SUMMARY

Drinking water is an essential resource to guarantee the rights and quality of life of human beings, since its scarcity triggers situations of risk to the health of communities.

That is why the following study characterizes the problem of drinking water currently experienced by the inhabitants of "Quilasi", a town located in the South - Yungas of the department of La Paz, which does not have corresponding drinking water.

The objective of the following work was to evaluate the drinking water supply system of the population, in order to propose comprehensive solutions for the systems and the health of the community. To achieve this objective, a survey was carried out, surveying people to have the number of components of each family, the National Population and Housing Census 2012 (CNPV 2012) was also used as information.

A methodology with qualitative approaches was proposed in the analysis of flows, endowments, average, future to determine if the amount of water is sufficient for the supply in the study locality.

The results obtained in this investigation determine that the amount of water is sufficient to supply the region, complying with the basic parameters of studies in the implementation of drinking water that is within the Bolivian Standard 689.

Keywords: drinking water supply system, basic study parameters, Bolivian Standard 689.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	1
1.3. Justificación del trabajo.....	2
1.4. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivos Generales.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO II	4
2. Fundamentación teórica.....	4
2.1. Agua potable.....	4
2.2. Parámetros básicos de diseño de agua potable.....	5
2.2.1. Población del proyecto.....	5
2.2.1.1. Métodos de cálculos.....	5
2.3. Consumo de agua.....	6
2.3.1. Dotación media diaria.....	7
2.3.2. Dotación futura de agua.....	7
2.4. Caudales de diseño.....	8
2.4.1. Caudal medio diario.....	8
2.4.2. Caudal máximo diario.....	8
2.4.3. Caudal máximo horario.....	9
2.5. Periodo de diseño.....	9
2.6. Calidad de agua.....	10
2.7. Fuentes de abastecimientos.....	10
2.7.1. Aguas superficiales.....	11
2.7.2. Aguas subterráneas.....	11
2.8. Aducción de agua por gravedad.....	12
2.8.1. Consideraciones de diseño.....	13
2.8.2. Diseño hidráulico de tuberías.....	14
2.9. Tanque de almacenamiento.....	15

2.9.1. Consideraciones de diseño.....	15
2.9.2. Volumen de regulación.....	16
2.9.3. Volumen de reserva.....	17
2.10. Red de distribución.....	18
2.10.1. Consideraciones de diseño.....	19
2.10.2 Determinación de caudales en redes abiertas.....	20
2.10.2.1. Método del número de familias.....	20
CAPÍTULO III.....	22
3.1. Localización del Proyecto.....	22
3.1.1. Ubicación Física.....	22
3.1.2. Vías de acceso.....	22
3.2. Descripción física del área del proyecto.....	23
3.2.1. Clima.....	23
3.2.2. Altitud.....	24
3.2.3. Relieve Topográfico.....	24
3.3. Información socioeconómica.....	24
3.3.1. Población.....	24
3.3.2. Estabilidad poblacional.....	25
3.3.3. Dinámica poblacional.....	25
3.4. Aspectos socioeconómicos.....	26
3.4.1. Situación Económica.....	26
3.4.2. Salud.....	27
3.4.3. Viviendas.....	28
3.4.4. Saneamiento básico.....	29
3.4.4.1. Agua Potable.....	29
3.4.5. Otros servicios.....	30
3.4.6. Disponibilidad de materiales de construcción y mano de obra.....	31
3.5. Aspectos técnicos.....	32
3.5.1. Descripción de los sistemas de agua potable.....	32
3.5.2. Sistema de agua potable.....	32
3.5.3. Descripción de los componentes de sistema de agua potable.....	32

3.5.4. Tipo de EPSA (Empresa pública de saneamiento y agua).....	32
3.6. Análisis de alternativa.....	32
3.6.1. Descripción de la alternativa.....	32
3.6.2. Descripción de cada uno de los componentes.....	33
3.6.2.1. Fuente de abastecimiento.....	33
3.6.2.2. Captación.....	33
3.6.2.3. Líneas de aducción principal y secundarias.....	33
3.6.2.4. Tanque de almacenamiento de H°A°.....	34
3.6.2.5. Red de distribución.....	34
3.6.2.6. Conexiones domiciliarias.....	34
CAPÍTULO IV	35
4.1. Memoria de cálculo.....	35
4.1.1. Periodo de Diseño.....	35
3.6.3. Población del proyecto.....	35
3.6.4. Índice de crecimiento poblacional.....	36
3.6.5. Cálculo de la población futura.....	36
4.2. Consumo del agua.....	36
4.2.1. Dotación media diaria.....	36
4.2.2. Dotación futura de agua.....	37
4.3. Caudales de diseño.....	37
4.3.1. Caudal medio diario.....	37
4.3.2. Caudal máximo diario.....	38
4.3.3. Caudal máximo horario.....	39
4.4. Calculo de obra de captación.....	40
4.4.1. Aforamiento volumétrico.....	40
4.4.2. Capacidad de la obra de captación.....	41
4.5. Tubería de aducción.....	42
4.6. Tanque de almacenamiento.....	44
4.7. Diseño de la red de distribución.....	47
4.7.1. Método de número de familias.....	47
4.8. Cuadro de resumen.....	48

CAPÍTULO V	49
5.1. Conclusiones.....	49
5.2. Bibliografía.....	50
ANEXOS	51
A 1: Tendido De Tuberías (Actual).....	52
A 2: Conexiones Provisionales.....	52
A 3: Tuberías Afectadas Por Animales De La Región.....	53
A 4: Tanque De Almacenamiento Deterioradas.....	53
A 5: Tuberías En Mal Estado	54
A 6: Piletas Sin Suministro De Agua.....	54
A 7: Ubicación De Viviendas De La Comunidad.....	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cuadro de métodos de crecimiento.....	5
Figura 2: Cuadro de curva logística.....	6
Figura 3: Tuberías en línea de conducción por gravedad.....	13
Figura 4: Cuadro de mantenimiento del tanque de almacenamiento.....	17
Figura 5: Red de distribución abierta.....	18
Figura 6: Consideraciones de diseño de red de distribución.....	19
Figura 7: Ubicaciones de la región.....	22
Figura 8: Cuadro temperatura promedio.....	23
Figura 9: Uso de la tierra.....	26
Figura 10: Hospital de la localidad.....	26
Figura 11: Viviendas de la comunidad.....	28
Figura 12: Mano de obra local.....	31
Figura 13: Abastecimiento de agua potable.....	34
Figura 14: sistema de agua potable.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cálculo para la estimación de la población futura.....	7
Tabla 2: Valores de coeficiente K2.....	9
Tabla 3: Periodo de diseños (años).....	10
Tabla 4: Velocidades máximas permisibles de tuberías.....	14
Tabla 5: Valores de coeficiente C de Hazen-Williams.....	15
Tabla 6: Valores de K2.....	39
Tabla 7: Resumen de cálculos.....	48

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

Una necesidad básica del ser humano es la disponibilidad del agua potable, resulta importante en toda sociedad para la preservación de la salud pública

Para la implementación de proyectos de agua potable, es importante considerar aspectos básicos que permitirán obtener sistemas sostenibles en el tiempo y que respondan óptimamente a las necesidades de los beneficiarios

Los estudios básicos de diseño deben ser establecidos considerando el área del proyecto y el período de vida útil del proyecto.

Los parámetros y fórmulas básicas expuestas en el presente documento, se hallan en la Norma Boliviana NB-689 y en el Reglamento Técnico de Estudios y Parámetros Básicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable que estaremos mencionando en el presente trabajo.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática que presenta dicha comunidad es la escasez de agua potable, en cantidad, continuidad, calidad y cobertura.

La cantidad de agua para el consumo humano que actualmente se proveen a las familias de la comunidad de "QUILASI" es del sistema antiguo, además de ser provisionales, sufren dificultades por la rotura de las tuberías a causa de las antigüedades de las mismas. Por tal motivo sufre de desabastecimiento permanente de dicho elemento.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de todos los ecosistemas, esencial para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta.

El recurso hídrico resulta por lo tanto crucial para la humanidad y para el resto de los seres vivos. La contaminación del agua y su escasez plantean amenazas para la salud humana y la vida de los habitantes del planeta.

Igualmente, éste estudio revela pruebas contundentes frente a la calidad del agua de consumo de la población, y promuevan el ejercicio del cumplimiento de las normas referentes al sector de estudio.

La Implementación del presente proyecto pretende mejorar las condiciones de vida y salud de la comunidad, reduciendo fundamentalmente la ocurrencia de enfermedades de origen y transmisión hídrica. Por tanto lo que se hace necesario que la comunidad beneficiaria cuente con un sistema de agua potable eficiente que cubra todas aquellas necesidades que demanda esta población.

Las razones expuestas constituyen el soporte para el planteamiento del proyecto de estudios y parámetros básicos de diseño sistema de agua potable en la comunidad de Quilasi.

