

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE CONSTRUCCIONES CIVILES



**TRABAJO DE APLICACIÓN DE EXAMEN DE GRADO PARA
OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA**

ÁREA: HIDROSANITARIA

**CALCULO DE LA CAPACIDAD DE UN TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD
SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DE APOLO**

POR: MARCELO CHAMBI PANTOJA

LA PAZ-BOLIVIA

OCTUBRE – 2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud y fuerzas para culminar esta etapa.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por todo su sacrificio, por toda la comprensión y por todo el amor que me brindan.

A la carrera de Construcciones Civiles por todos los conocimientos y enseñanzas transmitidas.

A todos mis amigos, familiares y personas apreciadas que siempre estuvieron apoyándome.

DEDICATORIA

A mis padres Clemente Chambi y Benedicta Pantoja Miranda. Por todo su apoyo incondicional que siempre me brindan.

A mis hermanos Patricia, Roberth, Carla, Deyanira y Gary.

A toda mi familia, a mi abuela Julia y a mi tía Juana.

A mis amigos de la carrera de Construcciones Civiles que se convirtieron en mis mejores amigos en toda esta etapa.

A mi familia de la comunidad San Antonio en la cual está inspirada este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN DEL TRABAJO.....	1
CAPITULO 1.....	2
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	4
1.5 ANTECEDENTES.....	4
CAPITULO 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1 AGUA POTABLE.....	5
2.2 SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	5
2.3 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.....	6
2.4 TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	6
2.5 TIPOS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	7
2.5.1 CONSIDERANDO LA UBICACIÓN SOBRE EL TERRENO.....	7
2.5.2 CONSIDERANDO EL TIPO DE ALIMENTACIÓN.....	8
2.6 ESTUDIOS Y PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO.....	8
2.6.1 ESTUDIOS BÁSICOS DE DISEÑO.....	8
2.6.2 PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO.....	9
2.6.2.1 POBLACIÓN DEL PROYECTO.....	9
2.6.2.2 CONSUMO DE AGUA.....	10
2.6.2.3 CAUDALES DE DISEÑO.....	12
2.6.2.4 PERIODO DE DISEÑO.....	13
2.7 VOLUMEN O CAPACIDAD DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	14
2.7.1 VOLUMEN DE REGULACIÓN.....	15
2.7.2 VOLUMEN CONTRA INCENDIOS.....	15
2.7.3 VOLUMEN DE RESERVA.....	16
2.7.4 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	17
CAPITULO 3 DESARROLLO DE TRABAJO.....	18

3.1 ASPECTOS GENERALES	18
3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	18
3.1.1.1 ALTITUD Y LONGITUD.....	19
3.1.2 VÍAS DE ACCESO	20
3.1.3 DESCRIPCIÓN FÍSICA.....	21
3.1.3.1 CLIMA	21
3.1.3.2 RELIEVE TOPOGRÁFICO	21
3.1.4 INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA	22
3.1.4.1 POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE APOLO	22
3.1.4.2 POBLACIÓN ACTUAL DE LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO ..	23
3.1.4.3 ÍNDICE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	23
3.1.5 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	23
3.1.5.1 CONDICIÓN ECONÓMICA Y PRODUCTIVA DE LA COMUNIDAD	23
3.1.5.2 IDIOMA.....	24
3.1.5.3 EDUCACIÓN	24
3.1.5.4 SALUD	24
3.1.5.5 SERVICIOS BÁSICOS	25
3.1.5.6 DISPONIBILIDAD DE MATERIAL Y MANO DE OBRA.....	25
3.1.6 ASPECTOS TÉCNICOS	25
3.1.6.1 EVALUACIÓN DE LA CUENCA	25
3.1.6.2 EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA	27
3.1.6.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA ..	27
3.2 CALCULO DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO	28
3.2.1 POBLACIÓN DE DISEÑO.....	28
3.2.1.1 POBLACIÓN INICIAL DE DISEÑO.....	28
3.2.1.2 ÍNDICE DE CRECIMIENTO.....	28
3.2.1.4 PERIODO DE DISEÑO	28
3.2.1.4 POBLACIÓN FUTURA	29
3.2.2 CONSUMO DE AGUA	31
3.2.2.1 DOTACIÓN MEDIA DIARIA.....	31
3.2.2.2 DOTACIÓN FUTURA DE AGUA	32
3.2.3 CAUDALES DE DISEÑO	34

3.2.3.1 CAUDAL MEDIO DIARIO	34
3.2.3.2 CAUDAL MÁXIMO DIARIO	34
3.2.3.3 CAUDAL MÁXIMO HORARIO	35
3.2.4 PERIODO DE DISEÑO	36
3.2.5 DEMANDA CONTRA INCENDIO	37
3.3 FUENTES DE AGUA.....	37
3.4 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA.....	38
3.4.1 ELECCIÓN DE TIPO DE TANQUE	38
3.4.2 COTAS O NIVELES DE INSTALACIÓN	38
3.4.3 CALCULO DE VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	40
3.4.3.1 VOLUMEN DE REGULACIÓN	40
3.4.3.2 VOLUMEN DE RESERVA.....	41
3.4.4 DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE	41
3.4.5 ACCESORIOS	43
3.4.5.1 TUBERÍA DE ENTRADA	43
3.4.5.2 TUBERÍA BY PASS.....	43
3.4.5.3 TUBERÍA DE REBOSE	43
3.4.5.4 TUBERÍA DE LIMPIEZA.....	44
3.4.5.5 COLADORES	45
3.4.6 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS.....	45
3.4.6.1 ALTURA DE REVANCHA.....	45
3.4.6.2 REVESTIMIENTO INTERIOR	45
3.4.6.3 PROTECCIONES.....	45
3.4.6.4 CUBIERTA	45
3.4.6.5 VENTILACIÓN.....	45
3.4.6.6 INSPECCIÓN	46
3.4.6.7 CERCO DE PROTECCIÓN	46
3.4.7 DISEÑO DE LOS MUROS DEL TANQUE.....	46
3.4.8 CALCULO DE LA LOSA CUBIERTA	47
CAPITULO 4 CONCLUSIONES.....	48
BIBLIOGRAFÍA	49

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 DOTACIÓN MEDIA DIARIA NORMA BOLIVIANA 689	11
TABLA 2 VALORES DE K2 DEL CAUDAL MÁXIMO HORARIO NORMA BOLIVIANA 689	13
TABLA 3 PERIODO DE DISEÑO EN AÑOS NORMA BOLIVIANA 689	14
TABLA 4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO	18
TABLA 5 POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE APOLO	23
TABLA 6 POBLACIÓN DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO.....	23
TABLA 7 ÍNDICE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	23
TABLA 8 CUENCAS DEL MUNICIPIO DE APOLO.....	26
TABLA 9 POBLACIÓN INICIAL DE DISEÑO COMUNIDAD SAN ANTONIO	28
TABLA 10 ÍNDICE DE CRECIMIENTO DEL MUNICIPIO DE APOLO	28
TABLA 11 APLICACIÓN DE MÉTODOS DE CÁLCULO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA	29
TABLA 12 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN FUTURA	30
TABLA 13 RESUMEN PROYECCIÓN POBLACIONAL	30
TABLA 14 DOTACIÓN MEDIA DIARIA	31
TABLA 15 DOTACIÓN INICIAL PARA LA COMUNIDAD SAN ANTONIO.....	32
TABLA 16 PROYECCIÓN DE CONSUMO	33
TABLA 17 CUADRO RESUMEN PROYECCIÓN DE CONSUMO.....	33
TABLA 18 VALORES DEL COEFICIENTE K2.....	35
TABLA 19 PERIODO DE DISEÑO EN AÑOS.....	36
TABLA 20 DIMENSIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	42
TABLA 21 CALCULO DE MOMENTOS	47

ÍNDICE DE FORMULAS

FORMULA 1 CALCULO DE POBLACIÓN	10
FORMULA 2 DOTACIÓN FUTURA DE AGUA.....	12
FORMULA 3 CAUDAL MEDIO DIARIO	12
FORMULA 4 CAUDAL MÁXIMO DIARIO.....	13
FORMULA 5 CAUDAL MÁXIMO HORARIO	13
FORMULA 6 VOLUMEN DE REGULACIÓN.....	15
FORMULA 7 VOLUMEN CONTRA INCENDIOS	16
FORMULA 8 VOLUMEN DE RESERVA	17
FORMULA 9 POBLACIÓN FUTURA	29
FORMULA 10 CALCULO DOTACIÓN FUTURA DE AGUA	32
FORMULA 11 CALCULO CAUDAL MEDIO DIARIO.....	34
FORMULA 12 CALCULO CAUDAL MÁXIMO DIARIO	35
FORMULA 13 CALCULO CAUDAL MÁXIMO HORARIO.....	35
FORMULA 14 CALCULO DE VOLUMEN DE REGULACIÓN	40

FORMULA 15 CALCULO DE VOLUMEN DE RESERVA.....	41
FORMULA 16 CALCULO DE TUBERÍA DE REBOSE	43
FORMULA 17 CALCULO DE TUBERÍA DE LIMPIEZA.....	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE APOLO	18
Ilustración 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO .	19
Ilustración 3 FOTOGRAFÍA DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO	19
Ilustración 4 COMUNIDAD SAN ANTONIO FOTO TOMADA A GRAN DISTANCIA	20
Ilustración 5 DISTANCIA APROXIMADA DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO CON EL MUNICIPIO DE APOLO.....	20
Ilustración 6 FOTOGRAFÍA DEL PRINCIPAL ACCESO DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO	21
Ilustración 7 RELIEVE TOPOGRÁFICO DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO ...	22
Ilustración 8 ESCUELA DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO	24
Ilustración 9 RIO TUICHI.....	26
Ilustración 10 RECURSOS HÍDRICOS DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO	27
Ilustración 11 REGIÓN AMAZÓNICA DE LA PAZ.....	31
Ilustración 12 RIO BELONTO	37
Ilustración 13 ALTERNATIVA DE UBICACIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	39
Ilustración 14 DIMENSIONES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	42
Ilustración 15 DISEÑO DE MUROS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	46

RESUMEN DEL TRABAJO

Este documento representa el trabajo de aplicación de examen de grado para obtener el título de licenciatura y lleva como nombre “CALCULO DE LA CAPACIDAD DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DE APOLO” la misma es la aplicación temática del área elegida, siendo esta el área hidrosanitaria y su aplicación directa de la materia obras sanitarias II con estudios básicos de diseño, el cálculo de parámetros básicos de diseño ,mencionar además que para este trabajo de aplicación solo se calculara uno de los componentes de un sistema de agua potable siendo este la capacidad de tanque de almacenamiento.

