



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA RED DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA
JUNTA ADMINISTRADORA UYUMBICHO, SECCIÓN NORTE, DEL CANTÓN MEJÍA,
PROVINCIA DE PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieros Civiles

AUTORES: Flavio Iván Ramos Viracocha
Franklin Alexis Vargas Quishpe

TUTOR: Verónica Valeria Yépez Martínez

Quito – Ecuador
2024

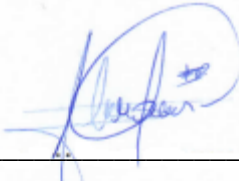
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Flavio Iván Ramos Viracocha con documento de identificación N° 1727150144 y Franklin Alexis Vargas Quishpe con documento de identificación N° 1714191515; manifestamos que:


Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 20 de febrero del 2024

Atentamente,



Flavio Iván Ramos Viracocha
1727150144



Franklin Alexis Vargas Quishpe
1714191515

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Flavio Iván Ramos Viracocha con documento de identificación N° 1727150144 y Franklin Alexis Vargas Quishpe con documento de identificación N° 1714191515; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Propuesta para el diseño de la red del sistema de agua potable de la Junta Administradora Uyumbicho, sección norte, del cantón Mejía, provincia de Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 20 de febrero del 2024

Atentamente,



Flavio Iván Ramos Viracocha
1727150144



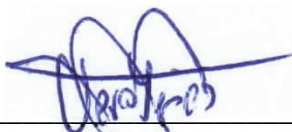
Franklin Alexis Vargas Quishpe
1714191515

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Verónica Valeria Yépez Martínez con documento de identificación N° 1711285591, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA RED DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA UYUMBICHO, SECCIÓN NORTE, DEL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por Flavio Iván Ramos Viracocha con documento de identificación N° 1727150144 y por Franklin Alexis Vargas Quishpe con documento de identificación N° 1714191515, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 20 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Verónica Valeria Yépez Martínez, MSc

1711285591

DEDICATORIA

A mis padres, como mucho afecto dedico este trabajo de titulación, que gracias a su apoyo incondicional estoy terminando mi carrera universitaria.

A mi hija y a mi esposa, que son un pilar fundamental y han sido mi motivación para seguir adelante y cumplir mis metas

Y a mis compañeros de aula, que han estado presentes durante este proceso académico.

Flavio Iván Ramos Viracocha.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a toda mi familia especialmente a mis padres Jorge Vargas y María Quishpe por el apoyo brindado en todo este camino y gracias a su esmero y tenacidad han logrado inculcarme valores. A mis hermanos por su gran amor y paciencia los cuales han sido una fuente de inspiración para no desmayar en el camino.

Franklin Alexis Vargas Quishpe

AGRADECIMIENTO

A Dios, por bendecirme cada día con salud y sabiduría para poder llegar a este punto de mi vida, de cumplir una meta añorada.

A la Universidad Politécnica Salesiana, a sus profesores por ser ese pilar para mi formación profesional.

A mi tutora de tesis, Ing. Verónica Yépez, por su conocimiento y su guía para poder culminar este trabajo de titulación.

Flavio Iván Ramos Viracocha

AGRADECIMIENTO

Al creador de todo que es Dios, porque sin su misericordia simplemente mis fuerzas eran insuficientes para llegar a la meta.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, a sus maestros de la carrera de Ingeniería Civil por aportar con sus conocimientos.

Agradezco a mi tutora, la Ing. Verónica Yépez, por tener la suficiente sabiduría y paciencia para saber guiarnos en este proceso.

Franklin Alexis Vargas Quishpe

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema de estudio	1
1.2.1 Antecedentes	1
1.2.2 Importancia y alcance	2
1.2.3 Delimitación.....	3
1.2.4 Características de la parroquia	5
1.2.4.1 Aspectos físicos	6
1.2.5 Población.....	6
1.2.5.1 Población según los censos.....	6
1.2.5.2 Población según su genero	7
1.2.5.3 Población Según su Edad y Género.....	7
1.2.5.4 Densidad poblacional	10
1.2.6 Uso y ocupación del suelo	10
1.2.7 Actividades comerciales	12
1.2.8 Salud	13
1.2.9 Educación.....	15
1.2.9.1 Nivel de formación	15
1.2.10 Vivienda	16
1.2.11 Cobertura de agua potable	17
1.3 Justificación.....	19
1.4 Objetivos	20
1.4.1 Objetivo general.....	20
1.4.2 Objetivos específicos	21
CAPÍTULO II.....	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Sistema de agua potable	22
2.2 Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.	22
2.2.1 Fuentes de abastecimiento	23
2.2.1.1 Aguas superficiales.....	24
2.2.1.2 Aguas subterráneas	24

2.2.2	Captación	26
2.2.2.1	Captación de aguas subterráneas	26
2.2.2.2	Tipos de pozo.....	27
2.2.3	Conducción	27
2.2.3.1	Conducción a gravedad	27
2.2.3.2	Conducción a bombeo	28
2.2.4	Planta de tratamiento.....	29
2.2.4.1	Coagulación	29
2.2.4.2	Floculación	30
2.2.4.3	Sedimentación	30
2.2.4.4	Filtración.....	30
2.2.4.5	Desinfección	30
2.2.5	Tanque de almacenamiento	31
2.2.6	Líneas de aducción e impulsión.....	32
2.2.7	Línea matriz	33
2.2.8	Red de distribución.....	34
2.2.8.1	Redes abiertas	34
2.2.8.2	Redes cerradas	35
2.2.9	Acometidas domiciliarias.....	36
2.3	Bases de diseño	37
2.3.1	Período de diseño.....	37
2.3.2	Población de diseño	39
2.3.2.1	Población actual.....	39
2.3.2.2	Población futura.....	40
2.3.2.3	Tendencia poblacional y tasa de crecimiento	40
2.3.3	Índice de crecimiento poblacional	40
2.3.4	Factores que afectan al consumo	41
2.3.4.1	Consumo doméstico	41
2.3.4.2	Comercial o industrial	43
2.3.4.3	Consumo público.....	46
	CAPÍTULO III	48
	METODOLOGÍA.....	48
3.1	Censo poblacional y de medidores.....	48
3.2	Métodos para la estimación de la población futura.....	48
3.2.1	Crecimiento aritmético lineal.....	48

3.2.2	Crecimiento geométrico.....	49
3.2.3	Crecimiento exponencial	49
3.3	Área de diseño.....	50
3.3.1	Planificación de vuelo.....	50
3.3.2	Captura de imágenes.....	51
3.3.3	Procesamiento fotogramétrico	52
3.3.4	Corrección geométrica.....	54
3.4	Densidad poblacional.....	55
3.5	Caudal de diseño	56
3.5.1	Caudal medio diario (Qm).....	56
3.5.2	Consumo máximo diario.....	57
3.5.3	Consumo máximo horario.....	58
3.6	Diámetro para tubería de distribución.....	58
3.6.1	Coefficientes de fricción en tuberías para Hazen Williams	59
3.6.2	Velocidades máximas y mínimas.....	60
3.6.3	Presiones en las tuberías.....	61
3.6.4	Diámetro mínimo de tubería.....	63
3.6.5	Recubrimiento mínimo	64
3.7	Red de distribución.....	66
3.7.1	Programa EPANET	67
3.7.2	Modelado de la red de distribución.....	67
3.8	Estimación de caudales	68
	CAPÍTULO IV	69
	DISEÑO DE LA RED DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	69
4.1	Bases de diseño	69
4.1.1	Periodo de diseño.....	69
4.1.2	Dotación.....	69
4.1.3	Área de influencia.....	71
4.1.3.1	Áreas residenciales	71
4.1.3.2	Áreas comerciales.....	71
4.1.3.3	Áreas públicas.....	71
4.1.4	Cálculo de la población actual y futura.....	72
4.1.4.1	Método aritmético.....	74
4.1.4.2	Método geométrico.....	75
4.1.4.3	Método exponencial	76

4.2	Diseño hidráulico de la red de distribución.....	77
4.2.1	Pérdidas de carga	77
4.2.2	Datos para el modelamiento de la red de distribución.....	78
4.2.3	Modelamiento de la red de distribución con EPANET	79
4.2.3.1	Ubicación del tanque de almacenamiento	79
4.2.3.2	Caudales en los nodos y demanda base	80
4.2.3.3	Presiones en los nodos	81
4.2.3.4	Velocidades en la tubería	82
4.2.3.5	Reporte de cálculos realizados por EPANET 2.2	85
	CONCLUSIONES	87
	RECOMENDACIONES	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Población según censos.....	7
Tabla 2 Población de Uyumbicho por sexo.....	7
Tabla 3 Población por edad y sexo.....	8
Tabla 4 Densidad Poblacional.....	10
Tabla 5 Establecimientos comerciales.	12
Tabla 6 Indicadores de Salud.	14
Tabla 7 Acceso a la Educación.....	15
Tabla 8 Tenencia de la Vivienda.....	17
Tabla 9 Servicio de agua	18
Tabla 10 Operación en la fase de conducción a gravedad.	28
Tabla 11 Operación en la fase de conducción a bombeo.	29
Tabla 12 Rangos de Valores.	38
Tabla 13 Consumo doméstico.	43
Tabla 14 Consumos mínimos comerciales.....	43
Tabla 15 Uso Industrial.....	44
Tabla 16 Consumo para producción de algunos tipos de industrias.	45
Tabla 17 Consumos en hoteles.....	45
Tabla 18 Consumo para fines públicos.	46
Tabla 19 Consumo para uso escolar.....	46
Tabla 20 Consumo institucional.....	47
Tabla 21 Caudales de diseño para un sistema de agua potable.	56
Tabla 22 Coeficiente de fricción. Fórmula de Hazen Williams.	60
Tabla 23 Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías.....	61

Tabla 24 Presiones máximas y mínimas en tuberías.....	62
Tabla 25 Presión máxima de trabajo en tubería de PVC.....	62
Tabla 26 Clases de tuberías en función de la presión.....	63
Tabla 27 Diámetros mínimos en tuberías.....	64
Tabla 28 Profundidad de recubrimiento.....	65
Tabla 29 Dotaciones recomendadas.....	70
Tabla 30 Censo de medidores y habitantes.....	74
Tabla 31 Cálculo de la población futura por el método aritmético.....	75
Tabla 32 Cálculo de la población futura por el método geométrico.....	75
Tabla 33 Cálculo de la población futura por el método exponencial.....	77
Tabla 34 Resumen de valores calculados.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Rotura de la tubería en la red de agua potable.	2
Figura 2 Ubicación de la parroquia Uyumbicho.	3
Figura 3 Mapa de Uyumbicho.	4
Figura 4 Límites de la zona Norte de la Junta Administradora de Agua Potable Uyumbicho.	5
Figura 5 Población por género.	9
Figura 6 Uso del suelo.	11
Figura 7 Nivel de formación.	16
Figura 8 Cobertura de agua para consumo	19
Figura 9 Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.	23
Figura 10 Implantación de pozo en un acuífero.	26
Figura 11 Cloración	31
Figura 12 Tanque de almacenamiento.	32
Figura 13 Línea de aducción.	33
Figura 14 Red abierta.	35
Figura 15 Red Cerrada.	36
Figura 16 Esquema de instalación de acometida de agua potable.	37
Figura 17 Distribución del consumo de agua por actividad.	41
Figura 18 Consumo de agua según la OMS.	42
Figura 19 Colocación de paneles.	50
Figura 20 Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.	51
Figura 21 Posiciones de cámara y estimadores de errores.	52
Figura 22 Nube de puntos.	53
Figura 23 Principio de producción de ortofotos digitales.	54
Figura 24 Modelo digital, ortofoto.	55

Figura 25 Ejemplo de recubrimiento de la tubería.	66
Figura 26 Distribución de áreas para la red de agua potable.	72
Figura 27 Censo poblacional y de medidores.	73
Figura 28 Grafica del crecimiento de la población de Uyumbicho.	76
Figura 29 Propiedades del Tanque de almacenamiento.	79
Figura 30 Propiedades del nodo.	80
Figura 31 Caudales de demanda base en los nodos.	81
Figura 32 Propiedades del tramo de tubería.	82
Figura 33 Chequeo de velocidades y presiones.	83
Figura 34 Catálogo de tuberías PVC a presión (E/C)	84
Figura 35 Cuadro resumen de presiones en nodos	85
Figura 36 Cuadro resumen de tramos de tubería.	86

RESUMEN

El proyecto por realizarse consta del diseño de la red de distribución de agua potable para los barrios Angamarca, Angamarca Alto, La Isla, El Guayo, El Calvario, San Blas, Central, Palo Cruzado, San Sebastián, de la parroquia de Uyumbicho, del cantón Mejía, el cual en su topografía consta de un área de 90.5 hectáreas con una población futura de 3350 habitantes, a los que se quiere dar un mejor servicio de agua potable que cumplan con estándares de calidad y cantidad.