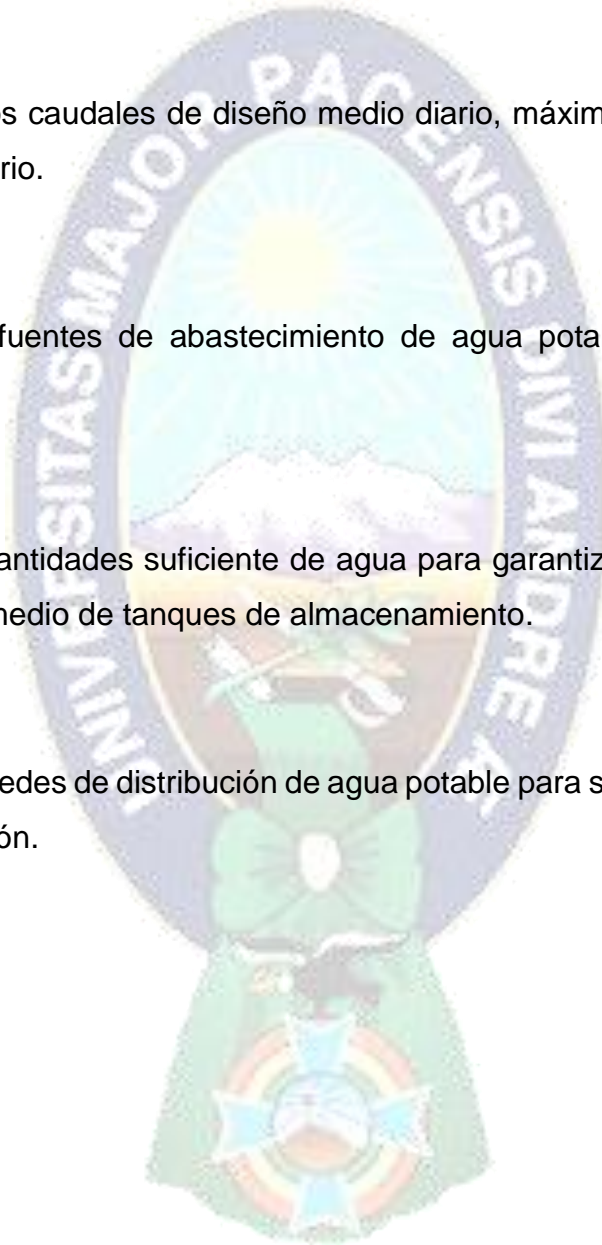
1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVOS GENERALES

Realizar el diseño de los componentes del sistema de agua potable en la comunidad de “Quilasi” de acuerdo a normativas correspondientes.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el consumo del suministro agua potable, mediante las dotaciones media diaria y dotaciones futuras de agua.
- Establecer los caudales de diseño medio diario, máximo diario y el caudal máximo horario.
- Señalar las fuentes de abastecimiento de agua potable y la obra de captación.
- Almacenar cantidades suficiente de agua para garantizar el suministro del mismo, por medio de tanques de almacenamiento.
- Diseñar las redes de distribución de agua potable para satisfacer la demanda de la población.



CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 AGUA POTABLE

Se denomina agua potable, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a su calidad no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

Según las guías de la Organización Mundial de la Salud, se dice que el agua es potable si los componentes del mismo no suponen riesgo para la salud del consumidor si éste se bebe el agua durante toda su vida.

El agua potable es aquella que por sus características organolépticas, físico-químicas, radioactivas y microbiológicas, se considera apta para el consumo humano y que cumple con lo establecido en la norma NB 512 y el Reglamento Nacional para el Control de la Calidad de Agua para Consumo Humano.

LAS CAUSAS DE LA NO POTABILIDAD DEL AGUA SON:

- Bacterias, virus;
- Minerales (en formas de partículas o disueltos), productos tóxicos;
- Depósitos o partículas en suspensión.
- Sustancias orgánicas.
- Radiactividad

2.2. PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO DE AGUA POTABLE

Los parámetros de diseño permiten establecer los requisitos mínimos de diseño para sistema de abastecimiento de agua potable y disposición sanitaria de excretas y aguas residuales. Entre los parámetros básicos de diseño se deben considerar:

- Población del proyecto.
- Consumo de agua.
- Caudales de diseño.
- Período de diseño.

2.2.1. POBLACIÓN DEL PROYECTO

Es el número de habitantes que ha de ser servido por el proyecto para el período de diseño, el cual debe ser establecido con base en la población inicial.

2.2.1.1. MÉTODOS DE CÁLCULOS

Para el cálculo de la población futura se pueden utilizar uno de los siguientes métodos de crecimiento.

a) Aritmético:
$$P_o = P_o \left(1 + \frac{i*t}{100}\right)$$

b) Geométrico:
$$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$$

c) Exponencial:
$$P_f = P_o * e^{\left(\frac{i*t}{100}\right)}$$

Figura 1: Cuadro De Métodos De Crecimiento
Fuente: Elaboración Propia

Donde:

P_f = Población futura en habitantes

P_o = Población inicial en habitantes

I = Índice de crecimiento poblacional anual en porcentaje

t = Número de años de estudio o período de diseño

L = Valor de saturación de la población

m = Coeficiente

a = Coeficiente

d) Curva loguistica

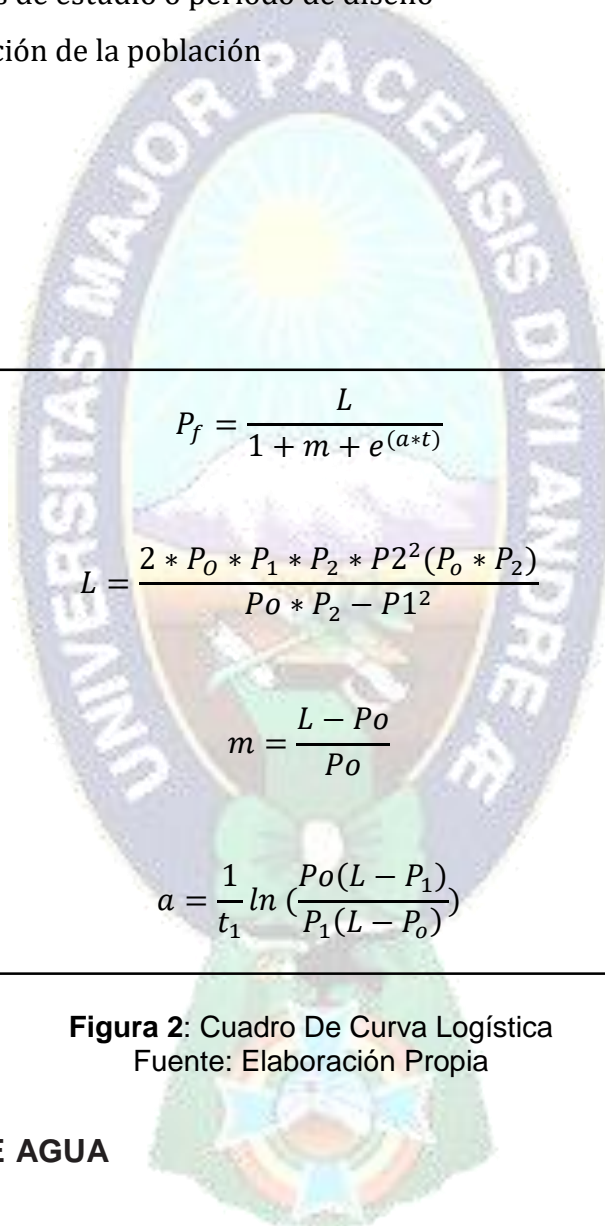

$$P_f = \frac{L}{1 + m + e^{(a*t)}}$$
$$L = \frac{2 * P_o * P_1 * P_2 * P_2^2 (P_o * P_2)}{P_o * P_2 - P_1^2}$$
$$m = \frac{L - P_o}{P_o}$$
$$a = \frac{1}{t_1} \ln \left(\frac{P_o(L - P_1)}{P_1(L - P_o)} \right)$$

Figura 2: Cuadro De Curva Logística
Fuente: Elaboración Propia

2.3. CONSUMO DE AGUA

El agua es un elemento vital para la vida y su disponibilidad para el uso marca las tendencias de la sociedad.

La dotación mínima a adoptarse debe ser suficiente para satisfacer los requerimientos del consumo: domestico, comercial, industrial, social y público, así

como considerar las pérdidas en la red de distribución. A continuación veremos las dotaciones correspondientes.

2.3.1. DOTACIÓN MEDIA DIARIA

La dotación media diaria se refiere al consumo anual total previsto en un centro poblado dividido por la población abastecida y el número de días del año. Es el volumen equivalente de agua utilizado por una persona en un día.

Tabla 1. Aplicación De Métodos De Cálculo Para La Estimación De La Población futura

Zona	Población (habitantes)					
	Hasta 500	De 501 a 2 000	De 2 001 a 5 000	De 5 001 a 20 000	De 20 001 a 100 000	Más de 100 000
Del Altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 80	80 - 100	100 - 150	150 - 200
De los Valles	50 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200 - 250
De los Llanos	70 - 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350

2.3.2. DOTACIÓN FUTURA DE AGUA

La dotación futura se puede estimar con un incremento anual entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria, aplicando la fórmula del método geométrico:

$$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t$$

Donde:

D_f = Dotación futura en l/hab-d

D_o = Dotación inicial en l/hab-d

d = Variación anual de la dotación en porcentaje

t = Número de años de estudio en años

2.4. CAUDALES DE DISEÑO

Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado. Se consideran los siguientes caudales:

2.4.1. CAUDAL MEDIO DIARIO

Es el consumo promedio en un día observado en el periodo de un año.

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario en l/s

P_f = Población futura en hab.

D_f = Dotación futura en l/hab – d

2.4.2. CAUDAL MÁXIMO DIARIO

Es el consumo máximo en un día, observado en el periodo de un año es decir representa el día de mayor consumo del año.

$$Q_{m\acute{a}x.d} = k_1 * Q_{md}$$

Donde:

$Q_{max.d}$ = Caudal máximo diario en l/s

K_1 = Coeficiente de caudal máximo diario $k_1 = 1,20$ a $1,50$

Q_{md} = Caudal medio diario en l/s

2.4.3. CAUDAL MÁXIMO HORARIO

Es el consumo máximo en una hora; observando en el periodo de un año.

$$Q_{\text{máx.h}} = k_2 * Q_{\text{máx.d}}$$

Donde:

$Q_{\text{max.h}}$ = Caudal máximo horario en l/s

K_1 = Coeficiente de caudal máximo horario

$Q_{\text{max.d}}$ = Caudal máximo diario en l/s

Tabla 2: Valores De Coeficiente K2

Población (habitantes)	Coeficiente k_2
Hasta 2 000	2,20 – 2,00
De 2 001 a 10 000	2,00 – 1,80
De 10 001 a 100 000	1,80 – 1,50
Más de 100 000	1,50

2.5. PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño es el número de años durante los cuales una obra determinada prestará el servicio para la cual fue diseñada.

El período de diseño puede definirse como el tiempo para el cual el sistema será 100% eficiente, ya sea por la capacidad en la conducción del caudal deseado o por la existencia física de las instalaciones.