En el Capítulo 1 se mencionará la problemática y justificación del trabajo aplicativo enfocándose en la falta de un diseño de abastecimiento de agua potable y todos sus componentes en la comunidad San Antonio del Municipio de Apolo.

En el Capítulo 2 se realizará la fundamentación teórica del presente trabajo aplicativo.

El Capítulo 3 es el desarrollo del trabajo y se seguirá la NB 689, se analizará los aspectos generales siguiendo un diagnóstico para los estudios básicos de diseño de la comunidad San Antonio, luego se recopilará información para los parámetros básicos de diseño siendo el principal la población de la comunidad, con esos datos se obtendrán población de diseño, consumo de agua, dotación futura y periodo de diseño; de la misma forma se hallarán los caudales de diseño requeridos para finalmente hallar la capacidad del tanque con sus componentes como el volumen, cálculo de los muros , losa cubierta , accesorios y diámetros de las tuberías de limpieza y rebose.

Finalmente, en el capítulo 4 se mencionará las conclusiones del trabajo aplicativo.

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de abastecimiento de agua potable o alcantarillado se habla de una necesidad básica que tiene cualquier población y también es un indicador socioeconómico y de calidad de vida de una comunidad. El abastecimiento de agua debe cumplir con ciertos objetivos como suministrar una cantidad suficiente de agua para consumo, con fácil acceso y un costo óptimo.

En Bolivia para la implantación de proyectos de agua potable es necesario que se deba contemplar componentes como obra de toma, línea de aducción, tanque de almacenamiento y redes de distribución. Este trabajo aplicativo se enfocará en el cálculo de capacidad de un tanque de almacenamiento en la comunidad San Antonio del municipio de Apolo, provincia Franz Tamayo del departamento de La Paz basándose en la norma 689 del Ministerio de Agua – “Instalaciones de agua - Diseño de Sistemas de Agua Potable”; del cual se adoptará los parámetros básicos de diseño y el diseño de tanque de almacenamiento.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la comunidad San Antonio, municipio de Apolo, provincia Franz Tamayo del departamento de La Paz no cuenta con un sistema de agua potable; por lo que los pobladores solo tienen un sistema de abastecimiento formado por piletas y bombas manuales,

La falta de agua potable provoca así consecuencias negativas en la calidad de vida como ser enfermedades, pérdida de cosechas e inseguridad alimentaria.

Analizando la situación se puede decir que un diseño de abastecimiento de agua potable y todos sus componentes responde a una necesidad importante de los pobladores a contar con dicho suministro y dotar a la población con un mejor suministro de agua y potabilización, la construcción y la explotación de las mismas, así como la gestión administrativa del agua potable.

En Bolivia los tanques de almacenamiento son elementos fundamentales de las redes de abastecimiento de agua potable, dada la importancia social del consumo de agua tratada, que permite mantener las adecuadas condiciones de salud de la comunidad en la medida que esta tenga la suficiente calidad del agua para el consumo humano.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el cálculo de la capacidad de un tanque de almacenamiento de agua según la norma 689 "Instalaciones de agua – Diseño para sistemas de Agua Potable " en la comunidad San Antonio del municipio de Apolo, provincia Franz Tamayo del departamento de La Paz.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información básica de la comunidad San Antonio del municipio de Apolo.
- Obtener datos de la comunidad San Antonio para los parámetros básicos de diseño según la norma 689 como ser población, consumo de agua, dotación de agua y periodo de diseño.
- Hallar los caudales de diseño según la norma 689.
- Realizar los cálculos del volumen del tanque de almacenamiento.
- Especificar los aspectos complementarios como el dimensionamiento de muros, losa cubierta y diámetros de tuberías de limpieza y rebose.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La Universidad Mayor de San Andrés con sus distintas facultades como la Facultad de Tecnología y su carrera de Construcciones Civiles, tiene diferentes modalidades de titulación, una de estas es el examen de grado con una presentación de un trabajo de aplicación de alguna área en específica. Este documento está justificado de tal manera ya que se enfocará en el área escogida en este caso el área hidrosanitaria, el tema elegido es el diseño un tanque de almacenamiento de agua en la comunidad San Antonio del municipio de Apolo (La Paz), los tanques de almacenamiento son componentes básicos dentro del diseño de sistemas de agua potable, como se aprende en la materia de Obras Sanitarias I y II.

Con este trabajo de aplicación se pretende hacer un aporte a la sociedad, para la misma comunidad y para futuros proyectos.

Se indica también que el diseño de un sistema de agua potable y por ende un tanque de almacenamiento es de vital importancia para contribuir a la mejora de la calidad de vida de las personas de la comunidad San Antonio del municipio de Apolo, esto ayudaría a minimizar los problemas de contaminación del agua y mejoraría de manera sustancial la higiene y salud en general para los habitantes.

1.5 ANTECEDENTES

Para Bolivia el diseño de sistemas de agua potable y sus componentes como el tanque de almacenamiento está regido bajo la norma boliviana NB 689 “Instalaciones de Agua – Diseño para Sistemas de Agua Potable”.

CAPITULO 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 AGUA POTABLE

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales. El desarrollo de la actividad humana necesita utilizar el agua para numerosos fines, entre los que destacan, por su importancia para el hombre, los usos potables. Por tanto, el hombre se sirve del agua existente en la naturaleza para consumirla y utilizarla, pero es evidente que, debido a determinadas características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, y es por eso que dicha agua requerirá de una serie de correcciones y tratamientos que eliminen aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre.

Fuente Cordero Ordóñez y Ullauri Hernández. 2011. Filtros caseros, utilizando ferrocemento sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento. Recuperado el 14/06/22 de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/747/1/ti874.pdf>

2.2 SISTEMA DE AGUA POTABLE

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.

Las tecnologías que conforman un sistema de abastecimiento de agua se pueden agrupar dependiendo de la función que cumplen. Estas clasificaciones se denominan grupos funcionales. El agua, desde la fuente, viaja por las diferentes tecnologías correspondientes a los diferentes grupos funcionales, que se deben seleccionar según el contexto. Para diseñar un sistema de agua funcional, las diferentes tecnologías deben ser compatibles entre ellas y adaptadas a la realidad de la comunidad.

FUENTE Barreto Dillon L .2020. ¿Sabes qué son los sistemas de abastecimiento de agua? Recuperado el 14/06/2022 de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/acerca-de-esta-herramienta/%C2%BFsabes-qu%C3%A9-son-los-sistemas-de-abastecimiento-de-agua%3F>

2.3 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Es el conjunto de estructuras destinadas a dotar el agua de la fuente de la calidad necesaria para el consumo y uso humano. Este incluye todos los procesos físicos, mecánicos y químicos que harán que el agua adquiera las características necesarias para que sea apta para su consumo. Los tres objetivos principales de una planta de tratamiento de agua o planta potabilizadora son lograr un agua que sea: segura para consumo humano, estéticamente aceptable y económica. El almacenamiento se refiere a los tanques de reservorios que permiten suministrar el caudal de máximo horario a la red de distribución, manteniendo la presión adecuada.

FUENTE Barreto Dillon L .2020. ¿Sabes qué son los sistemas de abastecimiento de agua? Recuperado el 14/06/2022 de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/acerca-de-esta-herramienta/%C2%BFsabes-qu%C3%A9-son-los-sistemas-de-abastecimiento-de-agua%3F>

2.4 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Según la Norma Boliviana 495 Agua Potable - Definiciones y Términos: Un tanque de almacenamiento es aquel depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución, destinado a almacenar agua y/o mantener presiones adecuadas en la red de distribución.

También la norma 689 Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua potable menciona: Los tanques de almacenamiento son estructuras civiles destinadas al almacenamiento de agua. Tienen como función mantener un volumen adicional como reserva y garantizar las presiones de servicio en la red de distribución para satisfacer la demanda de agua debiendo cumplir los siguientes propósitos:

- Suministrar agua potable a la red en la cantidad y calidad necesarias.
- Almacenar suficiente agua para atender situaciones de emergencia tales como incendios en cualquier punto del sistema, interrupciones por daños de tuberías de aducción o de estaciones de bombeo.
- Compensar las variaciones de los consumos que se producen durante el día.
- Mantener presiones de servicio adecuadas en la red de distribución.