La red del sistema de agua potable está diseñada con tuberías PVC con diámetros que varían entre los 50 mm a 110 mm de acuerdo a lo especificado en la normativa de la EMAAP-Q, la profundidad cumple con la normativa de máximo 1.50 metros, sus velocidades van desde los 0.30 metros sobre segundo hasta los 2 metros sobre segundo, sus presiones están dentro de los parámetros de requerimiento que van desde los 10 metros de columna de agua hasta un máximo de 50 metros de columna de agua.

El tanque de almacenamiento se eleva de su cota original 7 metros montaña arriba, para garantizar las presiones en los nodos más críticos.

Palabras clave: Pozo, red, caudal, tanque, presiones.

ABSTRACT

The project to be carried out consists of the design of the drinking water distribution network for the neighborhoods Angamarca, Angamarca Alto, La Isla, El Guayo, El Calvario, San Blas, Central, Palo Cruzado, San Sebastián, of the parish of Uyumbicho, of the Mejía canton, which in its topography consists of an area of 90.5 hectares with a future population of 3,350 inhabitants, to whom we want to provide a better drinking water service that meets quality and quantity standards.

The drinking water system network is designed with PVC pipes with diameters that vary between 50 mm to 110 mm according to what is specified in the EMAAP-Q regulations, the depth complies with the maximum regulations of 1.50 meters. Their speeds range from 0.30 meters per second to 2 meters per second, their pressures are within the requirement parameters that range from 10 meters of water column to a maximum of 50 meters of water column.

The storage tank is raised from its original height 7 meters up the mountain, to guarantee pressures in the most critical nodes.

Keywords: Well, red, flow, tank, pressures.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño de la red de distribución de agua potable para los barrios Angamarca, Angamarca Alto, La Isla, El Guayo, El Calvario, San Blas, Central, Palo Cruzado, San Sebastián, de la parroquia de Uyumbicho, del cantón Mejía, ubicado cerca de la población de Tambillo y Amaguaña en la región sierra del Ecuador, la parroquia de Uyumbicho en la zona norte consta de una población de 2388 habitantes.

La población de Uyumbicho es abastecida mediante un pozo ubicado en el barrio de Angamarca el cual, mediante una línea de impulsión, el agua se sube a un tanque de reserva para luego ser distribuido a toda la población por gravedad.

1.2 Problema de estudio

Las condiciones actuales de las tuberías de la red de agua potable de la Junta Administradora Uyumbicho, han generado fugas de agua en distintos tramos, lo que ha ocasionado malestar en la población. Según los moradores el sistema de agua potable presta el servicio hace más de 30 años, lo cual ha deteriorado el estado óptimo de la línea de conducción.

1.2.1 Antecedentes

Debido a las constantes rupturas en las tuberías de la red y por consecuencia la existencia de fugas en distintos tramos, la Junta Administradora de agua potable de Uyumbicho ha optado por la implementación de accesorios como válvulas aliviadoras de presión en la línea de conducción; por tal motivo surge la necesidad de presentar un nuevo diseño de red del

sistema de agua potable para resolver la problemática; por ende el proyecto va enfocado a una propuesta para mejorar las condiciones del servicio público de agua potable. Ver Figura 1.

Figura 1

Rotura de la tubería en la red de agua potable.



Nota. Reparación de un tramo de la red de agua potable por parte de trabajadores de la Junta de agua potable de Uyumbicho. Elaborado por: Los autores

De acuerdo a las observaciones realizadas en el sitio, se constató la funcionalidad de ciertas estructuras en el sistema de agua potable, tal es el caso del tanque de almacenamiento, la planta de tratamiento que consiste en un sistema de cloración, los cuales se pudo constatar que están en óptimas condiciones y no se requiere de un rediseño.

1.2.2 Importancia y alcance

Este trabajo de titulación está enfocado para solventar la problemática asociada a las constantes fugas en la red de agua potable, que ya ha cumplido con su periodo de diseño (37 años de uso); esto beneficia a la población de Uyumbicho, la cual está conformada por

aproximadamente 4600 habitantes. El agua es obtenida por medio de pozos profundos, los cuales cumplen con los parámetros tanto de cantidad y de calidad para satisfacer las necesidades básicas de la población.

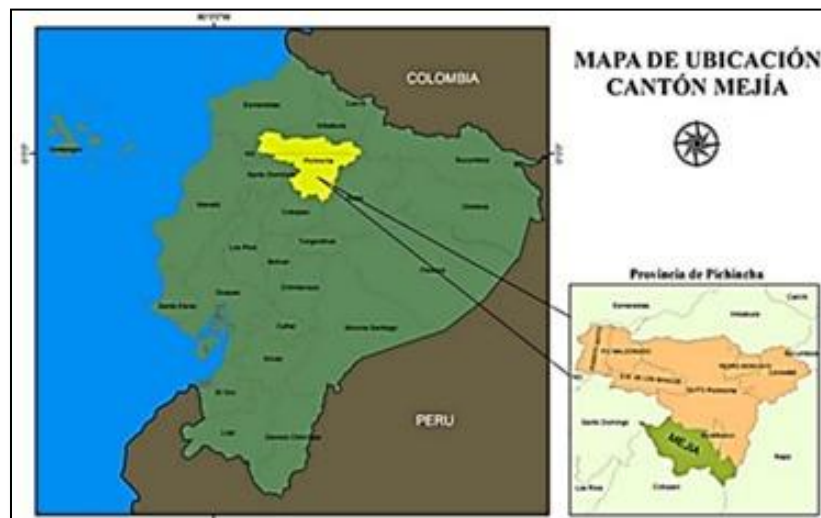
Los problemas de fugas reiterativas pueden ser ocasionado por la sobrepresión ejercida en la tubería de la red de agua potable, debido a la alteración brusca en el cambio de presión por el cierre o la apertura brusca de válvulas, la calidad de los materiales y accesorios, ya que estos podrían no cumplir con las especificaciones y requerimientos del sistema; esto ha afectado a los sectores económicos, tanto industriales, comerciales por lo que se intenta con esta propuesta mermar el malestar de la población.

1.2.3 Delimitación

El proyecto está considerado para ser aplicado en la zona norte de la parroquia de Uyumbicho, cantón Mejía, provincia de Pichincha como se muestra en la Figura 2 y en la Figura 3.

Figura 2

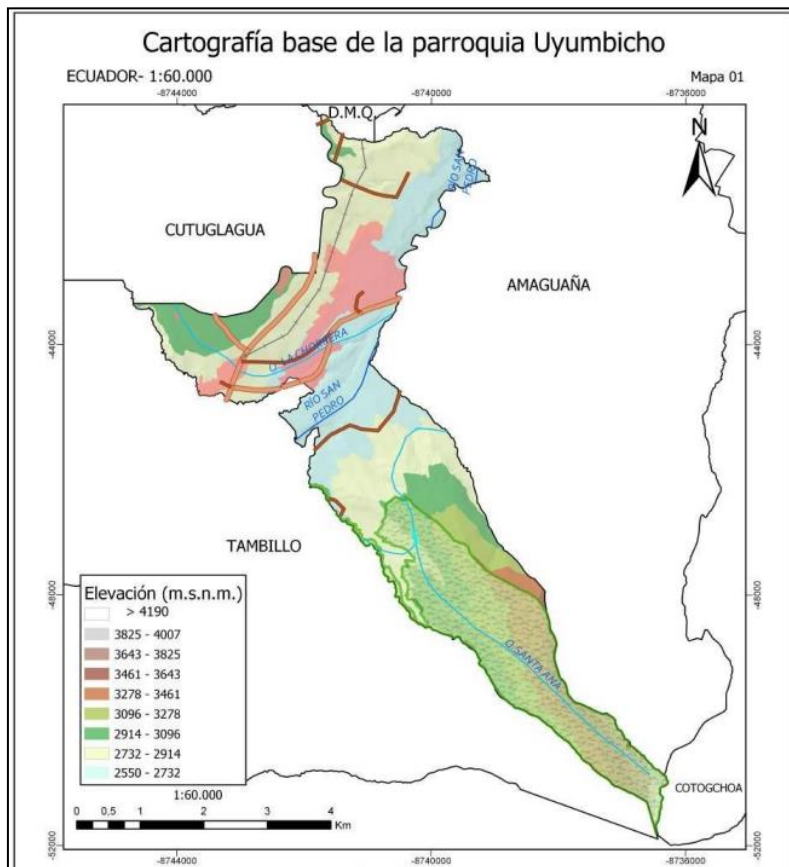
Ubicación de la parroquia Uyumbicho.



Nota: Mapa de Ubicación del cantón Mejía. Fuente: PDOT. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Uyumbicho, 2019.

Figura 3

Mapa de Uyumbicho.



Nota. Cartografía de la parroquia Uyumbicho. Fuente: PDOT. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Uyumbicho, 2019.

Los límites del proyecto, zona norte, están conformados de la siguiente manera:

Al norte: Distrito Metropolitano de Quito, específicamente por la línea divisoria de las propiedades del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Al sur: Barrio Central, calle Sincholagua.

Al Este: Parroquia Amaguaña, específicamente el río San Pedro.

Al Oeste: Barrio Angamarca, delimitado por la línea divisoria del tanque Angamarca.

Se ubica varios puntos para delimitar la zona que presta servicio el tanque de Angamarca, como se indica en la Figura 4.

Figura 4

Límites de la zona Norte de la Junta Administradora de Agua Potable Uyumbicho.



Nota. Las marcas amarillas denotan los límites de la zona norte. Elaborado por: Los autores a través de Google Earth Pro, 2020.

La zona de estudio se encuentra delimitado por los barrios Angamarca, Angamarca Alto, La Isla, El Guayo, El Calvario, San Blas, Central, Palo Cruzado, San Sebastián.

1.2.4 Características de la parroquia

Los asentamientos de la población que se identifican dentro de la parroquia de Uyumbicho se encuentran dispersos, en la parte noreste de la parroquia el barrio de Angamarca

Alto presenta dificultades ya que al estar alejado de la urbe central y estar en una cota alta presenta pendientes pronunciadas.

1.2.4.1 Aspectos físicos

La superficie de la parroquia de Uyumbicho es de 21,37 Km² ubicada a 23 Km de la capital y un kilómetro del margen izquierdo del río San Pedro, con una altitud que varía entre los 2000 a 3000 msnm.

Con respecto al clima de esta zona, al encontrarse por encima de los 2000 msnm, el promedio anual de precipitación fluvial varía entre 1000 y 2000 milímetros con una temperatura media anual de 12°C a 18° C.

1.2.5 Población

La parroquia de Uyumbicho se ha convertido en un lugar que llama a la población, por las características climatológicas, la calidad de vida de su gente, el acceso a servicios básicos especialmente en la zona urbana y el aumento del comercio dentro de sus calles principales especialmente las zonas centrales, pese a que no todos los barrios disponen de transporte en buses los servicios básicos abastecen a toda la población.