Tabla 3: Periodo De Diseños (Años)

Componente del sistema	Población menor a 20 000 habitantes	Población mayor a 20 000 habitantes
Obra de captación	10 – 20	30
Aducción	20	30
Pozos profundos	10	15 - 20
Estaciones de bombeo	20	30
Plantas de tratamiento	15 - 20	20 - 30
Tanques de almacenamiento	20	20 - 30
Redes de distribución	20	30
Equipamiento:		
Equipos eléctricos	5 - 10	5 - 10
Equipos de combustión interna	5	5

2.6. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito.

2.7. FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Los sistemas de abastecimiento de agua son aquellos que permiten que llegue el agua desde las fuentes naturales, sean subterráneas, superficiales o agua de lluvia, hasta el punto de consumo, con la cantidad y calidad requerida.

Este conjunto de obras o tecnologías (tuberías, instalaciones y accesorios) están destinadas a conducir, tratar, almacenar y distribuir las aguas desde su fuente hasta los hogares de los usuarios, satisfaciendo así las necesidades de la

población. El sistema de abastecimiento de agua se puede clasificar dependiendo del tipo de usuario en urbano o rural. Mientras que los sistemas urbanos son complejos, los sistemas de abastecimientos rurales suelen ser técnicamente más sencillos y no cuentan en su mayoría con redes de distribución, sino que utilizan piletas públicas o llaves para uso común, o conexión domiciliaria o familiar.

2.7.1. AGUAS SUPERFICIALES

El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra, forma ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales, y otros similares, sean naturales o artificiales.

El agua superficial es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas.

Ventajas

- Grandes volúmenes.
- Fácilmente disponibles y captables.

Desventajas

- Se llega a contaminar fácilmente.
- En grandes reservorios, como lagunas, embalses y represas hay que considerar pérdidas por evaporación e infiltración.

2.7.2. AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las aguas subterráneas se entienden como aquellas masas de agua que se encuentran bajo la superficie del suelo. También se conocen como manto acuífero.

Estas aguas subterráneas son: vertientes o manantiales, aguas subsuperficiales, aguas subterráneas profundas.

Forman parte del ciclo hidrológico, que se infiltra a través del agua de lluvia, de la nieve, del agua que se infiltra de las lagunas y los ríos, o en general, cuando la capa superficial del suelo se encuentra saturada de agua.

Ventajas

- Muchas más calidades.
- Son más difíciles e contaminación.

Desventajas

- Menores volúmenes, incertidumbres de los caudales reales.

2.8. ADUCCIÓN DE AGUA POR GRAVEDAD

Un sistema de conducción por gravedad es aquel que permite que se transporte el agua desde el punto de captación de la fuente hasta el tanque de almacenamiento, sin un bombeo mecanizado y en condiciones seguras e higiénicas; en caso de que la fuente no cumpla con los requerimientos físicos, químicos y bacteriológicos.

Los sistemas de conducción de agua por gravedad son frecuentes alrededor del mundo para transportar el agua de un lugar a otro sin uso de bombas ni energía externa o adicional.

Es un proceso bastante simple, pero puede complicarse en la fase de diseño por ciertos factores como: la distancia que debe recorrer el agua hasta llegar a su punto de destino; la pendiente que determina la rapidez y la facilidad con la que fluye el agua; el tamaño de las tuberías que se utilizan; el tipo de terreno; etc.

Un sistema de conducción por gravedad está conformado por tuberías, cámaras reductoras de presión, válvulas de aire y de purga, otros accesorios y obras complementarias.



Figura 3: Tuberías En Línea De Conducción Por Gravedad.
Fuente: <https://sswm.info/es>

2.8.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Antes de iniciar el diseño de la infraestructura del sistema de conducción se deben conocer los siguientes elementos:

- El caudal de agua que se transporta, que asegura las cantidades adecuadas de provisión de agua;
- Las características topográficas del lugar, pasos por quebradas, el recorrido previsto de la conducción, para contabilizar las obras complementarias y accesorios necesarios;
- La distancia entre los distintos puntos del sistema para saber el metraje de tuberías o los metros de canales que se necesitarán en la construcción; y

- Las pendientes o las diferencias de alturas entre los puntos del sistema, porque de ellas dependerá la velocidad que lleve el agua durante el recorrido.

2.8.2. DISEÑO HIDRÁULICO DE TUBERÍAS

Tabla 4: Velocidades máximas permisibles en tuberías.

Material	Velocidad máxima (m/s)
Tubería revestida de hormigón simple	3.00
Tubería de asbesto cemento	5.00
Tubería de PVC	5.00
Tubería de hierro fundido	5.00
Tubería acero galvanizado	5.00
Tubería de acero	5.00

Fuente: Elaboración Propia

a) Cálculo hidráulico y pérdidas de carga en tuberías

Fórmula de Hazen Williams. Es la más empleada por su simplicidad y grado de exactitud, se expresa como:

$$Q = 0.28 * C * D^{2.62} * J^{0.54}$$

Datos:

Q = Caudal en m³/s

C = Coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

D = Diámetro interno de la tubería en m

J = Pérdida de carga unitaria o gradiente hidráulico en m/m

$$J = \frac{h_f}{L}$$

H_f = Pérdida de carga en m

L = Longitud de la tubería en m

Tabla 5: Valores del coeficiente C de Hazen-Williams

MATERIAL	C
Acero galvanizado	125
Acero soldado c/revestimiento	130
Asbesto cemento	120
Hierro fundido nuevo	100
Hierro fundido usado (15 a 20 años)	60-100
Hierro fundido dúctil c/revestimiento de cemento	120
Plástico PVC o Polietileno PE	140

Fuente: Manual de hidráulica

2.9. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El tanque de almacenamiento es una estructura con dos funciones: almacenar la cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de una población y regular la presión adecuada en el sistema de distribución dando así un servicio eficiente.

Su diseño y construcción son variados y van a depender de las condiciones del terreno, del material disponible en el área, de la mano de obra existente, etc. pueden estar localizados antes o después de la planta de tratamiento, pero, independientemente de la fuente de agua utilizada, se recomienda aplicar una desinfección directa.

2.9.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

La posición del tanque respecto al nivel del terreno (enterrados, semienterrados, apoyados (superficiales o elevados) determina su diseño.

Los tanques enterrados, se construyen bajo el nivel del suelo cuando el terreno es de fácil excavación y presenta una cota adecuada para el funcionamiento del sistema de distribución, siendo la mayoría de las veces de forma rectangular y teniendo como ventaja la protección del agua de las variaciones de temperatura.

Los tanques semienterrados, son aquellos con parte de su estructura tanto bajo como sobre el nivel del suelo y se usan cuando el terreno no es de fácil excavación y la altura topográfica respecto al punto de alimentación es suficiente. Por otro lado, los tanques apoyados generalmente tienen planta de forma rectangular o circular y se sitúan sobre la superficie del suelo, cuando este es lo suficientemente firme y la topografía del terreno es adecuada.

Por último, los tanques elevados suelen construirse en zonas planas para incrementar la presión de servicio en el sistema de distribución de agua. Estos tanques están soportados por columnas, pilotes o torres de concreto o metálicas y tener forma cilíndrica, esférica o cúbica

2.9.2. VOLUMEN DE REGULACIÓN

a) Coeficientes empíricos

Para sistemas por gravedad, el volumen del tanque de regulación debe estar entre el 15% a 30% del consumo máximo diario. Se empleará el mayor valor cuando el caudal máximo horario sea muy alto respecto al caudal medio diario (demanda instantánea elevada) y/o cuando el periodo de no uso del agua sea prolongado.

$$V_r = C * Q_{max.d} * t_r$$

Donde:

V_r = Volumen de regulación en m³

C = Coeficiente de regulación

- Sistemas con tanque semienterrado 0,15 a 0,30
- Sistemas con tanque elevado 0,15 a 0,25

$Q_{max.d}$ = Caudal máximo diario en m³/d

t_r = Tiempo en días

t_r = 1 día como mínimo

2.9.3. VOLUMEN DE RESERVA

Este volumen prevé el abastecimiento de agua durante las interrupciones accidentales de funcionamiento de los componentes del sistema situados antes del tanque de almacenamiento, o durante períodos de reparaciones y mantenimiento de obras de captación, conducción, tratamiento y/o en casos de falla en el sistema de bombeo.

$$V_{re} = 3.6 * Q_{max.d} * t_{re}$$

Donde:

V_{re} = Volumen de reserva en m³

$Q_{max.d}$ = Caudal máximo diario en l/s

t_{re} = Tiempo de reserva en horas (entre 2 a 4 horas)

FRECUENCIA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO
Diaria	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar que las tapas de la cámara de válvulas, sanitaria e inspección (en caso de que exista) estén cerradas y aseguradas. • Revisar si existen grietas o fugas en la estructura para proceder a arreglarlas. • Revisar si hay sedimentos en el tanque. • Inspeccionar si no hay agentes extraños o contaminantes en los alrededores del tanque.
Cada dos semanas	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar los sedimentos, sin ingresar al tanque, haciendo uso de la válvula de desagüe.
Mensual	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar los sedimentos en el interior del tanque y evaluar si se requiere de lavado del mismo. • Chequear en el interior del tanque la existencia de grietas, fugas o desprendimiento de la pared y proceder a repararlos. • Maniobrar las válvulas de entrada, salida y rebose para mantenerlas operativas. • Limpiar piedras y malezas en los alrededores del tanque.
Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Pintar la parte externa del tanque (paredes y techos), así como todos los elementos metálicos con pintura anticorrosiva. • Limpiar y desinfectar el interior del tanque (puede hacerse semestral o anualmente). • Lubricar las válvulas de control. • Verificar el estado de la tapa sanitaria y de la tubería de ventilación.
Cada dos años	<ul style="list-style-type: none"> • Recubrir las paredes internas del tanque con mortero impermeabilizado.