2.5 TIPOS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Pueden ser de la siguiente forma:

2.5.1 CONSIDERANDO LA UBICACIÓN SOBRE EL TERRENO

a) Tanques superficiales Se asientan directamente sobre el terreno, pueden ser superficiales o semienterrados dependiendo de las condiciones del terreno y su forma constructiva. Deben ser utilizados cuando la topografía del terreno permita una ubicación tal que garantice la presión mínima en todos los puntos de la red de distribución. Los tanques superficiales pueden construirse en hormigón armado, hormigón simple, hormigón ciclópeo, ferrocemento, mampostería y otros.

b) Tanque elevados Se encuentran por encima del nivel del terreno natural y soportado por una estructura. La altura a la cual se encuentra el tanque elevado debe ser tal que garantice la presión mínima en el punto más desfavorable de la red de distribución, de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 9 de la presente Norma.

Los tanques elevados pueden construirse de acero, hormigón armado, pretensado, postensado, ferrocemento, fibra de vidrio y otros.

2.5.2 CONSIDERANDO EL TIPO DE ALIMENTACIÓN

a) Tanques de cabecera (regulación) Se alimentan directamente de la fuente o planta de tratamiento mediante gravedad o bombeo.

b) Tanques de compensación (cola) Se ubican en la parte más alejada de la red de distribución con relación a la obra de captación o planta de tratamiento, se alimentan por gravedad o por bombeo. Almacenan agua en las horas de menor consumo y auxilian al abastecimiento de la red de distribución en las horas de mayor consumo.

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

2.6 ESTUDIOS Y PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

En nuestro país para cualquier diseño de sistema de agua potable debe estar regido bajo la norma boliviana, es decir el diseño de sistemas de agua potable para poblaciones urbanas y rurales, se ha venido desarrollando en base a la Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Agua Potable NB 689 y a los Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable promulgadas por el entonces Ministerio de Desarrollo Humano en noviembre del año 1996.

2.6.1 ESTUDIOS BÁSICOS DE DISEÑO

Los estudios básicos deben ser realizados en el lugar del proyecto y con participación de la población beneficiaria, organizaciones e instituciones involucradas. Se deben considerar en términos generales, sin ser limitativos los siguientes estudios básicos de diseño:

- Técnico.

- Socio-económico y cultural.
- Ambiental.

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

2.6.2 PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

Los parámetros básicos de diseño deben ser establecidos considerando el área del proyecto y el período de vida útil del proyecto. Entre los parámetros básicos de diseño se deben considerar:

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

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

2.6.2.1 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. Para la estimación de la población de proyecto se deben considerar los siguientes aspectos:

a) Población inicial, referida al número de habitantes dentro el área de proyecto que debe ser determinado mediante un censo poblacional y/o estudio socio-económico. Se aplicarán los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística (INE) para determinar la población de referencia o actual y los índices de crecimiento demográfico respectivos. Para poblaciones menores, en caso de no contar con índice de crecimiento poblacional, se debe adoptar el índice de crecimiento de la población capital o del municipio. Si el índice de crecimiento fuera negativo se debe adoptar como mínimo un índice de crecimiento de 1%.

b) Población futura, referida al número de habitantes dentro el área del proyecto que debe ser estimada en base a la población inicial, el índice de crecimiento poblacional y el período de diseño.

MÉTODO DE CALCULO

Para el cálculo de la población futura se pueden utilizar uno de los siguientes métodos de crecimiento, según el tipo de población, dependiendo de sus características socioeconómicas.

a) Aritmético:	$P_f = P_o \left(1 + \frac{i * t}{100} \right)$
b) Geométrico:	$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$
c) Exponencial:	$P_f = P_o * e^{\left(\frac{i * t}{100} \right)}$

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

FORMULA 1 CALCULO DE POBLACIÓN

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

2.6.2.2 CONSUMO DE AGUA

La dotación mínima a adoptarse debe ser suficiente para satisfacer los requerimientos de consumo doméstico, comercial, industrial y público, considerando las pérdidas en la red de distribución. La dotación de agua depende de los siguientes factores:

- Oferta de agua (capacidad de la fuente).
- Clima.
- Aspectos económicos y socio-culturales.

- Opción técnica y nivel de servicio (piletas públicas, conexiones domiciliarias y uso de bombas manuales).
- Tipo de consumo (medido, irrestricto y uso de limitadores de caudal).
- Servicio de alcantarillado.
- Condiciones de operación y mantenimiento.
- Pérdidas en el sistema.

a) 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. Para el caso de sistemas nuevos de agua potable, con conexiones domiciliarias, la dotación media diaria puede ser obtenida sobre la base de la población y la zona geográfica dada, según lo especificado en la Tabla 2.2 de la norma 689.

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
Notas:	(1)			(2)		

TABLA 1 DOTACIÓN MEDIA DIARIA NORMA BOLIVIANA 689

b) Dotación futura de agua

La dotación media diaria puede incrementarse de acuerdo a los factores que afectan el consumo y se justifica por el mayor hábito en el uso de agua y por la disponibilidad de la misma. Por lo que, se debe considerar en el proyecto una dotación futura para el período de diseño, la misma que debe ser utilizada para la estimación de los caudales de diseño. La dotación futura se debe 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

FORMULA 2 DOTACIÓN FUTURA DE AGUA

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

2.6.2.3 CAUDALES DE DISEÑO

Los caudales de diseño deben ser estimados para el dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema de agua potable. Se deben considerar los siguientes caudales:

- a) **Caudal medio diario** Es el consumo medio diario de una población, obtenido en un año de registros. Se determina con base en la población del proyecto y dotación, de acuerdo a la siguiente expresión:

$Q_{md} = \frac{P_f \cdot D_f}{86\ 400}$		
Donde:	Q _{md}	Caudal medio diario en l/s
	P _f	Población futura en hab.
	D _f	Dotación futura en l/hab-d

FORMULA 3 CAUDAL MEDIO DIARIO

- b) **Caudal máximo diario** Es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir representa el día de mayor consumo del año. Se determina multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente k1 que varía según las características de la población.

$Q_{\text{máx.d}} = k_1 * Q_{\text{md}}$		
Donde:	$Q_{\text{máx.d}}$	Caudal máximo diario en l/s
	k_1	Coficiente de caudal máximo diario $k_1 = 1,20$ a $1,50$
	Q_{md}	Caudal medio diario en l/s

FORMULA 4 CAUDAL MÁXIMO DIARIO

- c) **Caudal máximo horario** Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. Se determina multiplicando el caudal máximo diario por el coeficiente k_2 que varía, según el número de habitantes, de 1,5 a 2,2, tal como se presenta en la Tabla 2.3 de la norma 689.

$Q_{\text{máx.h}} = k_2 * Q_{\text{máx.d}}$		
Donde:	$Q_{\text{max.h}}$	Caudal máximo horario en l/s
	k_2	Coficiente de caudal máximo horario
	$Q_{\text{máx.d}}$	Caudal máximo diario en l/s

Población (habitantes)	Coficiente 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

TABLA 2 VALORES DE k_2 DEL CAUDAL MÁXIMO HORARIO NORMA BOLIVIANA 689

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

2.6.2.4 PERIODO DE DISEÑO

El período de diseño es el número de años durante los cuales una obra determinada prestará con eficiencia el servicio para el cual fue diseñada. Los factores que intervienen en la selección del período de diseño son:

- Vida útil de las estructuras y equipos tomando en cuenta la obsolescencia, desgaste y daños.
- Ampliaciones futuras y planeación de las etapas de construcción del proyecto.
- Cambios en el desarrollo social y económico de la población.
- Comportamiento hidráulico de las obras cuando éstas no estén funcionando a su plena capacidad.

El período de diseño debe ser adoptado en función del componente del sistema y la característica de la población, según lo indicado en la Tabla 2.4 de la norma boliviana 689.

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

TABLA 3 PERIODO DE DISEÑO EN AÑOS NORMA BOLIVIANA 689

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

2.7 VOLUMEN O CAPACIDAD DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO

La capacidad del tanque de almacenamiento debe ser igual al volumen que resulte mayor de las siguientes consideraciones:

- a) Volumen de regulación
- b) Volumen contra incendios
- c) Volumen de reserva

2.7.1 VOLUMEN DE REGULACIÓN

El volumen de regulación debe ser suficiente para compensar las variaciones de caudal que se presentan entre el caudal de alimentación y el caudal de consumo en cada instante. El volumen necesario de regulación debe ser determinado por métodos analíticos o gráficos en base a las curvas de demandas propias de cada población o zona abastecida y a las curvas de suministro de agua.

Para cualquiera de los casos el volumen debe ser determinado utilizando la siguiente expresión:

$V_r = C * Q_{m\acute{a}x.d} * t$		
Donde:	V_r	Volumen de regulación en m ³ .
	C	Coeficiente de regulación. Sistemas a gravedad 0,15 a 0,30. Sistemas por bombeo 0,15 a 0,25.
	$Q_{m\acute{a}x.d}$	Caudal máximo diario en m ³ /d.
	t	Tiempo en días. $t = 1$ día como mínimo.