1.2.5.1 Población según los censos

Los datos históricos de la población de Uyumbicho recopilados en todos los censos nacionales se presentan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1*Población según censos.*

POBLACIÓN SEGÚN CENSOS							
	1950	1962	1974	1982	1990	2001	2010
UYUMBICHO	2118	2360	2620	3218	3217	3679	4607

Nota. Población de Uyumbicho en todos los censos nacionales. Fuente: Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010. Instituto de Estadísticas y Censos (INEC).

1.2.5.2 Población según su genero

Según los datos recopilados en el Censo de Población y Vivienda de 2010, la parroquia de Uyumbicho alberga una población total de 4607. En la Tabla 2 se puede apreciar que en la parroquia de Uyumbicho prevalecen las mujeres.

Tabla 2*Población de Uyumbicho por sexo.*

POBLACIÓN DE LA PARROQUIA DE UYUMBICHO		
Año 2010		
HOMBRE	MUJER	TOTAL
2259	2348	4607

Nota. Población de Uyumbicho por sexo. Fuente: Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010. Instituto de Estadísticas y Censos (INEC).

1.2.5.3 Población Según su Edad y Género

De acuerdo a los datos proporcionados en el censo de Población y Vivienda del año 2010 la parroquia de Uyumbicho tiene una población de 4607 habitantes distribuidos según su edad y genero de acuerdo a la siguiente información. (Tabla 3).

Tabla 3*Población por edad y sexo.*

Grupo de edad	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
Menor de 1 año	27	25	52
De 1 a 4 años	179	156	335
De 5 a 9 años	210	222	432
De 10 a 14 años	230	200	430
De 15 a 19 años	227	193	420
De 20 a 24 años	174	213	387
De 25 a 29 años	187	209	396
De 30 a 34 años	189	190	379
De 35 a 39 años	143	159	302
De 40 a 44 años	143	141	284
De 45 a 49 años	111	130	241
De 50 a 54 años	99	111	210
De 55 a 59 años	81	102	183
De 60 a 64 años	83	83	166
De 65 a 69 años	59	68	127
De 70 a 74 años	40	49	89
De 75 a 79 años	29	25	54
De 80 a 84 años	25	42	67
De 85 a 89 años	16	20	36
De 90 a 94 años	6	6	12

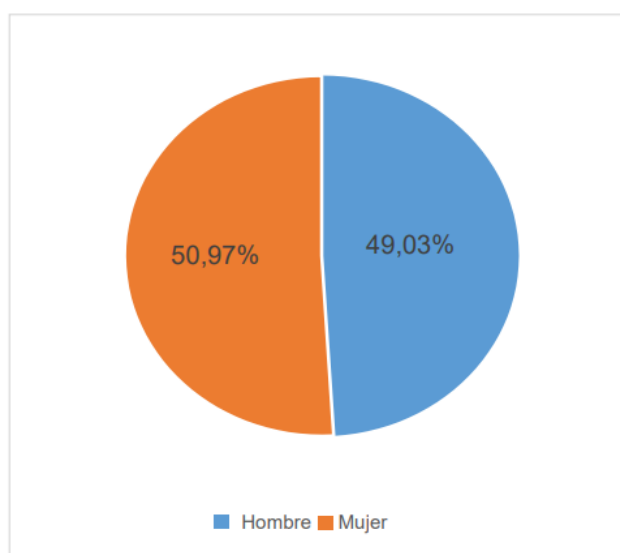
Grupo de edad	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
De 95 a 99 años	1	3	4
De 100 años o más		1	1
Total	2259	2348	4607

Nota. Población ordenada por intervalo de edades. Fuente: Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

De la Tabla 2 se puede representar en un diagrama de pastel con su porcentaje de acuerdo al último censo nacional. Ver Figura 5.

Figura 5

Población por género.



Nota. Corresponde a la totalidad de la población de Uyumbicho. Fuente: (PDOT de Uyumbicho,2023, p. 65)

1.2.5.4 Densidad poblacional

Con una extensión territorial de 21,37 km², la parroquia de Uyumbicho experimentó cambios significativos en su densidad poblacional durante la última década. En el año 2001, la densidad se registró en 172,19 habitantes por kilómetro cuadrado (Hab/Km²), mientras que en el año 2010 este indicador aumentó a 219,51 Hab/Km². Estos datos reflejan dinámicas demográficas que pueden proporcionar datos sobre el crecimiento y desarrollo de la comunidad durante ese período de tiempo. En la Tabla 4 nos indica la densidad poblacional por años de censo, así como su superficie.

Tabla 4

Densidad poblacional.

	SUP.	D. POBL.	Año						
	Km²		1950	1962	1974	1982	1990	2001	2010
Pichincha	9796,02	2.576.287	38,99	56,52	90,35	127,02	154,85	214,56	262,99
Uyumbicho	21,37	4.607	99,11	110,44	122,60	150,58	150,54	172,19	219,51

Nota. Registro de las densidades poblacionales en todos los censos nacionales. Fuente: Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

1.2.6 Uso y ocupación del suelo

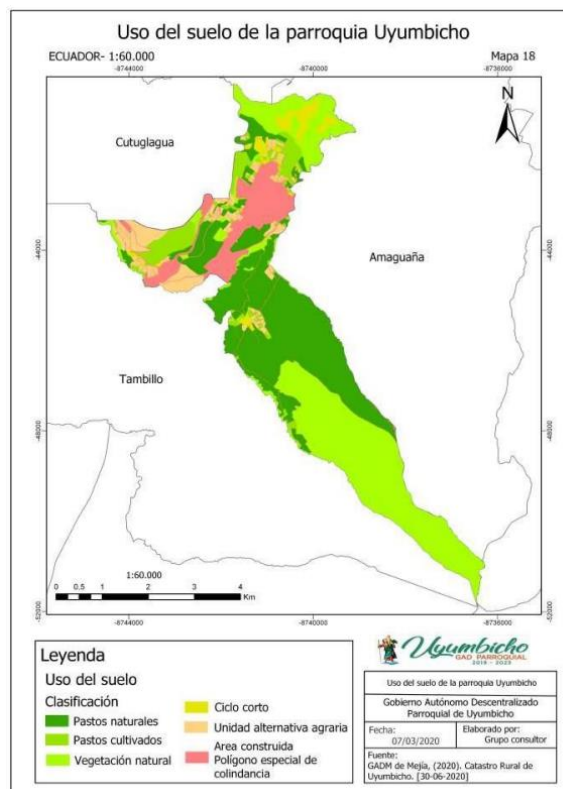
En la parroquia de Uyumbicho, se han identificado cinco niveles conforme a la clasificación de capacidad de uso del suelo realizada por el Ministerio de Ganadería y Agricultura en 2019. De estos niveles, el nivel VIII abarca una extensión de 12.07 km², representando el 57.23% del territorio parroquial. Este nivel se distingue por contener áreas

destinadas a mantenerse como páramo, con vegetación arbustiva o arbórea. Según el mapa, estas zonas se distribuyen en las partes norte y sur de la parroquia.

En la parte sur, específicamente dentro del área del Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, el nivel VIII cobra relevancia. Su importancia radica en la conservación de la vida silvestre y la generación de fuentes de agua. Es fundamental para preservar el ecosistema, ya que sus pendientes, aunque presentan limitaciones para actividades agrícolas o pecuarias, desempeñan un papel crucial en la sostenibilidad ambiental de la región. El uso de suelo en la parroquia de Uyumbicho está representado por una escala de colores así también sus delimitaciones. (Ver Figura 6).

Figura 6

Uso del suelo.



Nota. Mapa con sus áreas y sus diferentes usos de suelos. Fuente: PDOT. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Uyumbicho, 2023, p.56

1.2.7 Actividades comerciales

Las actividades económicas y comerciales de la parroquia de Uyumbicho está centrada en locales comerciales, restaurantes, bodegas, actividad industrial, hotelera etc. La actividad que prima en la zona norte de la parroquia es la ganadera y agrícola sobre todo en el barrio de Angamarca Alto, como indica la Tabla 5.

Tabla 5

Establecimientos comerciales.

Establecimiento	Número	Ubicación
Locales comerciales	46	Toda la parroquia.
Tiendas de abarrotes	24	Toda la parroquia.
Restaurantes	13	San Cristóbal, Palo Cruzado, El Tejar, Villa Lola, Angamarca, Barrio Central, San Blas, Angamarca.
Papelerías	7	San Sebastián, San Cristóbal, Guayo, Central, Palo Cruzado.
Bares/ Licorerías	4	Central, Palo Cruzado, San Cristóbal.
Moteles	3	San Cristóbal, Jalupana.
Farmacias	2	San Sebastián, Central
Mini Market	1	Central.
Total	100	

Nota. Los establecimientos comerciales son de toda la parroquia de Uyumbicho, no se especifica solo de la zona norte. Fuente: (PDOT de Uyumbicho,2023, p. 48)

1.2.8 Salud

Uyumbicho alberga un Subcentro de Salud de tipo A, estratégicamente ubicado en la zona central de la cabecera parroquial, específicamente en las calles SARAHURCO 1309 Y OCTAVIO ROCHA, pertenecientes al barrio San Blas. Este centro de salud brinda una gama completa de servicios, abarcando desde la prevención, promoción y recuperación de la salud, hasta cuidados paliativos, atención médica, odontológica y enfermería. Además, se llevan a cabo actividades de participación comunitaria, consolidando así su compromiso integral con el bienestar de la población local.

Conforme al Ministerio de Salud Pública, el Subcentro de Salud de Uyumbicho se clasifica como el primer nivel de atención, el cual se posiciona como el más próximo a la población. Su función principal radica en facilitar y coordinar el flujo de pacientes dentro del sistema de salud, garantizando una referencia y contrarreferencia eficaz, y asegurando la continuidad y longitudinalidad en la atención médica. Este nivel promueve acciones de Salud Pública de acuerdo con las normativas emitidas por la autoridad sanitaria nacional. Se caracteriza por ser ambulatorio y resolver problemas de salud de corta estancia, siendo la puerta de entrada obligatoria al Sistema Nacional de Salud (MSP, 2013).

Adicionalmente, se establece que este centro de salud atiende a una población estimada entre 2.000 y 10.000 habitantes. Según las proyecciones demográficas para Uyumbicho, no se justifica la necesidad de un centro de salud de categoría superior (B), destinado a poblaciones de 10.000 a 50.000 habitantes, dado que este rango resulta difícil de alcanzar para la parroquia en los próximos años, considerando su tasa de crecimiento.

En situaciones de emergencias más complejas, la población tiene la opción de ser trasladada a los hospitales de Machachi o Sangolquí, o, en caso necesario, a hospitales de

especialidad en la ciudad de Quito. Se detalla el tipo de indicador (Ver Tabla 6), el porcentaje al cual hace referencia y el número de casos que abarca.

Tabla 6

Indicadores de salud.

INDICADORES DE SALUD		
INDICADORES	PORCENTAJE	NÚMERO
Cobertura de servicio de salud.	59.30	2182
Personal de salud por cada 10000 habitantes año 2010.	29.80	2980
Personal equivalente de salud en el sector público por cada 10000 habitantes.	19.90	1990
Personal equivalente de salud en el sector privado por cada 10000 habitantes.	9.90	990
Tasa de mortalidad infantil.	45.94	
Desnutrición crónica de niños menores de 5 años.	50.94	521
Desnutrición global de niños menores de 5 años.	34.91	360

Nota. Algunos indicadores que atenúan a la población de Uyumbicho. Fuente: PDOT.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Uyumbicho, 2023, p 66.

1.2.9 Educación

La asistencia escolar en educación básica y bachillerato (que abarca inicial, primaria y secundaria) se clasifica como alto, según se refleja en la Tabla 7. Tanto en hombres como mujeres, el porcentaje de asistencia es significativamente elevado. Sin embargo, se observa un descenso del 44,06% en la asistencia a la educación superior en comparación con la educación secundaria.