Figura 4: Cuadro De Mantenimiento Del Tanque De Almacenamiento
Fuente: Gestión De Agua Y Saneamiento Sostenible

2.10. RED DE DISTRIBUCIÓN

Una red de distribución es aquella en la que se transporta el agua desde la planta de tratamiento o del tanque de almacenamiento hasta la conexión del servicio, es decir, el punto en el que el usuario puede hacer uso de ella, ya sea una toma de agua comunitaria o conexiones domiciliarias.

El agua que procede de la conducción, planta de tratamiento o tanque de almacenamiento se distribuye hacia la toma de agua comunitaria o los domicilios se denominan red matriz, que es la que se “encarga de mantener las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema”.

La red matriz (tubería principal) se conecta una red secundaria, sobre la cual se instalan generalmente las conexiones domiciliarias. El conjunto de ambas redes conforma el sistema de distribución de agua potable.

Con estos sistemas se pretende preservar la calidad y la cantidad de agua, así como mantener las presiones suficientes en la distribución de esta. Básicamente, está compuesto por una red de tuberías, válvulas y otros componentes

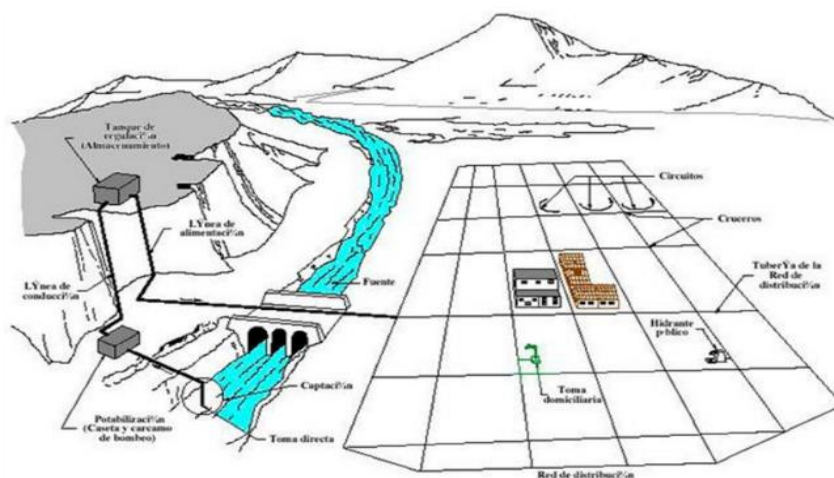


Figura 5: Red De Distribución
Fuente: Gestión De Agua Y Saneamiento Disponible

2.10.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Existe una gran variedad de tuberías de agua dependiendo del uso que vayan a tener. En cuanto al diámetro, este varía según la cantidad de agua a conducir. Por ejemplo, los diámetros de las tuberías de redes principales pueden llegar hasta los 3.65 m de diámetro, mientras que hasta las salidas individuales dentro de los hogares se hacen en tuberías pequeñas de hasta 12.7 mm de diámetro.

Los materiales comúnmente utilizados para construir tuberías de agua incluyen cloruro de polivinilo (PVC), hierro fundido, cobre, acero y, en sistemas menos actuales, concreto o arcilla cocida. Las uniones entre tramos de tubería son posibles con juntas de brida, niple, compresión o soldadas.

Las tuberías vienen en varios tipos y tamaños. Se pueden dividir en tres categorías principales: tubos metálicos, tubos de cemento y tubos de plástico. Los tubos metálicos incluyen tubos de acero, tubos de hierro galvanizado y tubos de hierro fundido. Las tuberías de cemento incluyen tuberías de hormigón y tuberías de asbesto-cemento.

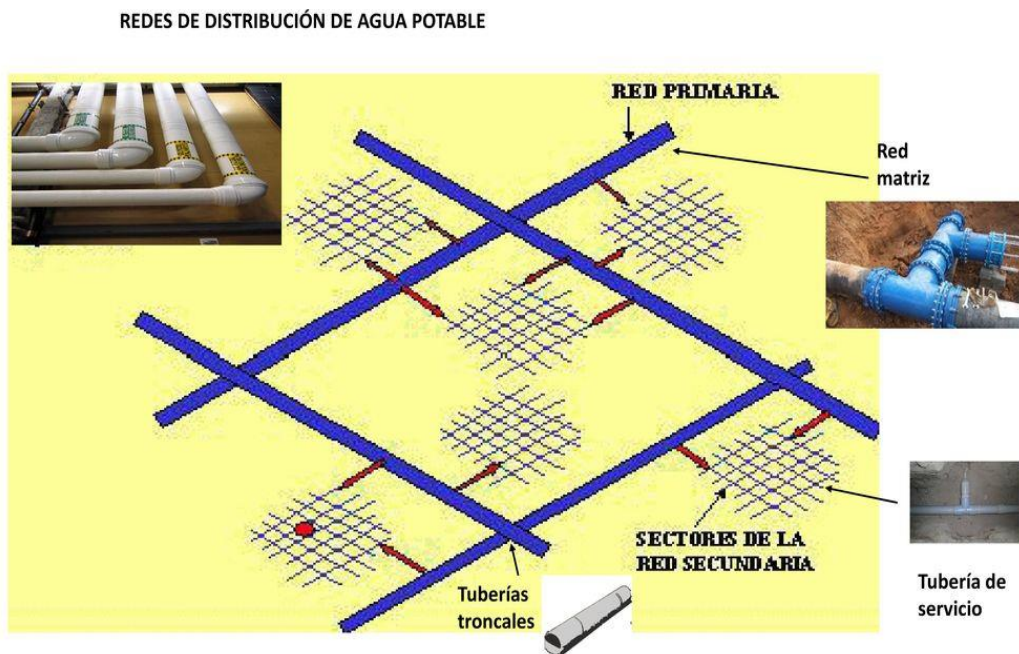


Figura 6: Consideraciones De Diseño De Red De Distribución
Fuente: Sledoplayer.es

a) Red abierta o ramificada:

Constituida por tuberías que tienen la forma ramificada a partir de una línea principal; puede emplearse en poblaciones semidispersas y dispersas o cuando por razones topográficas o de conformación de la población no es posible un sistema cerrado.

b) Distribución por gravedad

Se aplica cuando la obra de captación y/o tanque de almacenamiento se encuentra en un nivel superior a la red de distribución y se garantice presión suficiente en toda la red.

2.10.2. DETERMINACIÓN DE CAUDALES EN REDES ABIERTAS

2.10.2.1. MÉTODO DEL NÚMERO DE FAMILIAS

El caudal en el nudo es:

$$Q_N = q_u * N_{fn}$$

Donde:

Q_n = caudal en el nudo en l/s

q_u = Caudal unitario en l/s – familia

$$q_u = \frac{Q_t}{N_f}$$

Q_t = Caudal máximo horario en l/s

N_f = Número total de familias

N_{fn} = Número de familias en el área de influencia del nudo “n”.

Para la estimación de la cantidad y dirección del flujo del agua dentro de las redes de distribución. Podrá emplearse algunos de los siguientes métodos:

- Método de Hardy Cross.
- Método de Newton-Raphson.
- Método matricial.
- Otros métodos equivalentes



CAPÍTULO III

3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

3.1.1. UBICACIÓN FÍSICA

La zona de estudio está localizada, en el Municipio de Chulumani se encuentra ubicado al nor – este del Departamento de La Paz, en la provincia Sud Yungas, corresponde a la primera sección municipal.

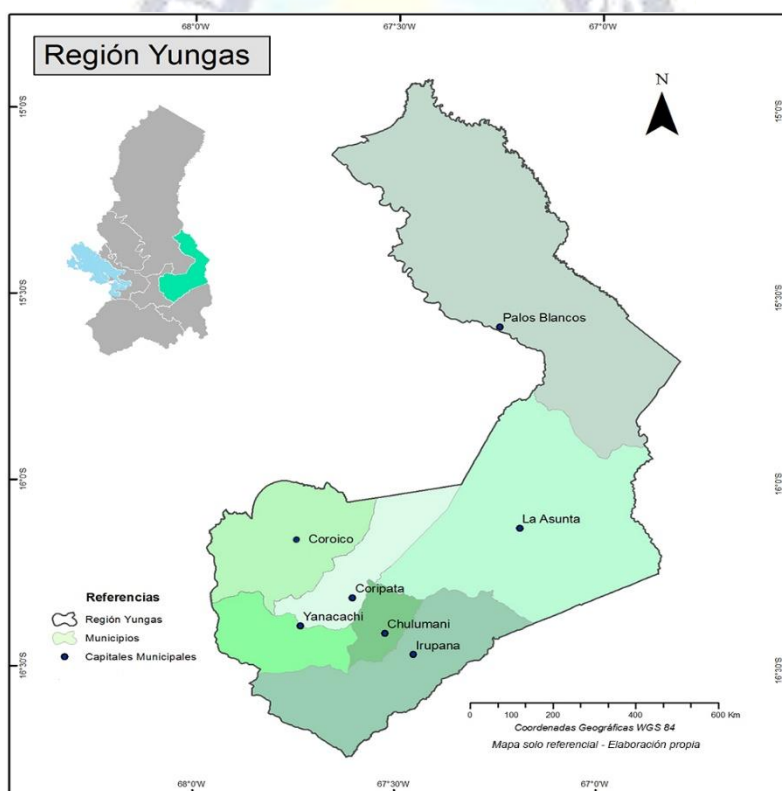


Figura 7: Ubicaciones De La Región
Fuente: <https://repositorio.umsa.bo/>

3.1.2. VÍAS DE ACCESO

La red vial principal de acceso al Municipio de Chulumani es la ruta troncal nacional La Paz - Unduavi – Puente Villa - Chulumani - Chimasi, continua hasta Inquisivi pasando por Irupana, es la ruta 106 del Servicio Nacional de Caminos (SNC).

3.2. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA DEL PROYECTO

3.2.1. CLIMA

El clima varía según la altitud, desde tropical pasando por la sub tropical a templado, la humedad es generalmente muy alta.

Está variabilidad climática de la región (clima húmedo, templado y subtropical) es debido también a factores como las constantes precipitaciones pluviales y las corrientes atmosféricas que descienden de la cordillera y por el cerco montañoso que rodea a toda la zona.