FORMULA 6 VOLUMEN DE REGULACIÓN

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

2.7.2 VOLUMEN CONTRA INCENDIOS

Este volumen está destinado a garantizar un abastecimiento de emergencia para combatir incendios. El volumen destinado para combatir incendios, debe ser establecido de acuerdo con la entidad que tiene a su cargo la mitigación de

incendios, atendiendo las condiciones de capacidad económica, las condiciones disponibles de protección contra incendios y las necesidades de esa protección. El volumen contra incendios debe ser determinado en función de la importancia, densidad de la zona a servir y tiempo de duración del incendio. Se debe considerar los siguientes casos:

- a) Para zonas con densidades poblacionales menores a 100 hab/ha, considerar un caudal contra incendios (Q_i) en la red de distribución de 10 l/s.
- b) Para zonas con densidades poblacionales comprendidas entre 100 hab/ha a 300 hab/ha, considerar un caudal contra incendios (Q_i) en la red de distribución de 16 l/s.
- c) Para zonas con densidades poblacionales mayores a 300 hab/ha, considerar un caudal contra incendios (Q_i) en la red de distribución de 32 l/s.

El volumen de almacenamiento para atender la demanda contra incendio debe calcularse para un tiempo de duración del incendio entre 2 horas y 4 horas, a través de la siguiente expresión:

$V_i = 3,6 * Q_i * t$		
Donde:	V_i	Volumen para lucha contra incendios en m^3 .
	Q_i	Caudal contra incendio en l/s.
	t	Tiempo de duración del incendio en horas.

FORMULA 7 VOLUMEN CONTRA INCENDIOS

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

2.7.3 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. Para ello se recomienda considerar un volumen equivalente a 4 horas de consumo correspondiente al caudal máximo diario.

$V_{re} = 3,6 * Q_{m\acute{a}x.} * t$		
Donde:	V_{re}	Volumen de reserva en m ³ .
	$Q_{m\acute{a}x.d}$	Caudal máximo diario en l/s.
	t	Tiempo en horas.

FORMULA 8 VOLUMEN DE RESERVA

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

2.7.4 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Según norma se debe cumplir con los siguientes requisitos.

Los tanques de almacenamiento pueden ser construidos de los siguientes materiales: ferrocemento, hormigón armado, hormigón ciclópeo, mampostería de piedra o ladrillo, metálicos, fibra de vidrio y otros

Los tanques de almacenamiento deben tener los siguientes accesorios:

- Tubería de entrada
- Tubería de paso directo by pass
- Tubería de salida
- Tubería de rebose
- Tubería de limpieza
- Coladores

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

CAPITULO 3 DESARROLLO DE TRABAJO

3.1 ASPECTOS GENERALES

Para el desarrollo y el cumplimiento de objetivos según la norma 689 se debe cumplir con un estudio básico de diseño. En este trabajo se pudo recolectar la siguiente información.

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La comunidad San Antonio pertenece al cantón Santa Cruz del Valle Ameno del municipio de Apolo que a su vez es parte de la primera sección de la provincia Franz Tamayo del departamento de La Paz.

TABLA 4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO

DESCRIPCIÓN	NOMBRE
DEPARTAMENTO	LA PAZ
PROVINCIA	FRANZ TAMAYO
SECCIÓN MUNICIPAL	PRIMERA SECCIÓN
MUNICIPIO	APOLO
CANTÓN	SANTA CRUZ DEL VALLE AMENO
COMUNIDAD	SAN ANTONIO

Elaboración propia

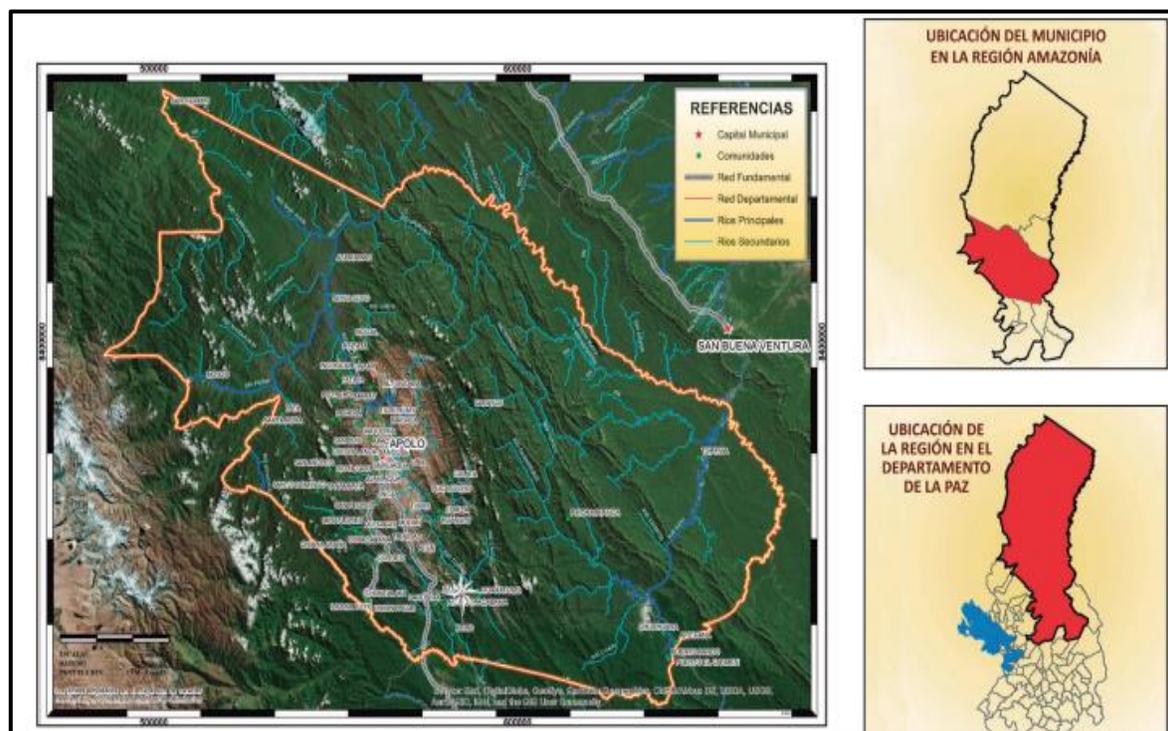


Ilustración 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE APOLO

Fuente <http://autonomias.gobernacionlapaz.com/sim/municipio/ficha/apolo.pdf>

3.1.1.1 ALTITUD Y LONGITUD

Geográficamente la comunidad San Antonio que pertenece a el Municipio de Apolo se sitúa entre las coordenadas 13° 55' 54" y 15° 14' 50" de latitud sud y 69° 07' 41" y 67° 23' 05" de longitud oeste.

Fuente Proyecto Fortalecimiento a la Planificación Territorial y Gestión Ambiental Apolo 2006, Diagnóstico integral del territorio

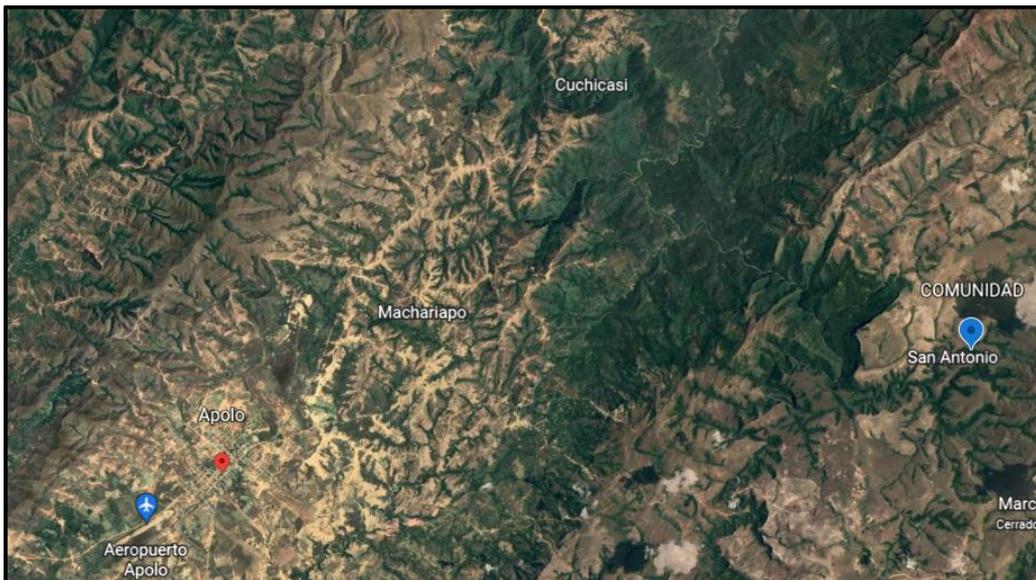


Ilustración 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO

Fuente Google Earth



Ilustración 3 FOTOGRAFÍA DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO

Fuente elaboración propia 19



Ilustración 4 COMUNIDAD SAN ANTONIO FOTO TOMADA A GRAN DISTANCIA

Fuente elaboración propia

3.1.2 VÍAS DE ACCESO

La comunidad San Antonio se encuentra a aproximadamente 17 km del municipio de Apolo para llegar a la misma cuenta con un camino de tierra en la que se tarda de 45 a 60 min en vehículo. Para llegar al municipio de Apolo existe el tramo principal caminero La Paz – Apolo de 435 km de longitud que representa unas 12 horas de viaje, también Apolo cuenta con aeropuerto con viajes ofrecidos por la institución TAM pero estos son cada determinado tiempo.