Tabla 7

Acceso a la educación.

NIVEL	RANGO DE EDAD	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
		(% Asistencia)	(% Asistencia)	(% Asistencia)
Inicial	De 3 a 5 años	100	97.5	98.81
Primaria	De 6 a 12 años	97.67	98.72	98.2
Secundaria	De 12 a 18 años	86.43	90.32	88.12
Superior	De 19 a 25 años	42.17	45.6	44.06

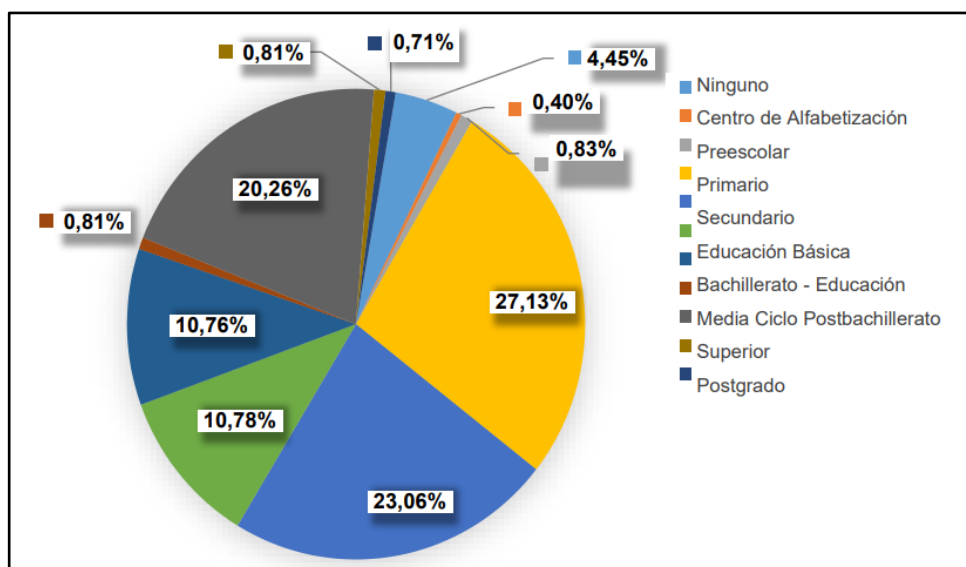
Nota. Población por rango de edades y sexo que han tenido acceso a la educación. Fuente: Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010 - Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

1.2.9.1 Nivel de formación

De acuerdo con el Nivel de formación de los habitantes de la parroquia de Uyumbicho, según se evidencia en la Figura 7, se destaca que un 23,06% de la población ha completado el nivel secundario. Asimismo, un 21,88% de los habitantes han realizado estudios posteriores al bachillerato. Es relevante señalar que el 4,45% de la población no ha recibido ningún tipo de instrucción formal.

Figura 7

Nivel de formación.



Nota. Grafica tipo pastel donde nos indica el porcentaje de instrucción de la población de Uyumbicho. Fuente: PDOT. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Uyumbicho 2023, p. 26.

1.2.10 Vivienda

Basándome en la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el último censo de población y vivienda 2010, se revela la siguiente distribución de tipos de vivienda entre los habitantes de la parroquia Uyumbicho (Ver Tabla 8).

Tabla 8*Tenencia de la vivienda.*

Tenencia o propiedad de la vivienda	N de casos
Propia y totalmente pagada	633
Propia y la está pagando	53
Propia (regalada, donada, heredada o por posesión)	109
Prestada o cedida (no pagada)	155
Por servicios	33
Arrendada	255
Anticresis	1
TOTAL	1239

Nota. Valores para toda la parroquia de Uyumbicho. Fuente: Censo de Población y Vivienda (CPV), 2010- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

1.2.11 Cobertura de agua potable

La cobertura de agua potable en la población rural es limitada como nos indica la Tabla 9, por tal motivo diferentes juntas de agua prestan sus servicios a las zonas altas de la parroquia de Uyumbicho. La cobertura de agua potable a pesar de sus limitantes, la Junta administradora de agua potable abarca gran parte del área total de la parroquia.

Tabla 9*Servicio de agua*

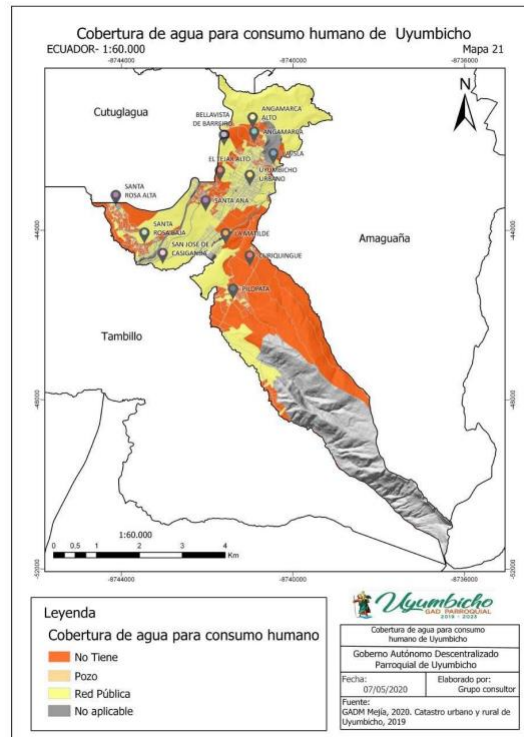
Procedencia del agua	Casos	Porcentaje (%)
No tiene	725	75.13
De red publica	233	24.15
Otro (agua lluvia)	4	0.41
Pozo	3	0.31
Total	965	100

Nota. Los valores de pozo son aquellos que no tienen servicio de agua por medio de la red (pozos perforados). Fuente: (PDOT de Uyumbicho, 2023, p. 90)

La cartografía que se presenta (Ver Figura 8) nos da a entender que hay gran parte de la población que no dispone del recurso básico pero que no hace referencia al área de estudio.

Figura 8

Cobertura de agua para consumo



Nota. Aplica para toda la parroquia de Uyumbicho, ver los barrios que corresponden a la zona norte. Fuente: (PDOT de Uyumbicho,2023, p. 93)

1.3 Justificación

Este proyecto de titulación busca mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable para la población de Uyumbicho, cuyos beneficiarios directos son los moradores de los barrios Angamarca, Angamarca Alto, La Isla, El Guayo, El Calvario, San Blas, Central, Palo Cruzado, San Sebastián.

Al no ser un trabajo de investigación sino un servicio a la comunidad, el proyecto se va a realizar por pedido de los representantes de la Junta Administradora de Agua Potable Uyumbicho (JAAPU).

El proyecto prevé la implementación de un pozo profundo en la zona norte, desde el cual se extraerá agua utilizando bombas sumergibles. Esta agua será dirigida a un tanque de almacenamiento situado en una cota superior, con una capacidad de 100 m³ y un caudal de suministro de 9 L/s. Dado que el agua ya satisface los estándares de calidad en términos físicos, químicos y bacteriológicos, sólo se someterá a desinfección con cloro, eliminando la necesidad de una planta de tratamiento adicional. Finalmente, el agua será distribuida a los barrios de la zona norte de la parroquia de Uyumbicho mediante un sistema a gravedad.

El tiempo de ejecución de este trabajo está considerado para un periodo aproximado de 4 meses.

1.4 Objetivos

El trabajo que va a ser presentado, beneficia directamente a los pobladores de Uyumbicho específicamente a los barrios de la zona norte que son los barrios de Angamarca, Angamarca Alto, La Isla, El Guayo, El Calvario, San Blas, Central, Palo Cruzado, San Sebastián, generando un impacto positivo, tanto en la industria, el comercio y en la educación, ya que este último grupo ha sido el más afectado, debido a los constantes cortes del agua potable.

1.4.1 Objetivo general

Diseñar el sistema de la red de distribución de agua potable para los barrios Angamarca, Angamarca Alto, La Isla, el Guayo, El Calvario, San Blas, Central, Obrero, San Sebastián, mediante el diseño de la red de distribución de agua potable a nivel de prefactibilidad para satisfacer las necesidades de la población de Uyumbicho.

1.4.2 Objetivos específicos

Realizar el censo de medidores existentes en el proyecto y el levantamiento topográfico de la zona asignada, mediante orto fotogrametría.

Diseñar la red de distribución de agua potable aplicando las normativas de la EMAAP-Q, la Norma hidrosanitaria NHE Agua y la NEC-11 para cumplir con los parámetros de calidad y cantidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema de agua potable

La finalidad primordial de un sistema de abastecimiento de agua potable es la de entregar a los habitantes de una ciudad, pueblo o localidad, el agua en calidad y cantidad apropiada para satisfacer las necesidades; como es de conocimiento general los seres humanos estamos compuestos de un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia. (TERÁN JOSE, 2018)

El sistema de agua potable es el conjunto de obras civiles hidráulicas de captación, tratamiento, almacenamiento, potabilización, conducción, regulación, distribución y el suministro domiciliario. (Reyes Coralia, 2019)

2.2 Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Los sistemas de agua potable están compuestos por los siguientes elementos principales:

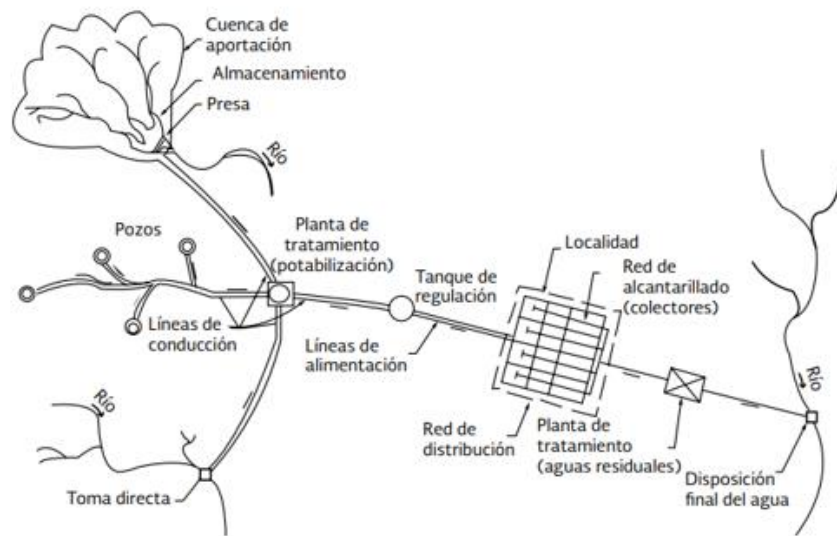
- Fuente de abastecimiento.
- Captación.
- Conducción.
- Planta de tratamiento de agua potable.
- Tanque de almacenamiento.
- Líneas de aducción e impulsión.
- Red de distribución.

- Acometidas domiciliarias.

Los diferentes componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable están ubicados de acuerdo a la siguiente esquematización. (Ver Figura 9).

Figura 9

Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.



Nota. Implantación de las estructuras del sistema de agua potable. Fuente: Comisión Nacional de Agua, 2014.

2.2.1 Fuentes de abastecimiento

Las fuentes de agua son una parte fundamental cuando se va a realizar el diseño de un sistema de suministro de agua potable, ya que deben brindar la cantidad de agua suficiente para el proyecto, sin que exista el peligro de reducción ya sea por sequías o por cualquier causa adversa. Existen fuentes superficiales como ríos, arroyos, lagos, etc., y fuentes subterráneas como manantiales, pozos, etc.