Con una época relativamente seca de mayo a octubre, durante este periodo se presenta heladas, la precipitación media anual varía de 1.200 a 1.750 mm. Según registros de las estaciones meteorológicas de Irupana, Coroico y SENAMHI.

TEMPERATURA PROMEDIO	VALORES °C
Máxima Media	29.2
Mínima Media	11.4
Máxima Extrema	30.1
Mínima Extrema	-1.5
Temperatura Promedio	20.41

Figura 8: Cuadro Temperaturas Promedio
Fuente: Servicio Nacional De Meteorología E Hidrología (SENAMHI)

La información climatológica histórica determina el siguiente comportamiento climático: la temperatura media máxima registrada en los últimos 10 años se sitúa en 29.2°C y la media mínima es 11.4 °C (SENAMHI).

La temperatura media anual es de 20.41 °C, donde su gradiente regional es de 0.46°C cada 100 m, debido a que las alturas están cubiertas constantemente por nubes durante la mayor parte del año.

Complementariamente, la dirección predominante del viento es de sureste a oeste pero con mayor intensidad provienen del noreste alcanzando hasta 4.9 m/s según información de AASANA, con una humedad relativa promedio de 78.2% anual.

3.2.2. ALTITUD

El municipio de Chulumani tiene una altitud que varía entre 1.200 a 3.921 (IGM) metros sobre el nivel del mar (msnm.). La altitud promedio registrada es de 1.740 msnm.

3.2.3. RELIEVE TOPOGRÁFICO

La región que corresponde a la provincia Sud Yungas por su naturaleza presenta tres zonas geográficas claramente diferenciadas (Meneses 1991):

La zona cordillerana, presenta pequeñas y pocas mesetas que abarca el espacio comprendido entre la línea de las cumbres de los andes y otra línea que sigue por las alturas desnudas y frías de las proximidades de las capitales yungueñas, formando una especie de triángulo.

La superficie de esta zona puede calcularse en 900 km² de los cuales la mayor parte son serranías abruptas y rocosas, inútiles para la agricultura.

El municipio, presenta una topografía irregular, con laderas con alta pendiente, típica de los Yungas de tipo cordillerana. En muy pocos espacios se encuentra áreas con pendientes mínimas, no existiendo planicies para actividades de mayor explotación de uso de suelo.

3.3. INFORMACIÓN SOCIO-ECONÓMICA

3.3.1. POBLACIÓN

De acuerdo a los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda 2012 (CNPV), la comunidad de "QUILASI" tiene una población total de 500 habitantes.

El número de viviendas cuantificadas alcanza aun aproximado las mismas que están identificadas en su posición geográfica en el plano topográfico, indicando nombre y apellido del propietario, se consideró lotes vacíos de acuerdo a los TDR que estén en proyección de ser construidos.

3.3.2. ESTABILIDAD POBLACIONAL

En los últimos años la población se ha formado en su mayoría con migrantes de las ciudades del Alto y La Paz en su mayoría, transformándose en receptor de los sectores pobres de esta zona, cuya labor está dirigida al cultivo de la hoja de coca y siembra de diferentes frutos.

3.3.3. DINÁMICA POBLACIONAL

a) Migración.

Entre los factores que predisponen a procesos de migración en la región se encuentra especialmente las variaciones climatológicas (sequías – exceso de lluvias) que afectan a la agricultura que es la base de la actividad económica de la zona.

Cuando la incidencia de estos factores es alta y afecta negativamente a la producción, provoca la migración temporal de los pobladores en busca de fuentes de trabajo y como alternativa de ingresos económicos.

b) Tasa de Natalidad.

La Tasa Global de Fecundidad (TGF) que por definición es el promedio de niños que nacerían vivos durante la vida reproductiva de una mujer (grupo de mujeres), si todos sus años transcurrieran conforme a la tasa de fecundidad por edad de año determinado.

Este indicador para el municipio de Chulumani es similar al departamental, 4.0 hijos por mujer, es decir, cada mujer en edad fértil (15 a 49 años de edad) tendría en

promedio aproximadamente 4 hijos (varones y mujeres). Para el caso específico del área rural del municipio de Chulumani, se puede asumir como dato referencial el estimado para el área rural del departamento que es de 5.6 hijos por mujer.

c) Tasa de Mortalidad.

Se considera la tasa de mortalidad infantil (TMI), como un buen indicador del estado de salud en un área determinada y de las condiciones económicas y sociales.

3.4. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

3.4.1. SITUACIÓN ECONÓMICA

Por las características propias del Municipio de Chulumani, el sector productivo está orientado principalmente a la agricultura y en mínima proporción a la pecuaria. Por tanto la mayor parte de la superficie del municipio se define por tener un gran potencial agrícola.

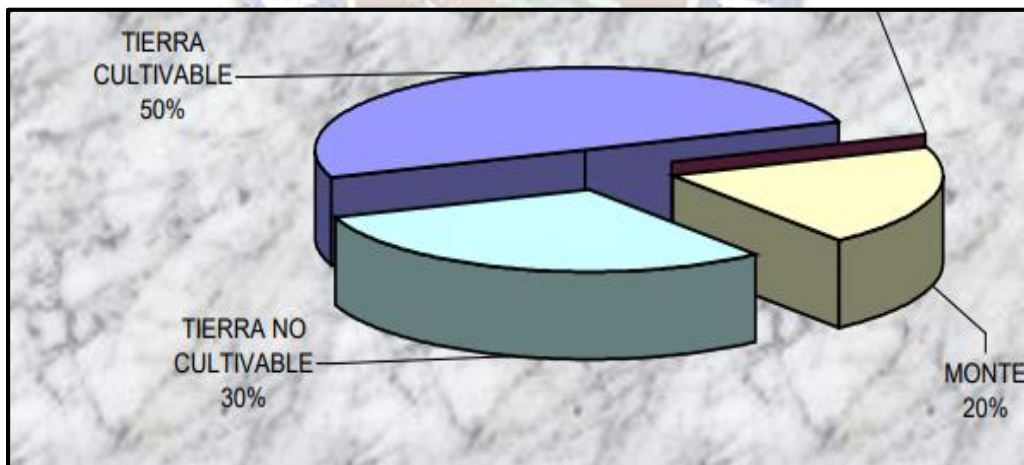


Figura 9: Uso De La Tierra
Fuente: Plan De Desarrollo Municipal Chulumani

Desde la colonia, los agricultores se han asentado a lo largo de sendas, caminos de herradura y carreteras, dedicándose a la actividad agrícola en la producción de coca, cítricos, café y otros.

Para su posterior comercialización en los centros poblados andinos. En orden de importancia, los principales productos agrícolas de la zona son los siguientes:

- Cítricos (Citrus sp), como la naranja y mandarina, en mayor proporción y lima, limón y toronja
- Pomelo, en menor escala; las variedades son criollas mayormente y algunas naranjas introducidas
- Mango (Juglans manguiferd), variedades criollas e introducidas
- Palta (Persea americana)
- Otros, donde se hallan hortalizas, maíz, frutilla, papa hualusa y flores.

Como principal cultivo se tiene a la hoja de coca, de origen ancestral milenaria e histórica. Al presente es considerada como producción tradicional y sujeta a restricciones legales.

3.4.2. SALUD

La organización de los servicios de salud en el municipio, es visiblemente insuficiente, especialmente en la cobertura territorial, los pobladores en su mayoría tienen que trasladarse hasta la población Chulumani para recibir atención médica.



Figura 10: Hospital De La Localidad
Fuente: Elaboración Propia

El sistema de salud pública, dispone de seis establecimientos de salud; el hospital principal de referencia se halla ubicado en la capital del municipio, asimismo se dispone de un (1) centro de salud y cuatro (4) puestos de salud.

Desde el punto de vista de los niveles de atención, la estructura de la red de establecimientos de salud pública del municipio puede ser considerada dentro el primer nivel de atención.

El hospital de Chulumani no corresponde al segundo nivel de atención debido a que cumple con lo establecido por la normativa y el modelo de gestión en salud, que define al segundo nivel como: “a las modalidades que requieren atención ambulatoria de mayor complejidad y la internación hospitalaria.

3.4.3. VIVIENDAS

La vivienda es el habitat de la unidad familiar, en donde la familia queda protegida del medio exterior, cumple funciones fundamentales de reproducción, social, así como para el desarrollo humano.

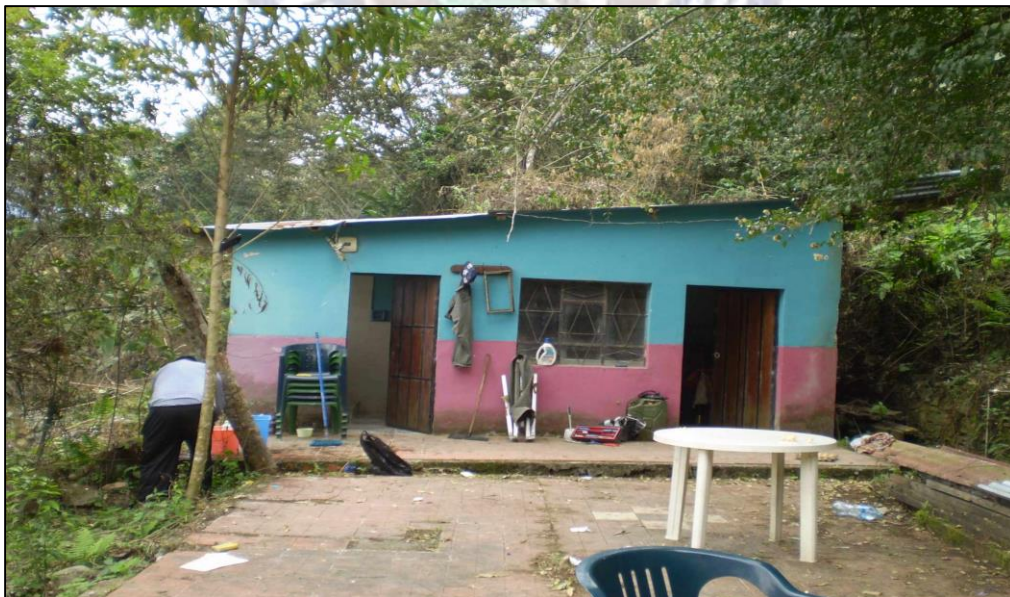


Figura 11: Vivienda de la Comunidad
Fuente: Elaboración Propia

Por la importancia que requiere una adecuada protección de las inclemencias ambientales, privacidad seguridad e higiene, se ha clasificado las viviendas en función al área de residencia (rural y urbano), su habitabilidad y la tenencia.