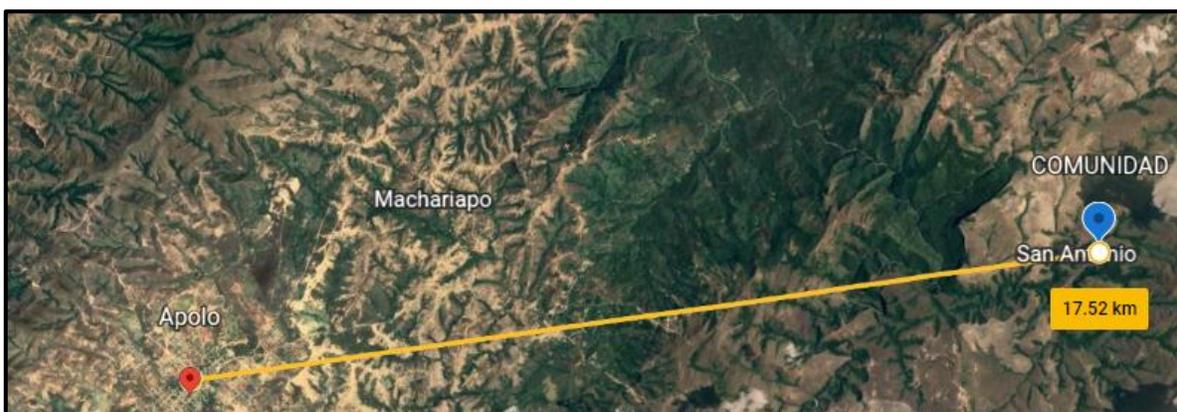


Ilustración 5 DISTANCIA APROXIMADA DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO CON EL MUNICIPIO DE APOLO



Ilustración 6 FOTOGRAFÍA DEL PRINCIPAL ACCESO DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO

Fuente elaboración propia

3.1.3 DESCRIPCIÓN FÍSICA

3.1.3.1 CLIMA

Todo el municipio de Apolo y por ende sus comunidades tiene el clima cálido y templado. La precipitación en Apolo es significativa, con precipitaciones incluso durante el mes más seco. En un año, la precipitación media es 1391 mm. los meses de mayor precipitación son de octubre a marzo. La temperatura en la región de Apolo oscila entre los 19 a 24°C. Las temperaturas más altas se registran en el mes de octubre con 24°C y la mínima en el mes de julio, con 19,8°C.

Fuente Servicio Nacional de Meteorología e hidrología SENAMHI

3.1.3.2 RELIEVE TOPOGRÁFICO

La comunidad San Antonio está constituida por un conjunto de serranías y llanuras aluviales. La rocosidad y/o pedregosidad superficial es muy poca a mucha. El material de origen es predominantemente sedimentario entre areniscas, lutitas y

conglomerados. Los suelos son muy superficiales a superficiales, bien a excesivamente drenados, con erosión en surcos de grado moderado. La textura varía entre franco arenoso, franco arcillo arenoso y franco arcilloso. La abundancia de fragmentos por volumen de suelo es poca a mucha.

Fuente Plan de desarrollo Municipal de Apolo 2008-2012



Ilustración 7 RELIEVE TOPOGRÁFICO DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO

Fuente elaboración propia

3.1.4 INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA

3.1.4.1 POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE APOLO

Según datos obtenidos del INE y el censo 2012, el municipio de Apolo tiene una población total de 20.308 habitantes, de los que 6.379 radican en el área urbana del municipio y 13.932, en el área rural.

TABLA 5 POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE APOLO

CENSO	POBLACIÓN
2001	13271
2012	20.308

FUENTE Instituto Nacional de Estadística INE
Elaboración propia

3.1.4.2 POBLACIÓN ACTUAL DE LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO

Para la comunidad de San Antonio no se encuentra datos de la evolución de su población, pero según datos obtenidos del Gobierno Autónomo Municipal de Apolo la comunidad San Antonio para el año 2021 contaba con un total de 26 afiliados es decir 26 familias haciendo un total de 136 habitantes.

TABLA 6 POBLACIÓN DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO

POBLACIÓN AÑO 2021	136 HABITANTES
--------------------	----------------

Fuente Gobierno Autónomo Municipal de Apolo
Elaboración propia

3.1.4.3 ÍNDICE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

Otro aspecto a tomar en cuenta para el posterior cálculo de población futura es el crecimiento anual que tiene el municipio que es de 3.8 % este dato igual es obtenido del INE.

TABLA 7 ÍNDICE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

ÍNDICE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	3.8 %
-----------------------------------	-------

FUENTE Instituto Nacional de Estadística INE
Elaboración propia

3.1.5 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

3.1.5.1 CONDICIÓN ECONÓMICA Y PRODUCTIVA DE LA COMUNIDAD

Se puede decir que las principales actividades y fuentes de ingreso de las familias de la comunidad San Antonio son la agricultura y la ganadería, otras actividades

que se desarrolla como fuentes alternativas de ingresos, son el aprovechamiento forestal y la apicultura.

3.1.5.2 IDIOMA

Los idiomas predominantes en la comunidad son el quechua y el castellano.

3.1.5.3 EDUCACIÓN

La comunidad cuenta con una escuela pequeña con educación inicial y primaria del cual se encargan dos profesores que viven en la comunidad.



Ilustración 8 ESCUELA DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO

Fuente elaboración propia

3.1.5.4 SALUD

La comunidad no cuenta con un centro de salud y sus habitantes deben ir a consultar a la comunidad más cercana en este caso Santa Cruz del Valle Ameno o en su defecto directamente al municipio de Apolo en su mayor parte las personas recurren a la medicina tradicional.

3.1.5.5 SERVICIOS BÁSICOS

La comunidad de San Antonio no tiene energía eléctrica está aún se encuentra en proyecto, algunas familias cuentan paneles solares, tampoco existe cobertura de telefonía y no existe un sistema de agua potable.

3.1.5.6 DISPONIBILIDAD DE MATERIAL Y MANO DE OBRA

La comunidad cuenta con la disponibilidad de materiales como ser piedras, arena, gravas en menor proporción y madera; en cuanto a la mano de obra los pobladores están dispuestos a trabajar en proyectos que ayuden a su comunidad.

3.1.6 ASPECTOS TÉCNICOS

3.1.6.1 EVALUACIÓN DE LA CUENCA

El municipio de Apolo pertenece a la cuenca del Amazonas esto a escala regional, sus cantones y comunidades se encuentran entre 11 cuencas locales y la comunidad San Antonio pertenece a la cuenca local de nombre Rio Tuichí .

NRO	CUENCAS DEL MUNICIPIO DE APOLO
1	CUENCA DEL RIO TUICHI
2	CUENCA DEL RIO COLORADO
3	CUENCA DEL RIO KHAKA
4	CUENCA DEL RIO BENI
5	CUENCA DEL RIO COLORADO
6	CUENCA DEL RIO HONDO
7	CUENCA DEL RIO LANZA
8	CUENCA DEL RIO QUENDEQUE
9	CUENCA DEL RIO QUIQUIBEY
10	CUENCA DEL RIO SUAPI
11	CUENCA DEL RIO TAMBOPATA

TABLA 8 CUENCAS DEL MUNICIPIO DE APOLO

Fuente Gobierno Autónomo Municipal de Apolo



Ilustración 9 RIO TUICHI

Fuente http://www.milapaz.travel/attractivo_turistico/index/rio_tuichi/160

3.1.6.2 EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

Los ríos cercanos a la comunidad San Antonio son el Río Torre con afluente mayor que luego se conectara al Río Tuichi, y el río que pasa exactamente por la comunidad denominada Belonto del cual se puede hacer la aducción y toma para el tanque de almacenamiento.



Ilustración 10 RECURSOS HÍDRICOS DE LA COMUNIDAD SAN ANTONIO

Fuente elaboración propia con Google Earth

3.1.6.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

En cuanto al servicio de agua los pobladores solo tienen un sistema de abastecimiento formado por piletas y bombas manuales, también los comunarios se abastecen mediante vertientes donde trasladan el agua en recipientes a sus viviendas. por tanto, es necesario un sistema de agua potable.

La comunidad de San Antonio no cuenta con el servicio de sistema de alcantarillado público de esta forma la disposición de desechos orgánicos se realiza en letrinas de pozo seco construidas por los mismos pobladores.

3.2 CALCULO DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

Para realizar el diseño de cualquiera de los componentes de un sistema de agua potable es fundamental el cálculo de los siguientes elementos:

POBLACIÓN DE DISEÑO

CONSUMO DE AGUA

CAUDALES DE DISEÑO

PERIODO DE DISEÑO

3.2.1 POBLACIÓN DE DISEÑO

3.2.1.1 POBLACIÓN INICIAL DE DISEÑO

Según los datos obtenidos en el Gobierno Autónomo Municipal de Apolo la comunidad San Antonio cuenta 136 habitantes

POBLACIÓN INICIAL DE DISEÑO	136 HABITANTES
-----------------------------	----------------

TABLA 9 POBLACIÓN INICIAL DE DISEÑO COMUNIDAD SAN ANTONIO

Elaboración propia

3.2.1.2 ÍNDICE DE CRECIMIENTO

Para la comunidad San Antonio no se encontraron datos de crecimiento y según la norma este valor se puede adoptar del municipio el cual es el siguiente.

ÍNDICE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	3.8 %
-----------------------------------	-------

TABLA 10 ÍNDICE DE CRECIMIENTO DEL MUNICIPIO DE APOLO

FUENTE Instituto Nacional de Estadística INE

Elaboración propia

3.2.1.4 PERIODO DE DISEÑO

El cálculo será realizado para 20 años.