Dependiendo del tipo de fuente y de la calidad del agua de la misma, se puede o no aprovechar este recurso para el consumo humano o para otras labores como riego, agricultura, etc., y según esto se puede determinar la estructura de las obras de captación, conducción y almacenamiento del sistema de agua potable (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2009)

2.2.1.1 Aguas superficiales

Este tipo de agua es vital para diversos usos, como abastecimiento de agua potable, riego agrícola, generación de energía hidroeléctrica, recreación y conservación del ecosistema acuático. Además, las aguas superficiales desempeñan un papel esencial en el ciclo hidrológico, contribuyendo al transporte de nutrientes y sedimentos a lo largo de los paisajes terrestres. La gestión sostenible de las aguas superficiales es crucial para mantener el equilibrio de los ecosistemas acuáticos y satisfacer las necesidades humanas de manera responsable.

2.2.1.2 Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son de vital importancia, proporcionan una fuente sostenible de agua para diversos usos, como abastecimiento de agua potable, riego agrícola e incluso en algunos casos para la industria. La extracción de aguas subterráneas se realiza a través de pozos y bombas.

La gestión adecuada de las aguas subterráneas es crucial para evitar la sobreexplotación y el agotamiento de estos recursos. La recarga de los acuíferos, el monitoreo de la calidad del agua y la implementación de prácticas sostenibles son aspectos clave para garantizar la disponibilidad a largo plazo de estas importantes fuentes de agua subterránea.

2.2.1.2.1 Características cualitativas y cuantitativas

Estas características son fundamentales para comprender la calidad y la cantidad del recurso hídrico subterráneo. Aquí se describen algunas de las principales características.

Entre las características cuantitativas están el caudal, el nivel freático, la recarga y descarga, y la capacidad de almacenamiento de las aguas subterráneas.

Entre las características cualitativas están la composición química, el pH, la temperatura, y la presencia de contaminantes.

2.2.1.2.2 Ventajas y desventajas de las aguas subterráneas

Existen múltiples ventajas para el uso de aguas subterráneas entre las que se puede citar, es una fuente sostenible puesto que se recargan naturalmente; la calidad del agua es más estable y menos propensa a contaminación con respecto a las aguas superficiales por estar entre capas geológicas; es resiliente ante las sequías, pueden actuar como reservorios porque son menos susceptibles a la evaporación; es menos vulnerable a las condiciones climáticas al no estar expuestas a las fluctuaciones climáticas extremas y las variaciones estacionales.

Entre las desventajas se puede decir que existe un agotamiento por sobre explotación, esto puede agotar los acuíferos disminuyendo el nivel freático y la recarga de acuíferos suele ser un proceso lento, y la recuperación de niveles de agua puede llevar años o décadas después de la extracción excesiva. En áreas costeras la sobreexplotación de aguas subterráneas puede provocar la intrusión de agua salina desde el mar, contaminando el acuífero dulce.

Aunque generalmente menos vulnerable que las fuentes superficiales, las aguas subterráneas pueden estar expuestas a la contaminación por vertidos químicos o residuos.

2.2.2 Captación

Una captación es una estructura o un conjunto de estructuras diseñadas para captar o extraer el agua de una fuente natural; esta abarca obras de diferentes medios que deben realizarse para ser recogidas. Una captación de agua son obras civiles que se encargan de recoger y disponer adecuadamente el agua de una fuente de abastecimiento ya sea superficial o subterránea.

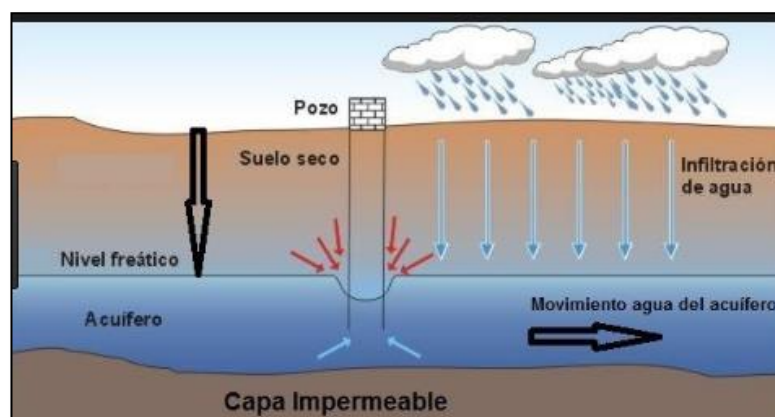
Esta estructura permite transportar el caudal requerido, desde la fuente de abastecimiento hacia el sistema de agua potable. La localización y disposición de la misma depende de las características de la fuente de abastecimiento.

2.2.2.1 Captación de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas constituyen parte del ciclo hidrológico ya que por percolación se mantienen en movimiento a través de los diferentes estratos geológicos y estos son capaces de contenerlas y de permitir su circulación como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Implantación de pozo en un acuífero.



Nota. Vista frontal del corte de los estratos. Fuente: Belén Ruiz (2018)

2.2.2.2 Tipos de pozo

Un pozo es una obra de captación vertical que sirve para aprovechar y captar el agua freática contenida en las fisuras de una roca del subsuelo, lo que se denomina un acuífero.

Los pozos presentan diversidad de características en cuanto a la profundidad, volúmenes, diámetros y los tipos de revestimiento.

2.2.2.2.1 Pozo perforado

Este tipo de pozo es considerado uno de los más profundos, se extienden hasta profundidades de 30 m a 120 m; estos pozos se los realiza utilizando maquinaria especializada que perfora el suelo hasta llegar al acuífero deseado.

2.2.3 Conducción

Es el sistema que permite transportar el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento, cuyas características deben establecerse en función de los criterios existentes en las normas EMAAP-Q, Norma Hidrosanitaria NHE Agua, NEC11, pudiendo ser diseñada para trabajar a gravedad o mediante un sistema de bombeo.

2.2.3.1 Conducción a gravedad

Es aquella en que el conjunto de tuberías y accesorios aprovechan la pendiente natural del terreno para transportar el agua desde una estructura de captación hacia la planta de tratamiento y esta a su vez a un tanque de almacenamiento, sin la necesidad de bombas, aprovechando así la fuerza de gravedad para facilitar el flujo.

Este tipo de conducción no se requiere energía adicional por tal motivo los costos operativos generalmente son más bajos en comparación con los sistemas que utilizan bombas.

Se tiene que realizar actividades de supervisión frecuentes para evitar inconvenientes y garantizar la operatividad del sistema. El operador ejecutará las siguientes actividades como se indica en la Tabla 10.

Tabla 10

Operación en la fase de conducción a gravedad.

Actividades	Frecuencia
Realiza inspecciones visuales para detectar posibles daños que puedan afectar el abastecimiento de agua cruda por la línea de conducción como deslizamientos, obstrucciones, roturas, fugas o conexiones ilícitas.	Diaria
Verificar el funcionamiento de válvulas en la línea de conducción (aireación y desagüe).	Semanal

Nota. Estas actividades las realiza el técnico. Fuente: Guía de Agua segura. MSP 2019.

2.2.3.2 Conducción a bombeo

La conducción a bombeo, también denominada como línea de impulsión, desempeña un papel fundamental al transportar el agua desde un pozo de captación hasta la planta de tratamiento o un tanque de reserva.

El consumo de energía para el bombeo del agua puede ser significativa, por tal motivo afecta a los costos operativos y de mantenimiento. Las actividades operativas y la frecuencia que se lo realiza se describen en la Tabla 11.

Tabla 11

Operación en la fase de conducción a bombeo.

Actividades	Frecuencia
Realizar inspección visual para verificar si existen roturas, fugas o conexiones ilícitas	Diaria
Verificar la operatividad de todos los componentes del sistema de bombeo	Diaria
Verificar el funcionamiento de válvulas reguladoras de presión.	Semanal

Nota. Es una actividad que lo realiza el técnico. Fuente: Guía de Agua segura. MSP 2019.

2.2.4 Planta de tratamiento

Una planta de tratamiento es un conjunto de estructuras y/o dispositivos destinados a mejorar la calidad del agua con el objetivo de eliminar contaminantes, es decir, potabilizarla a través de diferentes procesos físicos o químicos para que estas sean aptas para el consumo humano, industrial o agrícola.

Las operaciones unitarias que se emplean para potabilizar el agua dependen de su calidad tanto física, química y microbiológica. Estas varían desde la desinfección, filtración hasta un tratamiento que incluye coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

2.2.4.1 Coagulación

Es el proceso donde se añaden coagulantes como el sulfato de aluminio o policloruro de aluminio para desestabilizar eléctricamente las partículas que se presentan en el agua, este proceso dura milésimas de segundo.

2.2.4.2 Floculación

Las partículas desestabilizadas en el proceso de coagulación se aglutinan para formar flóculos, estos a su vez captan las partículas causantes del color, turbiedad y a los microorganismos en el agua.

2.2.4.3 Sedimentación

Es donde los flóculos se precipitan por efecto de la gravedad, dejando el agua libre de partículas sólidas que se formaron el proceso anterior.

2.2.4.4 Filtración

En esta etapa se utiliza estructuras con capas de grava, arena y antracita para retener toda impureza residual y eliminar las partículas finas que pueden quedar en el agua después del proceso de sedimentación.

2.2.4.5 Desinfección

Tiene como objetivo eliminar microorganismos patógenos presentes en el agua, el cloro es el desinfectante que más se utiliza y puede presentarse en forma sólida como hipoclorito de calcio o en forma líquida en soluciones de hipoclorito de sodio y calcio.

Esta operación es la última etapa antes de su distribución en la cual se garantiza la seguridad microbiológica del agua potable.

La junta dispone solo de un sistema de desinfección con hipoclorito de calcio, por medio de bandejas, antes de ser llevado al tanque de almacenamiento de Angamarca para su posterior distribución. (Ver Figura 11).

Los ensayos de laboratorio realizados por la junta administradora de agua potable de Uyumbicho (JAAPU) para ver la calidad del agua se adjuntan en el Anexo 4.

Figura 11

Cloración



Nota. La desinfección se lo realiza de acuerdo a la dosificación establecida por el laboratorio.

Elaborado por: Los autores

2.2.5 Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento es un depósito para almacenar el agua con el propósito de compensar variaciones de consumo, atender situaciones de emergencia como incendios, atender interrupciones del servicio por daños en el sistema de agua potable. Ver Figura 12.

Figura 12

Tanque de almacenamiento.



Nota. El tanque de Angamarca tiene una capacidad de 100 m³. Elaborado por: Los autores.

2.2.6 Líneas de aducción e impulsión

Las líneas de aducción e impulsión son tuberías o canales usados para transportar los caudales desde la obra de captación hasta el tanque de almacenamiento o la planta de tratamiento (Ver *Figura 13*) que consta de una serie de dispositivos necesarios para su funcionamiento, tales como válvulas reguladoras de presión, válvulas de desagüe, ventosas, etc.

Figura 13

Línea de aducción.



Nota. Línea que lleva el agua del pozo hasta el tanque de almacenamiento. Elaborado por: Los autores.

2.2.7 Línea matriz

Es el tramo de tubería designado para transportar el agua desde el tanque de almacenamiento hasta la red de distribución. Este componente es de vital importancia para garantizar que el agua tratada llegue de manera eficiente y segura a los diferentes puntos para su consumo en la comunidad. Su diseño y mantenimiento adecuados son fundamentales para preservar la calidad del agua durante su distribución, asegurando que se cumplan los estándares que se requieren para el consumo humano.

La eficiencia de este tramo de tubería no solo está influenciada por la disponibilidad del recurso, sino también por la capacidad del sistema para adaptarse a las diferentes fluctuaciones en la demanda, y garantizar un suministro constante y fiable.

2.2.8 Red de distribución.

La red de distribución es el conjunto de tuberías y accesorios destinados a conducir el agua potable desde la planta de tratamiento hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos. El propósito fundamental radica en proveer agua potable a los usuarios con fines diversos, abarcando desde el consumo doméstico y público hasta comerciales e industriales.