El Censo 2012, registra en el municipio de Chulumani a 4.742 viviendas particulares y colectivas. Se entiende por vivienda colectiva, aquella que cobija a un grupo de personas que comparten un régimen distinto al familiar (hospitales, cuarteles, etc.).

El número de hogares identificado en el municipio asciende a 3.734, el área rural concentra al 79.86% de los hogares, en tanto el urbano corresponde al 20.14% respectivamente. El nivel de hacinamiento alcanza a 1.9 personas por habitación (INE 2012).

3.4.4. SANEAMIENTO BÁSICO

3.4.4.1. AGUA POTABLE

La información establecida por el CNPV 2012, muestra que el abastecimiento de agua para beber o cocinar por medio de red de cañería sea está domiciliaria a través de piletas públicas alcanza al 83.82% del total de hogares del municipio. En tanto que el 11.46% de los hogares tiene como fuente de provisión de agua a arroyos riachuelos y ojos de vertiente.

La población de Chulumani, cuenta con una red de distribución de agua que abarca aproximadamente a más del 90% de los hogares del área urbana. En el área rural el número de hogares que dispone de este servicio alcanza 81.69% (CNPV 2012). En época seca, existe carencia del elemento líquido que provoca racionamiento continuo.

Al presente se vienen realizando estudios de prospección para captar mayor caudal de agua potable que permita un aprovisionamiento permanente durante todo el año. La calidad de agua es regular, no es potable directamente del grifo porque no cumple procesos previos como la cloración, tampoco la desinfección o tratamiento.

En algunas comunidades, existe provisión de agua conducida por ductos precarios desde las tomas, aprovechando la abundancia de arroyos, riachuelos y ojos de agua, convirtiéndose en fuentes de agua de consumo de la población en las diferentes comunidades.

Alcantarillado sanitario y eliminación de residuos sólidos

De acuerdo a datos del CNPV 2012, la presencia de alcantarillado sanitario tiene niveles insuficientes en la jurisdicción del municipio, solo 15.96% de los hogares dispone de alcantarillado sanitario.

El número de familias que “no tiene” alcantarillado es 2.398 hogares, que representa el 64.22% del total de hogares del municipio. La forma más común de eliminación de excretas se clasifica en la categoría de “otra” que implica pozo ciego y/o superficie, esta forma alcanza al 16.25%

3.4.5. OTROS SERVICIOS

a) Cobertura servicio de energía eléctrica

La provisión del servicio de energía eléctrica alcanza al 63.79% de los hogares que conforman el municipio, El grupo de hogares que no dispone de este servicio básico hace uso generalmente de lámparas, cuya fuente de energía es el gas licuado de petróleo.

b) Educación

Tasa de alfabetismo La tasa de alfabetismo de adultos conceptualmente corresponde a la población de 15 años y más que son alfabetos, es decir, que saben leer y escribir. El cuadro, siguiente presenta la tasa de alfabetismo que registra el municipio de Chulumani de la población de 15 años y más, discriminada por sexo y área de residencia.

c) Transporte

La red vial principal de acceso al Municipio de Chulumani es la ruta troncal nacional La Paz - Unduavi – Puente Villa - Chulumani - Chimasi, continua hasta Inquisivi pasando por Irupana, es la ruta 106 del Servicio Nacional de Caminos (SNC).

d) Red de comunicaciones.

La presencia de medios de comunicación en el municipio es necesaria, porque responde a la necesidad de comunicación con el interior y exterior del país, su cobertura abarca a instituciones públicas y privadas así como a domicilios particulares.

3.4.6. DISPONIBILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y MANO DE OBRA

a) Materiales de construcción local

Los materiales de construcción predominante en la localidad de estudio son la arena corriente y la arena fina.

b) Mano de obra local

La comunidad cuenta con mano de obra calificada y no calificada.



Figura 12: Mano De Obra Local
Fuente: es.dreanstime.com

3.5. ASPECTOS TÉCNICOS

3.5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE

3.5.2. SISTEMA DE AGUA POTABLE

Se efectuara la construcción de una nueva aducción que ampliara el sistema de agua potable para la comunidad de Quilasi a partir de una nueva obra de toma (Arroyo). Por el tipo de sistema que será por gravedad.

Este sistema abastece a 500 familias, el servicio de agua potable no es continuo las 24 horas del día, la dotación de agua es por sectores. Actualmente este sistema de agua no puede abastecer a nuevos socios ya que ha llegado a su capacidad máxima de abastecer agua potable.

3.5.3. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA

El sistema está compuesto por una fuente de abastecimiento de agua, obras de captación, tanques de almacenamiento, y una red de distribución.

3.5.4. TIPO DE EPSA (EMPRESA PÚBLICA DE SANEAMIENTO Y AGUA).

Una EPSA es toda organización comunitaria, asociación civil, pública o asociación mixta responsable de la administración, Operación y mantenimiento de los servicios de agua potable y saneamiento. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, UNICEF. 2010).

3.6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVA

3.6.1. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Para dar solución al problema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Quilasi se propone realizar la captación de un arroyo de agua, el agua de la captación será conducida a través de tubería PVC a un tanque de almacenamiento,

el tanque deberá estar construido en un punto alto con relación a la comunidad y de esta manera el agua será distribuida por gravedad a la comunidad mediante tubería PVC.

El sistema de agua potable estará compuesto por los siguientes elementos: fuente de abastecimiento, Captación, línea de aducción, tanque de almacenamiento, red de distribución y conexiones domiciliarias.

3.6.2. DESCRIPCIÓN DE CADA UNO DE LOS COMPONENTES

3.6.2.1. FUENTE DE ABASTECIMIENTO

El fuente de agua elegida para la comunidad de Quilasi es la de toma (arroyo) con gravedad. Esta misma se encuentra ubicada en la parte superior de la comunidad a 1730 m.s.n.m.

3.6.2.2. CAPTACIÓN

Consiste en la construcción de una obra de toma típica de arroyo con un perfil creager, muros deflectores, 2 tuberías PVC 4" perforadas para captación mediante filtración a una cámara de captación con accesorios, cámara de llaves y tuberías a al aducción.

3.6.2.3. LÍNEAS DE ADUCCIÓN PRINCIPAL Y SECUNDARIAS

Comprende al tramo inicial que arranca desde la cámara colectora en la obra de toma, hasta la obra de toma actual de sistema de agua potable de la comunidad de Quilasi, de esta manera se resolver la falta de agua de la comunidad, posteriormente se refaccionaran las cámaras rompe presión.

Por otro lado se proyecta un nuevo tanque de almacenamiento de agua en la parte baja de la comunidad específicamente en las zonas central del colegio.

3.6.2.4. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE H°A°

En la zona central se construirá un nuevo tanque de almacenamiento de una capacidad de 45 m³ por lo que el mismo será anexado al sistema actual, el proyecto no contempla la aducción ni las obras correspondientes de cámaras rompen presiones, obras de toma ni tendido de tuberías.

3.6.2.5. RED DE DISTRIBUCIÓN

La red actual de distribución, será alterada en su totalidad ya que se procederá al cambio de todas las tuberías antiguas y se procederá a la instalación de nuevas tuberías de PVC.

3.6.2.6. CONEXIONES DOMICILIARIAS

El actual sistema de agua potable de la comunidad de Quilasi está compuesta por 320 instalaciones las cuales se incrementó 100 y se prevé un incremento en instalaciones domiciliarias de 180 habitantes proyectando en un futuro de 15 años



Figura13: Abastecimiento De Agua Potable
Fuente: eamsistemas.com

CAPITULO IV

4.1. MEMORIA DE CÁLCULO

4.1.1. PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño de un sistema de agua potable se proyecta de tal manera que pueda satisfacer la necesidad del usuario favorablemente durante un tiempo de vida útil determinado y garantizando el buen funcionamiento de los componentes del sistema de agua potable.

El presente trabajo se realizara mediante una **obra de captación**, para una población menor a 20 000 habitantes.

Se adoptara un periodo de diseño igual a 20 años, tiempo estimado en el que los elementos se encuentren en un buen estado y funcionamiento.

4.1.2. POBLACIÓN DEL PROYECTO

Los parámetros de diseño empleados y que forman parte de los resultados del Sistema de Abastecimiento de agua Potable, se basa del cumplimiento de las Normas Boliviana NB-689 (Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Agua Potable).

El modelo matemático adoptado para determinar el crecimiento de la población, es el oficialmente establecido por la Dirección Nacional de Saneamiento Básico a través de la Norma Técnica de Diseño para Sistemas de agua Potable.

Cabe resaltar que para la proyección de la población futura se tomó un periodo de 20 años de vida útil. El cálculo de la población futura, se lo realizara mediante el método exponencial.

4.1.3. ÍNDICE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

De acuerdo a la información del censo de población y viviendas (CNPV) del año 2012, la tasa anual de crecimiento para la población de Chulumani, sección municipal de la región de sud yungas es del 2.7%.

4.1.4. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

Para el cálculo de la población futura, se puede utilizar uno de los siguientes métodos de crecimiento, tomando en cuenta que la población actual que es de 500 habitantes, de acuerdo a la Norma Boliviana NB 689, según el tipo de población, dependiendo de las características socioeconómicas de la población. Para el presente proyecto utilizamos el siguiente método: MÉTODO EXPONENCIAL

$$P_f = P_o * e^{\left(\frac{i*t}{100}\right)}$$

$$P_f = 500 * e^{\left(\frac{2.7*20}{100}\right)}$$

$$P_f = 860 \text{ hab.}$$

Según los resultados obtenidos, en 20 años tendremos una población futura de 860 habitantes aproximadamente.