3.2.1.4 POBLACIÓN FUTURA

Una vez obtenida la población inicial de diseño y el índice de crecimiento podemos hallar la población futura bajo las siguientes fórmulas que indica la NB689.

a) Aritmético:	$P_f = P_o \left(1 + \frac{i \cdot t}{100}\right)$
b) Geométrico:	$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$
c) Exponencial:	$P_f = P_o \cdot e^{\left(\frac{i \cdot t}{100}\right)}$

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

FORMULA 9 POBLACIÓN FUTURA

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

Método	Población (habitantes)			
	Hasta 5 000	De 5 001 a 20 000	De 20 001 a 100 000	Mayores a 100 000
Aritmético	X	X		
Geométrico	X	X	X	X
Exponencial	X (2)	X (2)	X (1)	X
Curva logística				X

TABLA 11 APLICACIÓN DE MÉTODOS DE CÁLCULO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

Como la población de la comunidad San Antonio es menor de 5000 habitantes se adoptará el método aritmético, geométrico y exponencial posterior a eso se hace un promedio dando como resultado la población futura.

PROYECCIÓN POBLACIONAL

TIEMPO	AÑO	MÉTODO			PROMEDIO
		ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO	EXPONENCIAL	
0	2022	136	136	136	136
1	2023	141	141	141	141
2	2024	146	147	147	147
3	2025	152	152	152	152
4	2026	157	158	158	158
5	2027	162	164	164	163
6	2028	167	170	171	169
7	2029	172	177	177	175
8	2030	177	183	184	181
9	2031	183	190	191	188
10	2032	188	197	199	195
11	2033	193	205	207	202
12	2034	198	213	215	209
13	2035	203	221	223	216
14	2036	208	229	232	223
15	2037	214	238	240	231
16	2038	219	247	250	239
17	2039	224	256	259	246
18	2040	229	266	270	255
19	2041	234	276	280	263
20	2042	239	287	291	272

TABLA 12 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN FUTURA

Elaboración propia

CUADRO RESUMEN

MÉTODO	PO	i	t	PF
ARITMÉTICO	136	3,8	20	239
GEOMÉTRICO	136	3,8	20	287
EXPONENCIAL	136	3,8	20	291
	PROMEDIO			272

TABLA 13 RESUMEN PROYECCIÓN POBLACIONAL

Elaboración propia

Obtenidos los cálculos según a las proyecciones la población futura será de **272** habitantes.

272 habitantes

3.2.2 CONSUMO DE AGUA

3.2.2.1 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. Para el caso de sistemas nuevos de agua potable, con conexiones domiciliarias, la dotación media diaria puede ser obtenida sobre la base de la población y la zona geográfica dada, según lo especificado en la Tabla 2.2 de la NB 689.

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
Notas:	(1)			(2)		

TABLA 14 DOTACIÓN MEDIA DIARIA

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

La comunidad San Antonio perteneciente al municipio de Apolo, Franz Tamayo son parte del norte de La Paz es decir la región amazónica con un clima caluroso y lluvioso, así que se asumirá que pertenece a la zona de los llanos.

REGIÓN AMAZÓNICA	
MUNICIPIO	PROVINCIA
IXIAMAS	ABEL
SAN BUENAVENTURA	ITURRALDE
ALTO BENI	CARANAVI
CARANAVI	
APOLO	FRANZ TAMAYO
GUANAY	LARECAJA
MAPIRI	
TEOPONTE	
TIPUANI	

Ilustración 11 REGIÓN AMAZÓNICA DE LA PAZ

Fuente <http://autonomias.gobernacionlapaz.com/region-amazonica/>

Conociendo las características mencionadas se tomará los datos de la tabla de dotación media diaria el valor de hasta 500 habitantes de la región llano.

Dotación media diaria 70 – 90 litros/hab/día

Para el cálculo en este trabajo aplicativo se usará el promedio:

80 lts/hab/día

POBLACIÓN INICIAL	136 hab
ZONA	DEL LLANO
RANGO	70-90 lts/hab/día
DOTACIÓN INICIAL	80 lts/hab/día

TABLA 15 DOTACIÓN INICIAL PARA LA COMUNIDAD SAN ANTONIO

Elaboración propia

3.2.2.2 DOTACIÓN FUTURA DE AGUA

La dotación futura se debe 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

FORMULA 10 CALCULO DOTACIÓN FUTURA DE AGUA

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

Se tomará una variación anual de 0,50%

$D_o = 80$ lts/hab/día

$d = 0,50\%$

$t = 20$ años

$$D_f = 80 + \left(1 + \frac{0,50}{100}\right)^{20}$$

$D_f = 88$ lts/hab/día

TIEMPO	AÑO	CONSUMO
0	2022	80
1	2023	80
2	2024	81
3	2025	81
4	2026	82
5	2027	82
6	2028	82
7	2029	83
8	2030	83
9	2031	84
10	2032	84
11	2033	85
12	2034	85
13	2035	85
14	2036	86
15	2037	86
16	2038	87
17	2039	87
18	2040	88
19	2041	88
20	2042	88

TABLA 16 PROYECCIÓN DE CONSUMO

Elaboración propia

TIEMPO	AÑO	CONSUMO lts/hab/día
0	2022	80
20	2042	88

TABLA 17 CUADRO RESUMEN PROYECCIÓN DE CONSUMO

ELABORACIÓN PROPIA

Realizando los cálculos y proyecciones la dotación futura de agua será de 88 lts/hab/día.

3.2.3 CAUDALES DE DISEÑO

Los caudales de diseño deben ser calculados para el dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema de agua potable.

3.2.3.1 CAUDAL MEDIO DIARIO

Es el consumo medio diario de una población, obtenido en un año de registros. Se determina con base en la población del proyecto y dotación, de acuerdo a la siguiente expresión:

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

Donde: Q_{md} Caudal medio diario en l/s
 P_f Población futura en hab.
 D_f Dotación futura en l/hab-d

FORMULA 11 CALCULO CAUDAL MEDIO DIARIO

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

$$Q_{md} = \frac{272 * 88}{86400}$$

El caudal medio diario será:

$$Q_{md} = 0,28 \text{ l/s}$$

3.2.3.2 CAUDAL MÁXIMO DIARIO

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir representa el día de mayor consumo del año. Se determina multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente k1

$$Q_{\text{máx.d}} = k_1 * Q_{\text{md}}$$

Donde: $Q_{\text{máx.d}}$ 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

FORMULA 12 CALCULO CAUDAL MÁXIMO DIARIO

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

Se adoptará el coeficiente k_1 de valor 1,20.

$$Q_{\text{max. d}} = 1,20 * 0,28$$

El caudal máximo diario será:

$$Q_{\text{max. d}} = 0,34 \text{ l/s}$$

3.2.3.3 CAUDAL MÁXIMO HORARIO

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. Se determina multiplicando el caudal máximo diario por el coeficiente k_2 que varía, según el número de habitantes, de 1,5 a 2,2.

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

Donde: $Q_{\text{max.h}}$ Caudal máximo horario en l/s
 k_2 Coeficiente de caudal máximo horario
 $Q_{\text{máx.d}}$ Caudal máximo diario en l/s

FORMULA 13 CALCULO CAUDAL MÁXIMO HORARIO

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

TABLA 18 VALORES DEL COEFICIENTE k_2

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

Como la población de la comunidad San Antonio es menor a 2000 habitantes el coeficiente k_2 está en el rango de 2,20 – 2,00 se tomará el valor de 2,20 por tener un número pequeño de habitantes.

$$Q_{max. h} = 2,20 * 0,34$$

El caudal máximo horario será:

$$Q_{max. h} = 0,75 \text{ l/s}$$

3.2.4 PERIODO DE DISEÑO

Según la Norma Boliviana 689 el período de diseño es el número de años durante los cuales una obra determinada prestará con eficiencia el servicio para el cual fue diseñada.

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

TABLA 19 PERIODO DE DISEÑO EN AÑOS

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua.

Como este trabajo aplicativo se enfoca en un tanque de almacenamiento y una población menor a 20000 habitantes el periodo de diseño a tomarse en cuenta es de 20 años.

3.2.5 DEMANDA CONTRA INCENDIO

Siguiendo la norma boliviana 689 la demanda contra incendio en esta población es innecesaria por tener una población menor a 10000 habitantes.

3.3 FUENTES DE AGUA

Como se mencionó en los aspectos técnicos del presente trabajo la fuente más óptima para realizarse la obra de toma y aducción es el rio Belonto que se encuentra en las faldas de la comunidad y alimenta al rio de mayor afluente Rio Torre, y este que desembocara en el rio Tuichi que es una de las cuencas del municipio de Apolo.



Ilustración 12 RIO BELONTO

Fuente elaboración propia

Recalcar que para este trabajo de aplicación solo se calculara uno de los componentes de un sistema de agua potable siendo este la capacidad de tanque de almacenamiento para ello se obtuvo los datos poblacionales y caudales de diseño que son requeridos en las fórmulas de capacidad de diseño.

3.4 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

El tanque de almacenamiento debe cumplir el objetivo primordial de suministrar de agua potable a la red en la cantidad necesaria, almacenar agua suficiente para atender las situaciones de emergencia.

3.4.1 ELECCIÓN DE TIPO DE TANQUE

La elección del tanque de almacenamiento será de tipo a consideración del tipo del terreno, de forma superficial y tipo semienterrado, ya que la topografía del terreno permitirá la presión mínima en todos los puntos de la red de distribución

3.4.2 COTAS O NIVELES DE INSTALACIÓN

Se prevee que la ubicación del tanque y la topografía del terreno cumpla con las cotas suficiente para garantizar las condiciones de presión necesarias para el funcionamiento de la red a continuación de muestra la alternativa de ubicación.