La red de distribución debe estar diseñada para hacer frente a situaciones extraordinarias, como sofocar incendios, contribuyendo de tal manera a la seguridad y bienestar de la comunidad.

2.2.8.1 Redes abiertas

También llamadas redes ramificadas; este tipo de redes están adaptadas para poblaciones pequeñas cercanas a vías principales, también se puede tener este tipo de redes en casos donde la topografía no nos permite la formación de circuitos cerrados.

Para calcular el caudal medio de cada tramo ya conocida la zonificación y la dotación de acuerdo a la norma se las puede calcular por dos alternativas.

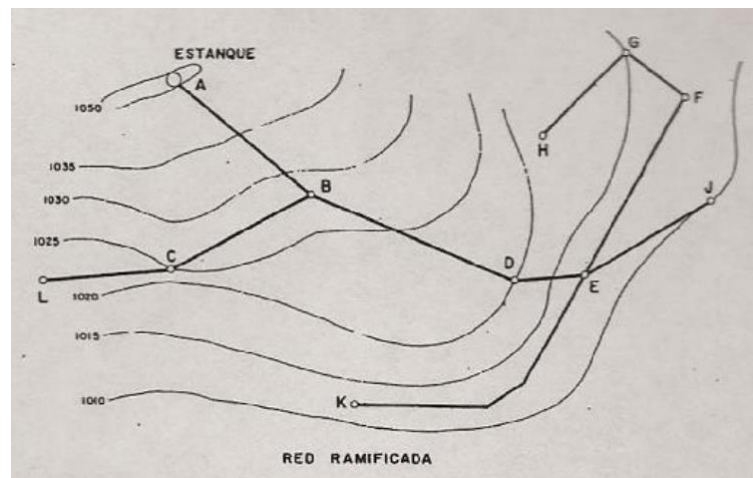
La primera opción es por medio de una distribución lineal donde las poblaciones son pequeñas y en este caso es preferible hacer un censo.

La segunda opción es por asignación por cada vivienda, en este caso es preferible para poblaciones dispersas.

Como se muestra en la Figura 14 se presenta una red abierta ambientada a las condiciones topográficas del terreno.

Figura 14

Red abierta.



Nota. Ejemplo de una red abierta dado una topografía. Fuente: Simón Arocha (1979)

2.2.8.2 Redes cerradas

También llamadas redes malladas; este tipo de redes responden a una configuración urbanística consolidada que permite una forma geométrica reticular del conjunto de tuberías, es decir donde forma mallas o circuitos cerrados.

Este tipo de red es más conveniente desde el punto de vista hidráulico ya que se logra un equilibrio de caudales y un equilibrio de energía, permitiendo un servicio más eficiente y continuo.

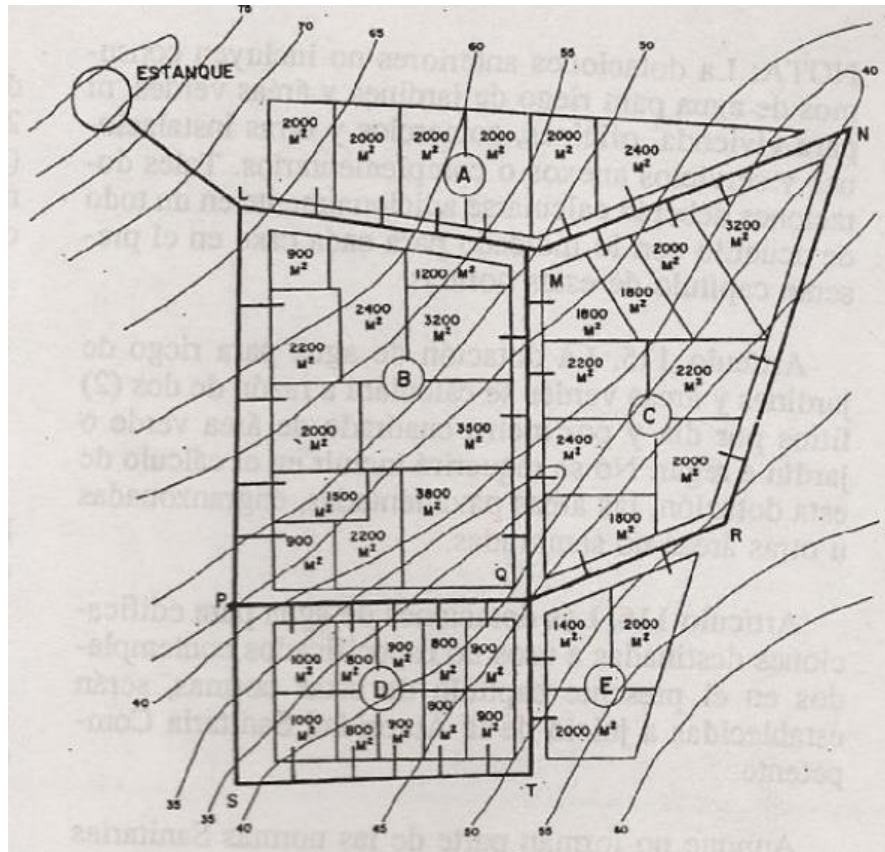
En el dimensionado de una red cerrada se trata de encontrar los caudales de circulación de cada tramo, para lo cual se estiman los caudales en los nudos.

Los nudos son los puntos donde las tuberías se conectan o intersecan; también se pueden conectar elementos como válvulas, hidrantes o conexiones domiciliarias.

Cuando se presentan las condiciones topográficas se puede realizar una red cerrada como es el caso de la Figura 15.

Figura 15

Red Cerrada.



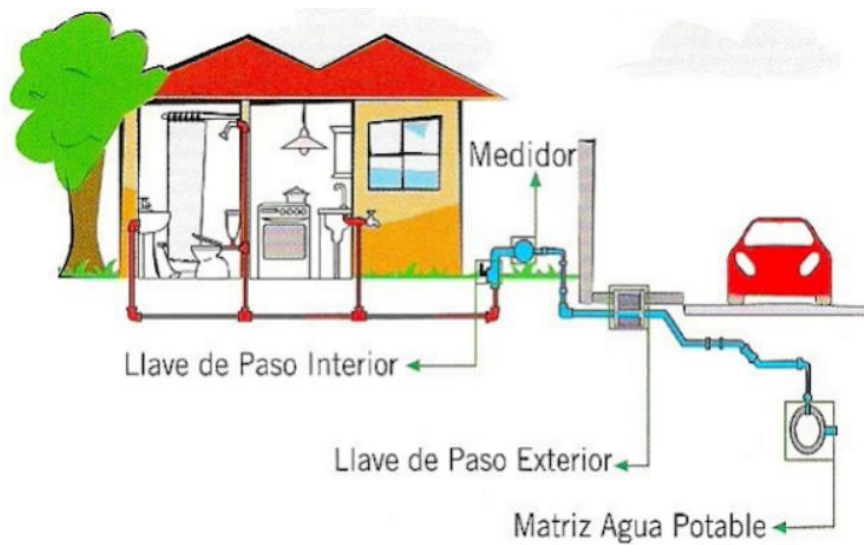
Nota. Ejemplo de una red cerrada en un condominio. Fuente: Simón Arocha (1979)

2.2.9 Acometidas domiciliarias

Las acometidas domiciliarias son los tramos de tuberías que conducen el caudal desde la red de distribución hasta el interior de la vivienda. En este tramo de tubería se colocan los contadores o medidores que son destinados a medir la cantidad de agua que utiliza cada usuario (Ver Figura 16).

Figura 16

Esquema de instalación de acometida de agua potable.



Nota. La instalación de la acometida llega solo hasta el medidor. Fuente: María Martínez (2013)

2.3 Bases de diseño

2.3.1 Período de diseño

El período de diseño se refiere al tiempo durante el cual mi sistema va a ser cien por ciento de eficiente y seguro, ya sea por la capacidad en la conducción del gasto deseado o por la resistencia física de las instalaciones.

Para nuestro caso que se quiere rediseñar una red de agua potable, según la Normativa de la EMAAP-Q (2008), dice que “El período de diseño de las redes de distribución de agua potable es función del tamaño de la zona que se va a diseñar, y se puede establecer así: Redes matrices, 30 años, ya que cubren grandes zonas de servicio y deben ser suficientes para un horizonte de diseño similar a la de los componentes de tratamiento de agua y suministro de agua cruda.” (p. 82).

En este caso es para el diseño de una red de distribución de agua potable se toma un periodo de diseño de 30 años, y se lo obtiene de la Tabla 12.

Tabla 12

Rangos de Valores.

DESCRIPCIÓN	PERÍODO DE DISEÑO
FUENTES	
SUPERFICIALES	
Sin regulación	20 - 30 años
Con regulación	20 - 30 años
FUENTES	
SUBTERRANEAS	
OBRAS DE CAPTACIÓN	21 - 30 años
Diques - tomas	22 - 40 años
Diques - Represas	15 - 25 años
Diques - Represas	30 - 50 años
ESTACIONES DE	
BOMBEO	
A bombas y motores	
durabilidad corta,	10 - 15 años
mantenimiento deficiente	
Las instalaciones y edificios	
(ampliaciones futuras)	20 - 25 años
LINEAS DE ADUCCIÓN	20 - 40 años

DESCRIPCIÓN	PERÍODO DE DISEÑO
PLANTAS DE TRATAMIENTO	10 - 15 años
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
De concreto	30 - 40 años
Metálicos	20 - 30 años
REDES DE DISTRIBUCION	30 - 40 años

Nota. Valores en años para diferentes estructuras. Fuente: RAS (2000)

2.3.2 Población de diseño

La población de diseño en el contexto del suministro de agua potable se refiere a la estimación de la cantidad de personas para las cuales se planifica y diseña una infraestructura de agua potable. Esta estimación es crucial para garantizar que la red de agua tenga la capacidad adecuada para satisfacer la demanda de la población atendida durante un determinado período de diseño.

2.3.2.1 Población actual

La población actual se refiere al número total de personas que residen en una determinada área o zona en un momento específico en el tiempo. Esta cifra representa la cantidad de individuos que conforman una comunidad, ciudad, región, país, u otro tipo de área demarcada, esto se determina mediante censos de población. La población se determinó por medio de un censo de medidores y habitantes para cada barrio. Ver Tabla 30.

2.3.2.2 Población futura

Se refiere a la estimación o proyección de la cantidad de personas que se espera que habite en una determinada área en algún momento futuro. Esta estimación se basa en diversos factores demográficos, económicos, sociales y políticos, y suele realizarse mediante modelos y análisis de tendencia poblacional.

2.3.2.3 Tendencia poblacional y tasa de crecimiento

Se determina mediante un estudio demográfico de la zona de influencia, profundizando en aspectos como la natalidad, mortalidad, emigración, inmigración, etc. Si no se tiene información disponible de la zona se realizará una correlación geográfica con un área demográfica de la cual se disponga datos y sea semejante a la zona del proyecto.

2.3.2.3.1 Tendencia poblacional.

Es el cambio de la dirección en el número total de personas que habitan en un país, ciudad, distrito o zona.

2.3.2.3.2 Taza de Crecimiento

Es un indicador que permite medir el aumento (crecimiento) o disminución (decrecimiento) de la población de un territorio para un periodo determinado, el cual indica los cambios que experimenta la población a causa de la migración, mortalidad y fecundidad.

2.3.3 Índice de crecimiento poblacional

El índice de crecimiento poblacional es un indicador demográfico que mide la variación porcentual en la población de una determinada área geográfica en un periodo específico. Este índice proporciona información sobre la dinámica demográfica y la dirección del cambio en la población durante ese tiempo.