4.2. CONSUMO DEL AGUA

4.2.1. DOTACIÓN MEDIA DIARIA

Las dotaciones han sido establecidas en base a justificaciones socio – económicas del presente proyecto y capacidad de las fuentes.

Para el presente proyecto se compatibilizan estas dotaciones con los datos referenciales contenidos en el “Manual de Diseño de Sistemas de agua potable”

Por la tabla se obtiene la dotación media diaria para el año base, que está dentro del rango entre 70-90 l/hab-d.

Por las características de la **zona de los valles** se adoptara una dotación media diaria de: **80 litros/habitantes-día**

4.2.2. DOTACIÓN FUTURA DE AGUA

Para la dotación futura de nuestro proyecto, estimaremos un incremento anual del 0.50%, la población actual es de 500 habitantes, la ubicación es la zona de los llanos. Nuestro proyecto es a 20 años plazo, la dotación inicial establecida es de 80 l/hab-d. Con estos datos encontraremos la dotación futura de agua.

$$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t$$

$$D_f = 80 \left(1 + \frac{0.50}{100}\right)^{20}$$

$$D_f = 88.39 \text{ Litros/habitante-día}$$

Para una población futura a 20 años, tendremos una **dotación futura de 88.39 litros/habitantes día**, es un volumen aceptable por el número de integrantes por familia y sus diversas necesidades básicas.

4.3. CAUDALES DE DISEÑO

4.3.1. CAUDAL MEDIO DIARIO

Se determina con base en la población del proyecto, en nuestro caso nuestra población futura es de 860 hab. y tenemos una dotación futura de 88.39 l/hab,-d.

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86\ 400}$$

$$Q_{md} = \frac{860 * 88.39}{86\ 400}$$

$$Q_{md} = 0.88 \text{ l/s}$$

Según los resultados obtenidos tenemos un **Caudal Medio Diario de 0.88 l/s**, es un caudal considerado teniendo en cuenta el índice de crecimiento de nuestra población.

4.3.2. CAUDAL MÁXIMO DIARIO

Coefficiente k1

k1: Coeficiente de máximo caudal diario - es la relación entre el mayor caudal diario verificado al año y el caudal medio diario anual.

De acuerdo a estudios realizados, se conoce que este coeficiente de máximo caudal diario, puede variar entre 1.2 a 1.5, según las características de la población. Los valores mayores de k1, corresponden a poblaciones menores, donde los hábitos y costumbres de la población son menores.

Para los proyectos de agua, de acuerdo a la Norma Boliviana NB 689, se adopta:

$$k_1 = 1.4$$

$$Q_{max.d} = K_1 * Q_{md}$$

$$Q_{max.d} = 1.40 * 0.88$$

$$Q_{max.d} = 1.23 \text{ l/s}$$

La demanda máxima que se presenta en un día del año, es de 1.23 l/s es decir representa el día de mayor consumo del año.

4.3.3. CAUDAL MÁXIMO HORARIO

Coeficiente k2

k2: Coeficiente de máximo caudal horario - es la relación entre el mayor caudal observado en un día y el caudal medio horario del mismo día. Ver Cuadro.

Este coeficiente de máximo caudal horario, varía entre 1.5 y 2.2 según el número de habitantes.

Cuadro 16: Valores de k2	
Tamaño de población	Coeficiente k2
Hasta 2.000 hab.	2,20 - 2,00
De 2.000 hab. a 10.000 hab.	2,00 - 1,80
De 10.000 hab. a 100.000 hab.	1,80 - 1,50
De 100.000 hab. adelante	1.5

Fuente: Norma Boliviana NB 689

Tabla 6: Valores De K2

Los conductos son proyectados para contribuir con los caudales domésticos y no domésticos (públicos, comerciales e industriales).

Para los proyectos de agua, de acuerdo a la Norma Boliviana NB 689, se adopta:

$$k_2 = 2.0$$

$$Q_{max.h} = K_2 * Q_{max.d}$$

$$Q_{max.h} = 2.0 * 1.23$$

$$Q_{max.h} = 2.46 \text{ l/s}$$

La demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo, es de 2.46 litros/día.

4.4. CALCULO DE OBRA DE CAPTACIÓN

4.4.1. AFORAMIENTO VOLUMÉTRICO

Al no tener datos estadísticos del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e hidrología) de la fuente de agua, se consultó a los pobladores con más antigüedad sobre el caudal de agua escurrida de la fuente, estas personas informaron que el caudal de la fuente tiene cambio por ciertas temporadas del año, como por ejemplo época de lluvias, épocas secas.

COMPONENTE DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE



Fuente: <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>

Método volumétrico, es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, (Q menores a 20 l/s) siendo el método más exacto, a condición de que se pueda medir la capacidad del recipiente de forma precisa. Consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena el depósito, así se obtiene:

$$Q = V/T$$

Q = Caudal expresado en m^3/s

V = Volumen dado en m^3

T = Tiempo en segundos

Por lo tanto, este método es de utilización práctica, siempre que se trate de mediciones de pequeños caudales, para nuestro caso utilizaremos este método

NO	TIEMPO (SEG)	VOLUMEN (L)
1	4.3	6.00
2	4.5	
3	4.5	CAUDAL (L/SEG)
PROMEDIO	4.5	1.33

De todo lo nombrado anteriormente se asume un caudal de aforo de 1.33 l/seg tiene una cierta base de criterio.

4.4.2. CAPACIDAD DE LA OBRA DE CAPTACIÓN

Para determinar la capacidad de la obra de captación según el reglamento Nacional NB 689 corresponde aplicar el siguiente criterio:

El caudal a captar debe ser igual o mayor al caudal máximo diario cuando hay tanque de almacenamiento. Como el caudal aforado es de 1.33 l/seg y el caudal máximo diario 1.23 l/seg, aplicamos el criterio mencionado de la siguiente forma:

$$Q \geq Q_{max.d}$$

$$1.33 \text{ l/seg} \geq 1.23 \text{ l/seg}$$

Como podemos observar el caudal a captar está dentro del rango y es aceptable.

4.5. TUBERÍA DE ADUCCIÓN

Para calcular la tubería de aducción se utilizara la **ecuación de Hazen y Williams:**
Es la más empleada por su simplicidad y grado de exactitud se expresa como:

$$Q = 0.28 * C * D^{2.62} * J^{0.54}$$

$$Q = 2.70 \text{ litros/seg.}$$

Dónde:

D = Diámetro de la tubería (plg)

Q = Caudal (l/seg)

J = Pérdida de carga unitaria (m/m)

C = Coeficiente de Hazen – Williams

Valores del coeficiente C de Hazen - Williams

MATERIAL	C
Acero galvanizado	125
Acero soldado c/revestimiento	130
Asbesto cemento	120
Hierro fundido nuevo	100
Hierro fundido usado (15 a 20 años)	60-100
Hierro fundido dúctil c/revestimiento de cemento	120
Plástico PVC o Polietileno PE	140

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar el **cálculo hidráulico y la pérdida de carga**, tenemos como referencia una tubería de PCV de 48mm, nuestra **longitud es de 1023.63m**. Con un caudal de 1.23 l/s adoptaremos un coeficiente de 140 por el tipo de material.

Primeramente determinamos del **Gradiente Unitario**:

$$J = \left(\frac{Q}{0.28 * C * D^{2.62}} \right)^{1.85}$$

$$J = \left(\frac{1.23}{0.28 * 1.40 * 0.048^{2.62}} \right)^{1.85}$$

$$J = 0.011502 \text{ m/m}$$

Determinamos la **Pérdida de Carga**:

$$H_f = J * L$$

$$H_f = 0.011502 * 1023.63$$

$$H_f = 11.77 \text{ m.}$$

El flujo en las tuberías tanto en el los sistemas de aducción como en los sistemas de distribución fueron determinados con el criterio de flujo permanente y en base la expresión exponencial para la fricción en tuberías dada por la ecuación de Hazen-Williams

Se ha contemplado para este proyecto la utilización de tubería PVC. En el cálculo de pérdidas por fricción en tuberías de PVC se ha aplicado el criterio de Hazen Williams con un coeficiente $C=140$ recomendado por los fabricantes. Para los tramos de tubería expuesta y los tramos de presiones más elevadas se ha contemplado tubería de plástico PVC con juntas de rosca y coplas,

El tramo de tubería comprendido entre la obra de toma y el tanque de almacenamiento, todo el tendido deberá hallarse bajo tierra a una profundidad no menor a 0,40 m ello implica abrir zanjas de 0.40x0.60 m. previamente antes de tender la tubería se dispondrá una capa de tierra cernida (cama) de altura de 0.10 m.

Este trayecto se dispondrá tubería de plástico PVC 2 ½" de diámetro. Los cambios de dirección de tendido de la tubería deberán anclarse en apoyos de H^o. C^o. La longitud de la línea de aducción es de 1023.63 m

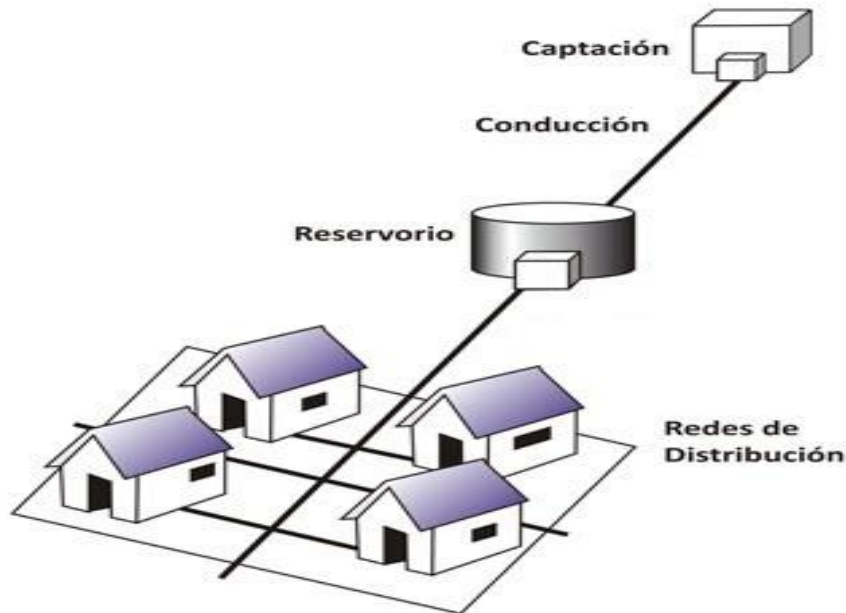


Figura 14: Sistema de Agua Potable
Fuente: Planos De Sistemas De Agua Potable

4.6. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

La población de estudio cuenta con 500 habitantes, y con un caudal máximo diario de 1.23 l/s, nuestro sistema será por gravedad y el tanque de almacenamiento será semi enterrada.