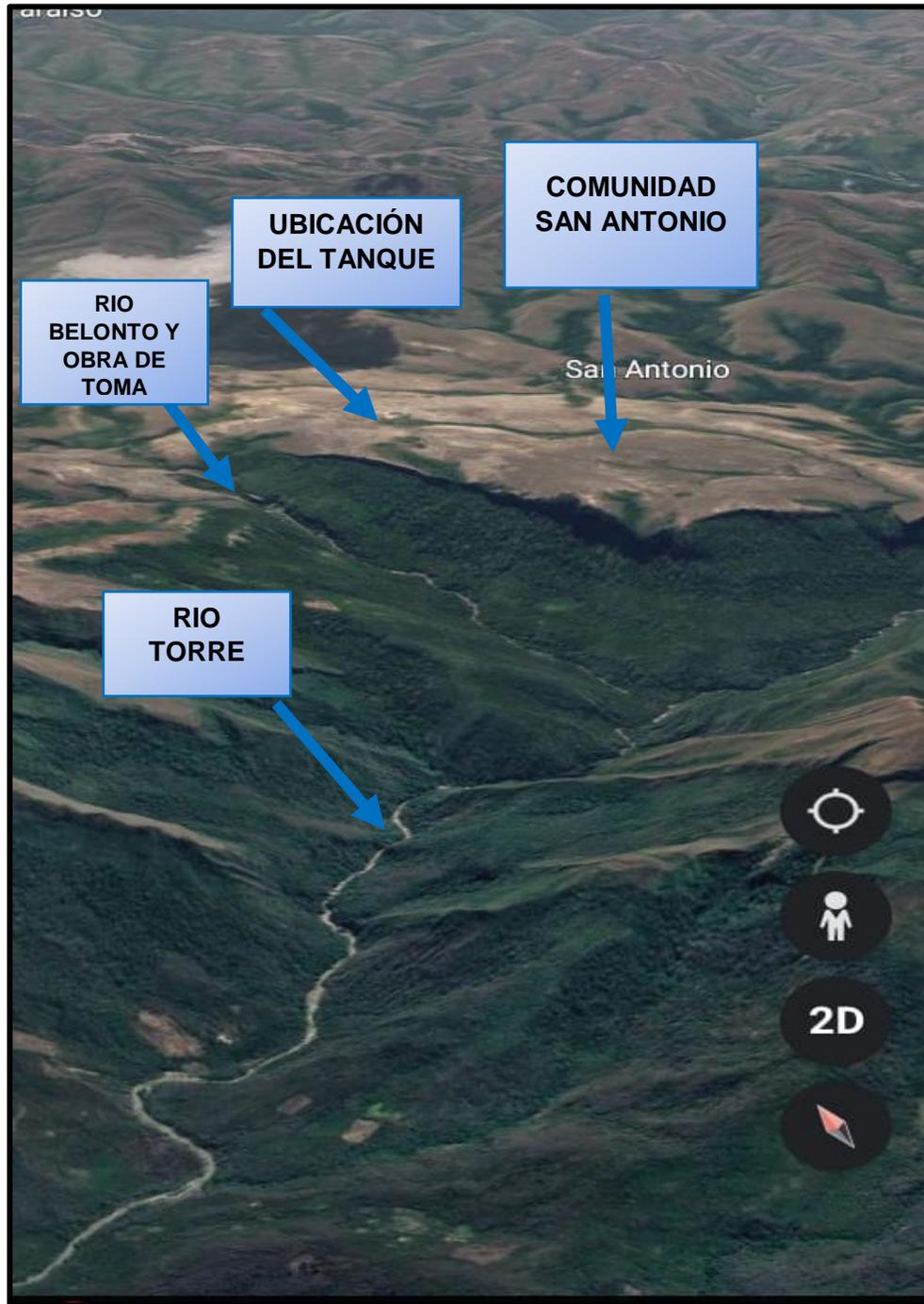


Ilustración 13 ALTERNATIVA DE UBICACIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Fuente Google Earth
Elaboración propia

3.4.3 CALCULO DE VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Con los datos obtenidos en el punto 3.2 del presente trabajo tenemos los caudales de diseño necesario para remplazar en las fórmulas de volumen de tanque de almacenamiento.

3.4.3.1 VOLUMEN DE REGULACIÓN

El volumen de regulación tiene que ser el suficiente para compensar las variaciones de caudal que se presentan entre el caudal de alimentación y el caudal de consumo en cada instante y debe estar entre el 15% a 30% del consumo máximo diario.

$V_r = C * Q_{\text{máx.d}} * t$		
Donde:	V_r	Volumen de regulación en m ³ .
	C	Coficiente de regulación. Sistemas a gravedad 0,15 a 0,30. Sistemas por bombeo 0,15 a 0,25.
	$Q_{\text{máx.d}}$	Caudal máximo diario en m ³ /d.
	t	Tiempo en días. $t = 1$ día como mínimo.

FORMULA 14 CALCULO DE VOLUMEN DE REGULACIÓN

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua

$$Vr = C * Q_{\text{max. d}} * t$$

Se adoptará 0,30 como valor de C ya que el tanque pertenece a un sistema por gravedad y al ser una región calurosa el consumo diario será mayor.

$$Q_{\text{max. d}} = 0,34 \frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1000l} = 0,0003m^3/s$$

$$Vr = 0,30 * 0,003 * 86400$$

$$Vr = 8,8 \text{ m}^3 \text{ se adoptara un volumen de } 10 \text{ m}^3$$

3.4.3.2 VOLUMEN DE RESERVA

Para el volumen de reserva se debe considerar un volumen equivalente a 4 horas de consumo correspondiente al caudal máximo diario.

$V_{re} = 3,6 * Q_{m\acute{a}x.} * t$		
Donde:	V_{re}	Volumen de reserva en m ³ .
	$Q_{m\acute{a}x.d}$	Caudal máximo diario en l/s.
	t	Tiempo en horas.

FORMULA 15 CALCULO DE VOLUMEN DE RESERVA

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua

$$V_{re} = 3,6 * 0,34 * 4 = 4,90 \text{ M3}$$

Se debe adoptar el volumen mayor entre el volumen de reserva y el volumen de regulación entonces el volumen a tomarse en cuenta es de

$V_{tanque} =$ como el volumen es 8,8 m3 se adoptara un volumen de 10 m3

$$V_{tanque} = 10 \text{ m3}$$

3.4.4 DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE

El tanque será de forma cuadrada entonces el largo por el ancho será:

$$A = (2,50 * 2,50) \text{ M2}$$

Para la altura:

$$ALTURA = \frac{VOLUMEN}{BASE * LONGITUD}$$

$$ALTURA = \frac{10 \text{ M3}}{(2,50 * 2,50) \text{ M2}} = 1,6 \text{ M}$$

Se adoptará una altura de:

1,70 M2

Tiene que tomarse en cuenta la altura de revancha o también llamada altura libre por encima del máximo de nivel de aguas el mínimo a tomarse en cuenta es 0,20 m

La altura total será entonces

$$1,70 + 0,20 = 1,90 \text{ m}$$

DIMENSIONES DE TANQUE

ALTURA	LARGO	ANCHO
1,90 M	2,50 M	2,50 M

TABLA 20 DIMENSIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Elaboración propia

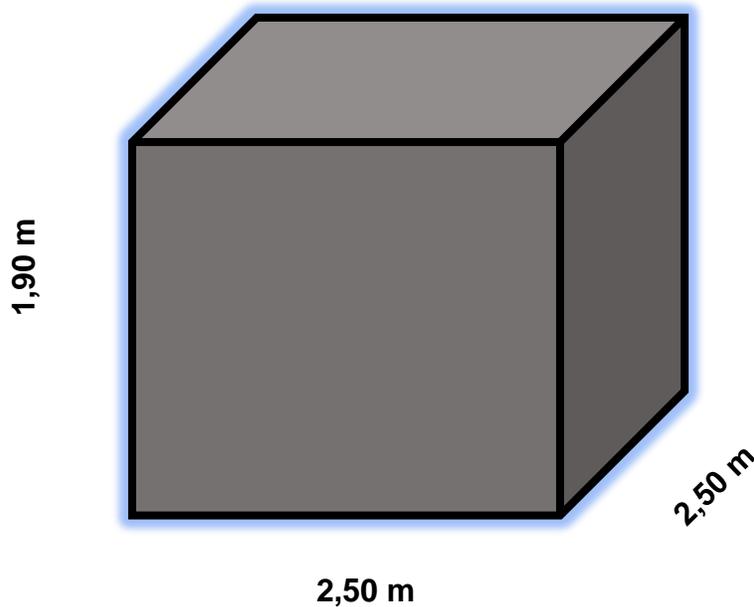


Ilustración 14 DIMENSIONES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Elaboración propia

FINALMENTE, EL VOLUMEN OBTENIDO ES

$$VTANQUE = 1,90\text{m} \times 2,50\text{m} \times 2,50\text{m} = 11,88 \text{ m}^3$$

3.4.5 ACCESORIOS

3.4.5.1 TUBERÍA DE ENTRADA

Se refiere a que la entrada de agua debe ser dotada de un sistema de cierre mediante válvula y será maniobrada mediante dispositivo situado en la parte externa del tanque.