2.3.4 Factores que afectan al consumo

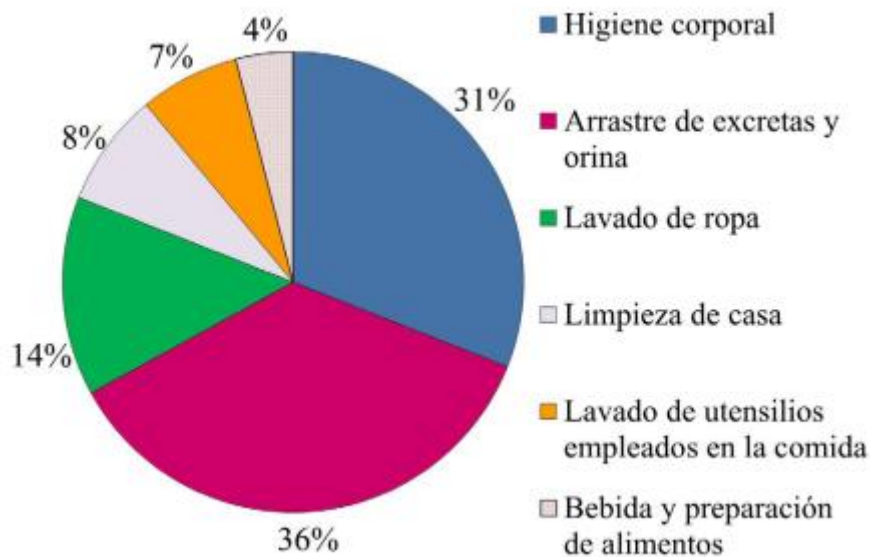
Una comunidad o zona a desarrollar está constituida por sectores como residencial, comercial, Industrial y de recreación. La composición porcentual es variable para cada caso.

2.3.4.1 Consumo doméstico

Este tipo de consumo se refiere a la ingesta de agua potable a nivel familiar, el lavado de ropa, el baño y aseo personal, las actividades de cocina, la limpieza del hogar, riego de jardines, el lavado de vehículos y el correcto funcionamiento de las instalaciones sanitarias. Este conjunto de actividades es preponderante en el diseño ya que este engloba las necesidades esenciales de los hogares y el uso cotidiano del agua potable. Ver Figura 17.

Figura 17

Distribución del consumo de agua por actividad.

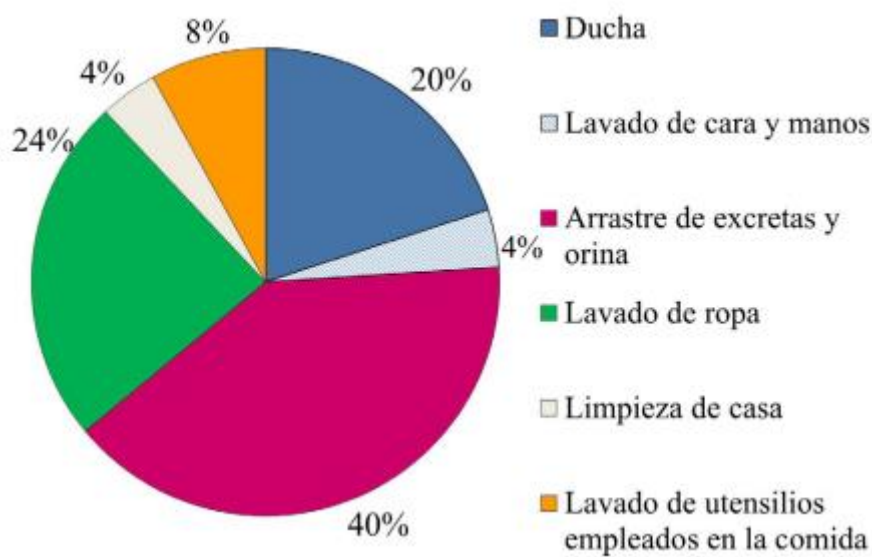


Nota. Los datos de consumo son de estudiantes en Venezuela. Fuente: (Revista de la Facultad de ingeniería U.C.V, 2014, p.53)

Según la Organización mundial de la salud (OMS) el consumo por actividad presenta sus propios estudios y se observa que los valores de consumo son similares a los de la gráfica anterior de la figura 13 con una variación en el consumo por arrastre de excretas y también para higiene personal. Ver Figura 18.

Figura 18

Consumo de agua según la OMS.



Nota. Los datos de consumo son de hogares en diferentes partes del mundo. Fuente: (Revista de la Facultad de ingeniería U.C.V, 2014, p.53)

El consumo de agua potable en los hogares, depende de una serie de factores que van desde la ubicación geográfica, el clima, las tarifas, hasta las costumbres y las condiciones socioeconómicas.

Los consumos dependen del lugar donde se hace el estudio, en este caso se hizo una encuesta a estudiantes de la carrera de ingeniería civil de la materia de agua potable en la Universidad Politécnica Salesiana, obteniendo los siguientes resultados. Ver Tabla 13 Consumo doméstico.

Tabla 13*Consumo doméstico.*

Usos	Consumo (L/ Hab/día)
Aseo personal	70
Arrastre de excretas y orina	60
Lavado de ropa	30
Preparación de alimentos	16
Lavado de utensilios de cocina	25
Riego de jardines	5
Lavado de pisos	5
Agua para consumo	2

Nota. Los valores de consumo varían de acuerdo al estilo de vida de cada familia. Elaborado por: Los autores.

2.3.4.2 Comercial o industrial

Este tipo de consumo puede significar un gasto considerable ya que este se adapta a las características específicas de las industrias y comercios involucrados. Un ejemplo claro de este tipo de usuarios son los hoteles y las estaciones de gasolina. Ver Tabla 14.

Tabla 14*Consumos mínimos comerciales.*

Tipo de instalación	Consumo de agua
Oficinas (cualquier tipo)	20 L/m ² /día
Locales comerciales	6 L/m ² /día

Tipo de instalación	Consumo de agua
Mercados	100 L/m ² /día
Lavanderías de autoservicio	40 L/kilo de ropa seca
Clubes deportivos y servicios privados	150 L/asistente/día
Cines y teatros	6 L/asistente/día

Nota. Estos valores de consumo son referenciales. Fuente: RAS (2000)

Si en la zona de estudio donde su actividad económica predominante es la industrial se estima un consumo de acuerdo al tipo de industria y actividad que esta ejerce. Ver tabla 15 y Tabla 16.

Tabla 15

Uso Industrial.

Tipo de instalación	Consumo de agua (L/trabajador/jornada)
Industrias donde se manipulen materiales y sustancias que ocasionen desaseo	100
Otras industrias	30

Nota. Los valores de consumo son referenciales. Fuente: Comisión Nacional del Agua (2007).

Tabla 16*Consumo para producción de algunos tipos de industrias.*

Industria	Rango de consumo (m³/día)
Azucarera	4.5 - 6.5
Química (a)	5.0 - 25.0
Papel y celulosa (b)	40.0 - 70.0
Bebidas (c)	6.0 - 17.0
Textil	62.0 - 97.0
Siderúrgica	5.0 - 9.0
Alimentos (d)	4.5 - 5.0

Nota. Los valores de consumo son referenciales. Fuente: Comisión Nacional del Agua (2007).

En ciudades importantes donde la actividad económica predominante es el turismo existe una gran cadena hotelera por lo tanto su consumo dependerá del tipo de designación, por ejemplo, si es 5 estrellas este tipo de hotel ofrece muchas comodidades por lo tanto su consumo aumenta, como nos indica la Tabla 17.

Tabla 17*Consumos en hoteles.*

	Municipios turísticos		Otros municipios	
	Clima templado y frio (L/cuarto/día)	Clima cálido (L/cuarto/día)	Clima templado y frio (L/cuarto/día)	Clima cálido (L/cuarto/día)
Gran turismo	1200	2000	600	1000

	Municipios turísticos		Otros municipios	
4 y 5 estrellas	900	1500	450	750
1 a 3 estrellas	600	1000	300	400

Nota. Los valores de consumos son referenciales. Fuente: Comisión Nacional del Agua (2007).

2.3.4.3 Consumo público

El consumo público es el agua destinada específicamente para riego de zonas verdes, parques, jardines públicos, limpieza de las calles, etc. Su consumo varío de acuerdo al tipo de instalación, como nos indica la Tabla 18.

Tabla 18

Consumo para fines públicos.

Tipo de instalación	Consumo de agua
Entretenimiento (teatros públicos)	6 L/asiento/día
Deportes al aire libre, con baño y vestidores	150 L/asistente/día
Recreación social (deportivos municipales)	25 L/asistente/día

Nota. Valores de consumo de agua referenciales. Fuente: Comisión Nacional del Agua (2007).

Tabla 19

Consumo para uso escolar.

Tipo de instalación	Consumo de agua
Educación elemental	20 L/alumno/jornada
Educación media y superior	25 L/alumno/jornada

Nota. Datos de consumo para instituciones de educación pública. Fuente: Comisión Nacional del Agua (2007).

Tabla 20*Consumo institucional.*

	Tipo de instalación	Consumo de agua
Salud	Hospitales y centros de salud	800 L/cama/día
	Orfanatos y asilos	300 L/huésped/día
Seguridad	Cuarteles	150 L/persona/día
	Cárceles	150 L/interno/día

Nota. Datos de consumo referenciales. Fuente: Comisión Nacional del Agua (2007).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Censo poblacional y de medidores

Se va a realizar el censo de medidores mediante una aplicación de celular (Android) a los pobladores de la zona de estudio de Uyumbicho, en la que se dará a conocer la población actual y los medidores que existen en cada vivienda.

3.2 Métodos para la estimación de la población futura

Se consideran los métodos aritmético, geométrico y exponencial, y se analiza el que mejor se ajuste a las condiciones de la población.

3.2.1 Crecimiento aritmético lineal

Por lo general, este método se utiliza para proyecciones en plazos de tiempo muy cortos, básicamente para obtener estimaciones de población a mitad de año.

$$Pf = Pa + i . t$$

Donde:

Pa: Población inicial

Pf: Población final

t: Periodo de tiempo considerado (años)

i: Tasa de crecimiento

3.2.2 Crecimiento geométrico

Este método muestra un aumento de población de forma proporcional al tamaño de la misma.

Se utiliza para niveles de complejidad bajo, medio y medio alto, para poblaciones de actividad económica relativamente importante.

$$Pf = Pa (1 + i)^t$$

Donde:

Pa: Población inicial

Pf: Población final

t: Periodo de tiempo considerado (años)

i: Tasa de crecimiento

3.2.3 Crecimiento exponencial

Se aplica a una magnitud tal que su variación en el tiempo es proporcional a su valor, lo que implica que crece cada vez más rápido en el tiempo.

$$Pf = Pa (e)^{r*t}$$

Donde:

Pa: Población inicial

Pf: Población final

t: Periodo de tiempo considerado (años)

i: Tasa de crecimiento

3.3 Área de diseño

Para la caracterización del área de diseño de la red de distribución de agua potable se realizará un levantamiento topográfico, mediante orto fotogrametría, el cual consiste en:

3.3.1 Planificación de vuelo

Antes del levantamiento, se planifica la ruta de vuelo con dron, la altitud, entre otros más parámetros, para asegurar la cobertura del área de interés. (Ver Figura 19)

Figura 19

Colocación de paneles.