Asumiremos 1 día como periodo de regulación, 4 hrs será el valor tomado para el tiempo contra incendios y también será de 4 hrs tiempo de reserva para mantenimiento.

a) Determinaremos el **Volumen de Regulación:**

$$V_r = C * Q_{max.d} * tr$$

$$V_r = 0.30 * 0.0123 * 86400$$

$$V_r = 318.81 m^3$$

b) Determinaremos el **Volumen Contra Incendios:**

$$V_i = 3.6 * Q_i * t_i$$

$$V_i = 3.6 * 10 * 4$$

$$V_i = 144 m^3$$

c) Determinaremos el **Volumen de Reserva:**

$$V_{re} = 3.6 * Q_{max.d} * t_{re}$$

$$V_{re} = 3.6 * 1.23 * 4$$

$$V_{re} = 17.71 m^3$$

El volumen de almacenamiento será igual al volumen mayor, es decir al volumen de regulación = 318,81 m³. Constructivamente se podrá adoptar un volumen igual a 350 m³.

4.7. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Para la red de distribución de nuestra localidad aplicaremos una red abierta o ramificada. Tenemos el nudo A y dotaremos a un área determinada de 30 familias existen un total de 160 familias en la localidad de Quilasi. Determinaremos los caudales de nuestra red por el siguiente método:

4.7.1. MÉTODO DEL NÚMERO DE FAMILIAS

$$Q_N = q_u * N_{fn}$$

$$Q_N = 3.93 \text{ l/s} * 30$$

$$Q_N = 1.17 \text{ litros/seg.}$$

Donde:

Q_N = caudal del nudo a en $\frac{l}{s}$

q_u = caudal unitario en $\frac{l}{s}$ - familia

Para hallar el caudal unitario utilizamos la siguiente formula:

$$q_u = \frac{Q_t}{N_f}$$

Q_t = Caudal máximo horario en l/s

N_f = Número total de familias

N_{fn} = Número de familias en el área de influencia del nudo "n".

Reemplazamos los datos

$$q_u = \frac{2.46 \text{ l/s}}{160}$$

$$q_u = 3.93 \frac{l}{s} - \text{familia}$$

El caudal obtenido es de 1.17 litros/segundos, para nuestra red de distribución es óptimo ya que utilizaremos tuberías de 2 ½”, y es un caudal que transportara el líquido elemento sin ninguna dificultad.

4.8. CUADRO DE RESUMEN DE CÁLCULOS

CUADRO DE RESUMEN DE CALCULO		
Métodos De Calculo	Resultados	Características
Periodo De Diseño	20 Años	Obra de captación
Población Futura	860 habitantes	Método Exponencial
Dotaciones De Agua		
Dotación Media Diaria	80 litros/hab-día	Zona de los valles
Dotación futura de agua	88.39 litros/hab-día	
Caudales De Diseño		
Caudal Medio Diario	0.88 litros/seg.	
Caudal Máximo Diario	1.23 litros/seg.	
Caudal Máximo Horario	2.46 litros/seg.	500 habitantes
Obra De Captación		
Método Volumétrico	1.33 litros/seg	
Tubería De Aducción		
Caudal	2.70 litros/seg.	Hazen y Williams
Perdida De Carga Unitaria	0.011502 m/m	
Perdida De Carga en m	11.77 m.	
Tanque De Almacenamiento		
Volumen De Regulación	318.81 m ³	
Volumen Contra Incendios	144 m ³	
Volumen De Reserva	17.71 m ³	
Diseño De Red De Distribución		
Caudal del Nudo	1.17 litros/seg.	Método Del Número De Familias
Caudal Unitario	3.93 l/s familia	

Cuadro 7: Resumen de cálculos
Fuente: elaboración propia

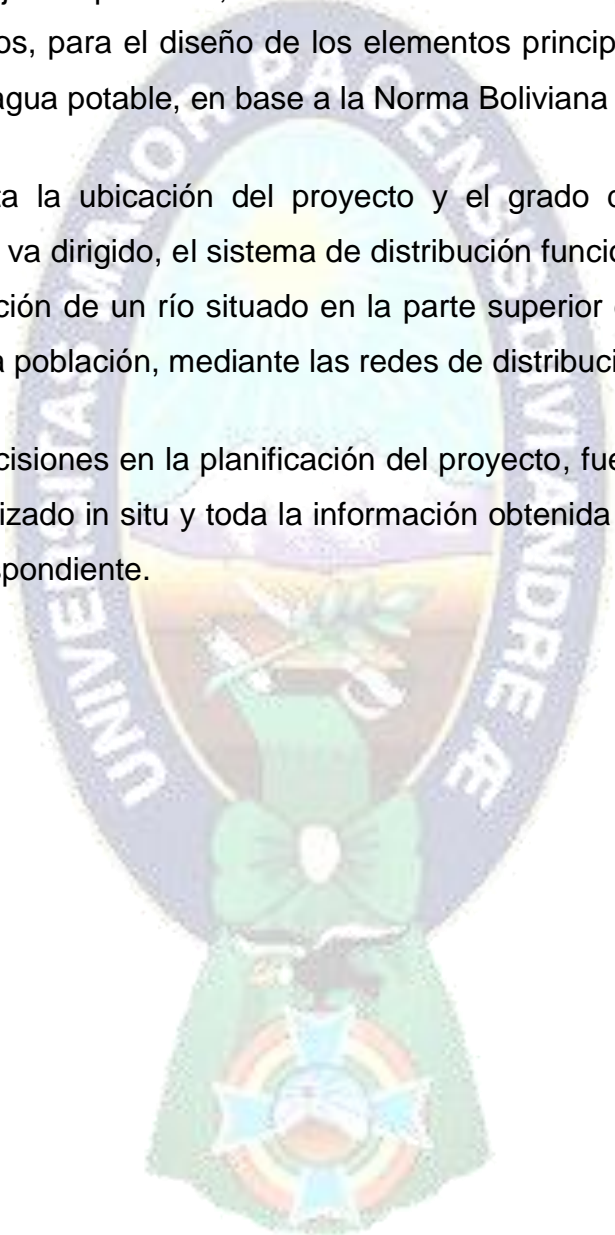
CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de aplicación, se ha realizado de manera positiva los estudios y parámetros básicos, para el diseño de los elementos principales del sistema de abastecimiento de agua potable, en base a la Norma Boliviana 689

Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto y el grado de desarrollo de la comunidad a la que va dirigido, el sistema de distribución funcionará por gravedad, a partir de la captación de un río situado en la parte superior de la localidad, que suministra agua a la población, mediante las redes de distribución.

Para la toma de decisiones en la planificación del proyecto, fue relevante el censo de poblaciones realizado in situ y toda la información obtenida para la dotación de agua potable correspondiente.



5.2. BIBLIOGRAFÍA

- Agua Potable – Definiciones y Terminología <http://www.aaps.gob.bo/images/MarcoLegal/ResolucionesMinisteriales/RM-104.pdf>
- [Agua potable requisitos NB-512 \(Norma Boliviana\)](#)
- El clima y el tiempo promedio en todo el año en Chulumani Bolivia <https://es.weatherspark.com/y/27519/Clima-promedio-en-Chulumani-Boliviadurante-todo-el-a%C3%B1o>
- Facultad de arquitectura artes diseño urbanismo trabajo dirigido <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/17604/PG-2513.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gobierno Municipal De Chulumani “Villa De La Libertad” Plan De Desarrollo Municipal <Http://Vpc.Planificacion.Gob.Bo/Uploads>
- [Guía técnica de diseños de proyectos de agua potable para poblaciones menores a10.000 habitantes](#)
- [Instalaciones De Agua. Diseño Para Sistemas De Agua Potable NB-689 \(Norma Boliviana\)](#)
- [Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado](#)
- Manual Para El Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Alcantarillado Sanitario <https://www.uv.mx/ingenieriacivil>

- Parámetros De Diseño De Infraestructura De Agua Y Saneamiento Para Centros Poblados Rurales-Ministerio De Viviendas Y Construcción Y Saneamiento
- Reglamento técnico de estudios y parámetros de diseño para sistemas de agua potable <https://slideplayer.es/slide/17999106/>
- Reglamentos de Presentación de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento Ministerio De Servicios Y Obras Públicas Viceministerio De Servicios Básicos
- Sistema de información municipal regionalizado del departamento de la paz (SEDALPAZ)
- Sistema De Información Municipal Regionalizado Del Departamento De La Paz<http://autonomias.gobernacionlapaz.com/sim/fichamunicipal.php?mn=22>
- Gestión De Agua Y Saneamiento Sostenible <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/red-de-distribuci%C3%B3n-comunitaria>

ANEXOS



Figura A 1: Tendido De Tuberías (Actual)
Fuente: Elaboración Propia



Figura A 2: Conexiones Provisionales
Fuente: Elaboración Propia



Figura A 3: Tuberías Afectadas Por Animales De La Región
Fuente: Elaboración Propia



Figura A 4: Tanque De Almacenamiento Deterioradas
Fuente: Elaboración Propia



Figura A 5: Tuberías En Mal Estado
Fuente: Elaboración Propia



Figura A 6: Piletas Sin Suministro De Agua
Fuente: Elaboración Propia



Figura A 7: Ubicación De Viviendas De La Comunidad
Fuente: Elaboración Propia