3.3.5.2 TUBERÍA BY PASS

No tendrá el uso de by pass por que el tanque tiene un volumen menor a 50 m³

3.3.5.3 TUBERÍA DE REBOSE

Es la tubería que sirve para eliminar el agua excedente y para realizar el mantenimiento del tanque.

$Q = C_d * A * \sqrt{2 * g * h}$		
Donde:	Q	Caudal máximo diario o caudal de bombeo en m ³ /s.
	C _d	Coficiente de contracción. C _d = 0.60.
	A	Área del orificio de desagüe en m ² .
	g	Aceleración de la gravedad en m/s ² .
	h	Carga hidráulica sobre la tubería de desagüe en m.

FORMULA 16 CALCULO DE TUBERÍA DE REBOSE

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua

De la formula podemos despejar A para calcular el diámetro requerido

$$A = \frac{Q_{max. d}}{cd * (2 * g * h)^{1/2}}$$

$$A = \frac{0,0003}{0,6 * (2 * 9,81 * 0,10)^{1/2}}$$

$$A = 3,57 \text{ cm}^2$$

$$A = \pi * \frac{d^2}{4}$$

$$d = 2,13 \text{ cm} = 0,84 \text{ plg}$$

Entonces asumimos el diámetro de

$$d=1'' \text{ plg FG}$$

3.3.5.4 TUBERÍA DE LIMPIEZA

Todo tanque de almacenamiento debe estar provisto de una tubería de limpieza.

Debe tomarse en cuenta una tubería cuyo diámetro debe ser tal que facilite el vaciado del tanque en un período no mayor a 4 horas.

Para el cálculo del área del orificio de la tubería de limpieza debe utilizarse la fórmula siguiente:

$A_0 = \frac{2 * S * \sqrt{h}}{C_d * T * \sqrt{2g}}$		
Donde:	T	Tiempo de vaciado en segundos.
	S	Área superficial del tanque en m.
	h	Carga hidráulica sobre la tubería en m ² .
	C _d	Coefficiente de contracción. C _d = 0,60 a 0,65
	A ₀	Área del orificio de desagüe en m ² .
	g	Aceleración de la gravedad en m/s ² .

FORMULA 17 CALCULO DE TUBERÍA DE LIMPIEZA

Fuente Norma Boliviana 689- Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua

$$T = 4\text{Hrs} = 144000 \text{ s}$$

$$S = 6,25 \text{ M}^2$$

$$H = 1,70$$

$$C_d = 0,6$$

$$g = 9,81$$

$$A = \frac{2 * 6,25 * 1,70^1/2}{0,6 * 144000 * 4,43}$$

$$A = 4,26 \text{ cm}^2$$

$$A = \pi * \frac{d^2}{4}$$

$$d = 2,32 \text{ cm} = 0,91 \text{ plg}$$

Entonces asumimos el diámetro de

$$d=1" \text{ plg FG}$$

3.3.5.5 COLADORES

Se debe proteger las aberturas de salida y de limpieza, con un colador o con una rejilla con abertura máxima igual a 5 cm.

3.4.6 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

3.4.6.1 ALTURA DE REVANCHA

La altura de revancha será de 0,20 m

3.6.6.2 REVESTIMIENTO INTERIOR

Se requiere que las paredes interiores del tanque sean impermeables

3.6.6.3 PROTECCIONES

Toda el área interior del tanque debe estar protegido con una rejilla constituida de material a prueba de corrosión.

3.6.6.4 CUBIERTA

Cubierta La cubierta del tanque, será impermeable y continua con una pendiente de 2%.

3.6.6.5 VENTILACIÓN

El tanque debe contar con un dispositivo para ventilación, que permitan la entrada y salida de aire de su interior

3.6.6.6 INSPECCIÓN

El tanque deberá tener una abertura para inspección ubicada en su cubierta, con una dimensión de 0,60 m x 0,60 m.

3.6.6.7 CERCO DE PROTECCIÓN

El tanque de almacenamiento tendrá un cerco para evitar el acceso directo de personas no autorizadas o animales.

3.4.7 DISEÑO DE LOS MUROS DEL TANQUE

Ya que el tanque tiene base cuadrada se analizará solo un lado y se adoptará las medidas mostradas en la figura.

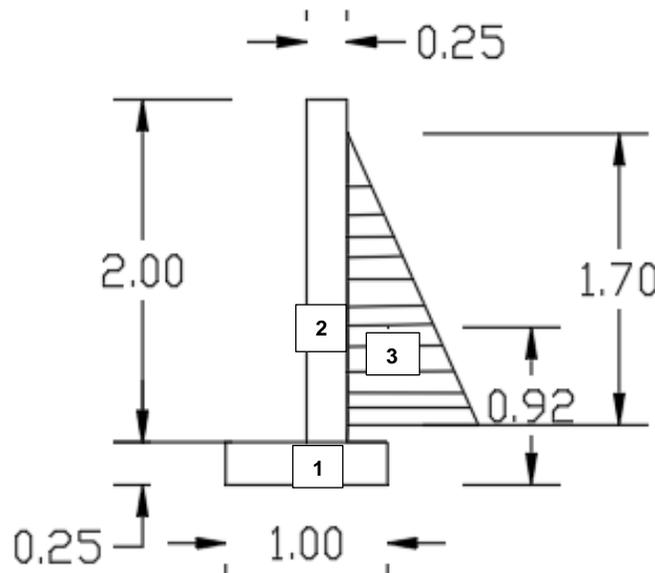


Ilustración 15 DISEÑO DE MUROS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Elaboración propia

HORMIGON	2400 KG/M3
H-arena	1000 KG/M3
H-agua	1,7 m

NRO	AREA	PESO	CENTRO DE GRAVEDAD	MOMENTO
	A	∅ HORMIGON*A	CG	PESO CG
1	0,25	600	0,5	300
2	0,5	1200	0,625	750
			Momento Antivuelco	1050
3	E agua	476,85	0,92	438,702
			Momento vuelco total	438,702

TABLA 21 CALCULO DE MOMENTOS

Elaboración propia

Verificación al volcamiento			
Momento Antivuelco	1050	2,39 > 2	CUMPLE
Momento vuelco total	438,702		

Como $2,39 > 2$ Entonces se adoptará las dimensiones del muro.

3.4.8 CALCULO DE LA LOSA CUBIERTA

Ya que el coronamiento de las paredes del tanque es de 0.25 m de ancho entonces la longitud de la losa será:

$$L = 0,25 * 2 + 2,5$$

$$L = 3 \text{ m}$$

Los dos lados de la losa son iguales, por tanto:

$$LX = 3 \text{ m}$$

$$LY = 3 \text{ m}$$

El espesor de la losa será:

$$h = \text{perímetro} / 180$$

$$h = 4 * 3 / 180$$

$$h = 0,067 \text{ m}$$

se adoptará

$$h = 0,10 \text{ m}$$

CAPITULO 4 CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos presentados en el presente trabajo aplicativo se llegó a las siguientes conclusiones.

Se cumplió la aplicación temática del área elegida conforme al examen de grado siendo esta el área hidrosanitaria y su aplicación directa de la materia obras sanitarias II con estudios básicos de diseño, el cálculo de parámetros básicos de diseño y el cálculo del taque de almacenamiento.

Se desempeñó el trabajo aplicativo conforme con lo que indica la NB 689 para el diseño de los componentes de un sistema de agua potable siendo estos los estudios básicos de diseño y parámetros de diseño.

Se realizó la recopilación de información necesaria de la comunidad San Antonio para los aspectos generales y estudios básicos de diseño.

Para la descripción de abastecimiento de agua de la comunidad, vías de acceso y aspectos socioeconómicos, se visitó la comunidad San Antonio y se obtuvo información directa de los comunarios.

Para la obtención de número de habitantes de la comunidad San Antonio se consultó al Gobierno Autónomo Municipal de Apolo, y para el índice de crecimiento se consiguió datos del INE. Una vez obtenida esa información se trabajó según la NB 689 para cumplir con el objetivo 2: población de diseño, consumo de agua dotación de agua y periodo de diseño.

Con la población de diseño se hallaron los caudales de diseño requeridos según la Norma 689.

Finalmente se realizó el cálculo de la capacidad del tanque de almacenamiento, para ello se calculó el volumen, el dimensionamiento de los muros y la losa y también se cuantifico los diámetros para las tuberías de salida y rebose.

BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Estadística INE

Norma Boliviana NB 689 Reglamentos técnicos de diseño para sistemas de agua potable Capítulos 2,3 y 8.

Norma Boliviana 495 Agua Potable - Definiciones y Términos.

Proyecto Fortalecimiento a la Planificación Territorial y Gestión Ambiental Apolo 2006, Diagnóstico integral del territorio.

Servicio Nacional de Meteorología e hidrología SENAMHI datos del municipio de Apolo.

Plan de desarrollo Municipal de Apolo 2008-2012.

Gobierno Autónomo Municipal de Apolo datos poblacionales.

Ordóñez y Ullauri Hernández. 2011. Filtros caseros, utilizando ferrocemento sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento. Recuperado el 14/06/22 de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/747/1/ti874.pdf>

Barreto Dillon L .2020. ¿Sabes qué son los sistemas de abastecimiento de agua? Recuperado el 14/06/2022 de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/acerca-de-esta-herramienta/%C2%BFsabes-qu%C3%A9-son-los-sistemas-de-abastecimiento-de-agua%3>

http://www.milapaz.travel/attractivo_turistico/index/rio_tuichi/160