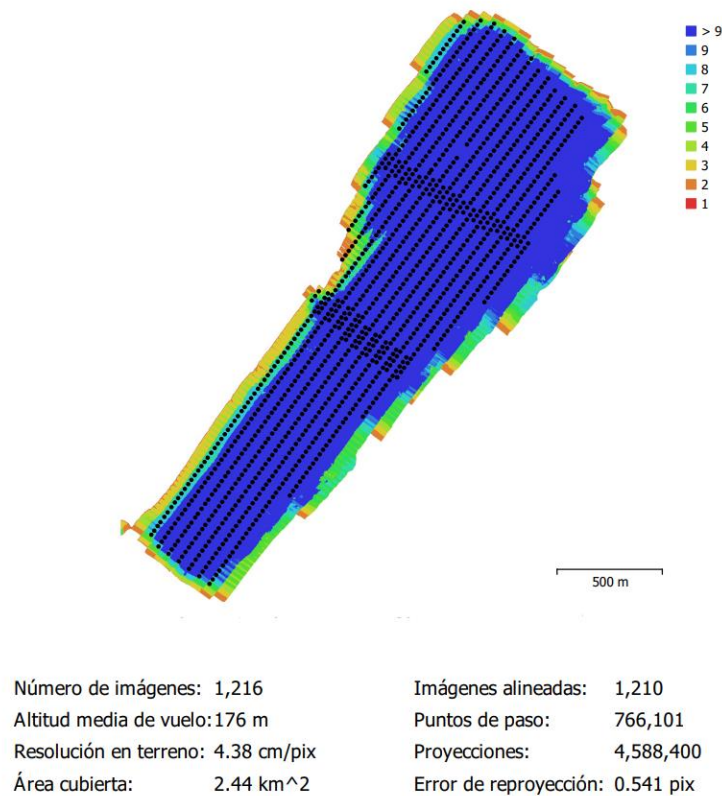
Nota. Se toman puntos de control antes de realizar el sobrevuelo con el dron. Elaborado por:
Los autores.

3.3.2 Captura de imágenes

Se realiza el vuelo con dron y se capturan imágenes de las áreas de interés con una superposición o traslape entre ellas (Ver Figura 20). Este traslape es importante para el posterior proceso de creación de modelos tridimensionales del terreno.

Figura 20

Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

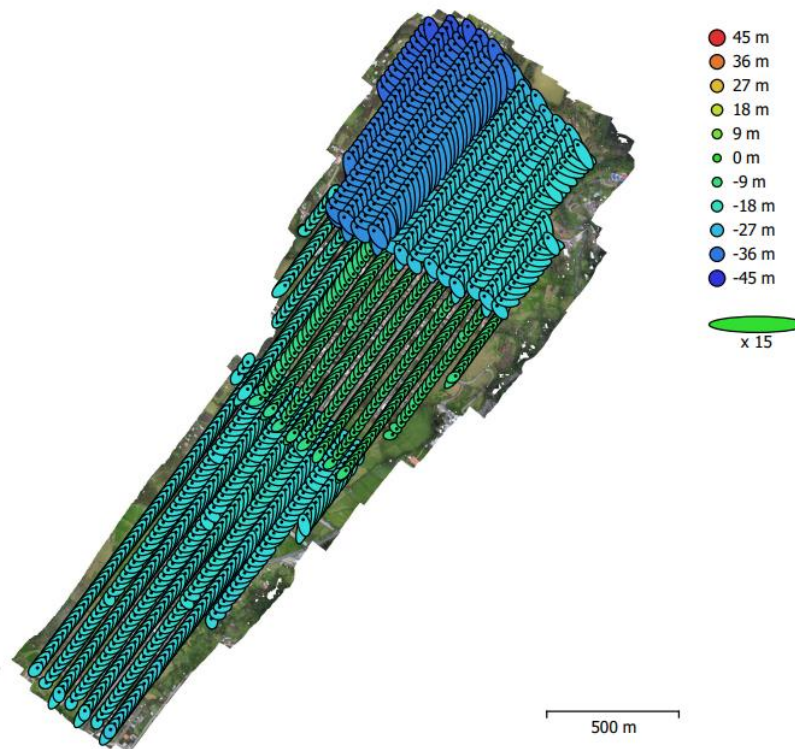


Nota. Se realizó con un modelo de cámara Test Pro 8.38 mm. Fuente: (Informe de Procesamiento Uyumbicho, ASJ Geoespacial, 2023, p. 2).

Las posiciones de las cámaras y los estimadores de error están representados por un color en donde nos indica el error en Z mientras el tamaño y la forma de la elipse representan el error en XY como nos indica la Figura 21.

Figura 21

Posiciones de cámara y estimadores de errores.



Nota. Las posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros. Fuente: (Informe de Procesamiento Uyumbicho, ASJ Geoespacial, 2023, p. 4).

3.3.3 Procesamiento fotogramétrico

El procesamiento fotogramétrico se compone de múltiples etapas, que se ejecutan utilizando el software Agisoft Metashape con el objetivo de lograr resultados de alta calidad. Estas etapas son las siguientes:

Corrección de imágenes: Se corrige las distorsiones que pueden existir en las imágenes a consecuencia del sensor (cámara) del dron.

Orientación interior: El programa realiza una orientación interna para ordenar las imágenes capturadas y hacer una primera reconstrucción de la zona.

Orientación exterior: A partir de la reconstrucción realizada se ingresan los puntos de control de la imagen para poder ubicarla geográficamente en su posición real.

Nube de puntos: El programa crea una nube de puntos tridimensional de la zona de cobertura de las imágenes para ayudarnos a crear nuestros productos finales. La densidad de esta nube de puntos (Ver Figura 22) dependerá de la cantidad de imágenes capturadas, el traslape y la configuración de calidad que hayamos establecido en el procesamiento.

Figura 22

Nube de puntos.



Nota. La nube de puntos generada es para toda el área de estudio de Uyumbicho tanto la zona norte como la zona sur. Elaborado por: Los autores a través de software Arc Map 10.5, 2022.

Orto rectificación y creación de productos finales: El software, con toda la información y datos establecidos anteriormente, crea una ortofoto de la zona de cobertura ya

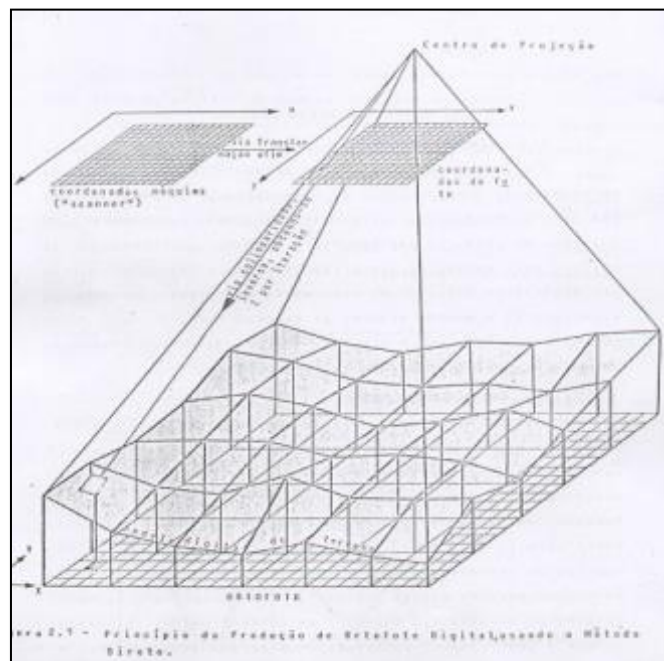
sin distorsiones y con la precisión deseada. Además, podemos generar modelos digitales de elevaciones de superficies que servirán posteriormente para la generación de curvas de nivel.

3.3.4 Corrección geométrica

Se corrigen las distorsiones presentes en las imágenes aéreas, el resultado es la ortofoto, que es una representación precisa y a escala del terreno. Esto permite la obtención de imágenes aéreas o satelitales, acomodándose a la realidad del terreno para corregir por métodos matemáticos la distorsión angular, así también su inclinación y las variaciones de elevación (Ver Figura 23).

Figura 23

Principio de producción de ortofotos digitales.



Nota. Se utilizan puntos de control terrestres conocidos. Fuente: Andrade (1998).

Una vez realizado todas las correcciones se obtiene el modelo digital con la imagen aérea y la ortofoto. (Figura 24)

Figura 24

Modelo digital, ortofoto.



Nota. Ortofoto de Uyumbicho tanto de la zona norte como la zona sur. Elaborado por: Los autores atreves de software Arc Map 10.5, 2022.

3.4 Densidad poblacional

Una vez determinada la población de un área representativa, esta deberá transformarse en densidad poblacional y finalmente multiplicarse por el área total del proyecto, con lo cual se dispondrá de la población total actual.

$$D_{pob} = \frac{Población}{Área\ de\ proyecto}$$

Donde:

Dpob: Densidad poblacional

3.5 Caudal de diseño

Un sistema de distribución se debe diseñar con el caudal máximo horario más el caudal que se utiliza para incendios. (Ver Tabla 21)

Tabla 21

Caudales de diseño para un sistema de agua potable.

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales.	Máximo diario +20%
Captación de aguas subterráneas.	Máximo diario +5%
Conducción de aguas superficiales.	Máximo diario +10%
Conducción de aguas subterráneas.	Máximo diario +5%
Red de distribución.	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento.	Máximo diario +10%

Nota. Se toma el caudal para la red de distribución. Fuente: CPE INEN 5 PARTE 9.1 (1992).

3.5.1 Caudal medio diario (Qm)

El consumo medio diario obtenido en un año se la calcula con la siguiente fórmula.

$$Qm = \frac{Pf * Dot}{86400} (lt/s)$$

Donde:

Pf: Población futura

Dot: Dotación

3.5.2 Consumo máximo diario

El caudal máximo diario representa la demanda máxima registrada durante 24 horas durante los 365 días del año y se calcula con la siguiente ecuación.

$$QMD = Qm * K1$$

Dónde:

QMD: Caudal Máximo Diario

K1: Coeficiente de mayoración

El coeficiente de mayoración $K1 = 1.2 - 1.6$ se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año.

3.5.3 Consumo máximo horario

El consumo máximo horario corresponde al caudal de agua consumido por la población durante la hora de máximo consumo en un día en un periodo de un año, se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{MH} = Q_m * K_2$$

Dónde:

Q_{MH} : Caudal máximo horario.

K_2 : Coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo medio diario.

El coeficiente K_2 es un valor asumido a 3 debido a la casualidad de que varios usuarios utilicen el agua al mismo tiempo, de acuerdo con la norma para poblaciones menores a 1000 hab.

3.6 Diámetro para tubería de distribución

Para el cálculo de los diámetros de tuberías de distribución se ocupará la siguiente ecuación de Hazen Williams.

$$Q = 0.28 * CHW * D^{2.63} * S^{0.54}$$

Donde:

Q : Caudal

CHW: Coeficiente HW

D: Diámetro

S: Pérdida del gradiente hidráulico o pérdida de carga

$$S = J = \frac{Cot_{sup} - Cot_{inf}}{L}$$

Donde:

S=J: Pérdida del gradiente hidráulico o pérdida de carga

Cot_{sup} : Cota superior

Cot_{inf} : Cota inferior

L: Longitud

Una vez obtenidos los datos de la ecuación de Hazen Williams, procedemos a realizar un despeje, la ecuación final quedaría de esta manera:

$$D = \sqrt[2.63]{\frac{Q * 10^{-3}}{(0.28 * CHW * S^{0.54})}}$$

3.6.1 Coeficientes de fricción en tuberías para Hazen Williams

El coeficiente de fricción C (Ver Tabla 22) dependerá del tipo de tubería y este puede variar en función del material y las condiciones de flujo que este presenta.

Tabla 22*Coefficiente de fricción. Fórmula de Hazen Williams.*

Clase de tubería y revestimiento interno	COEFICIENTE C Factibilidad líneas expresas	COEFICIENTE C Diseño detallado líneas expresas
PVC.	130	140
Polietileno de alta densidad.	130	140
Fibra de vidrio.	130	140
Acero con revestimiento interno.	130	140
CCP (Concrete cylinder pipe).	120	130
Hierro dúctil y acero con revestimiento interno de mortero de cemento.	120	130

Nota. Para el diseño de la red de agua potable se usará PVC como material C=150. Fuente: (EMAAP-Q 2009).

3.6.2 Velocidades máximas y mínimas

Las velocidades máximas se toman como 3 m/s a 5 m/s dependiendo del tipo de material, esto para evitar el desgaste de la tubería ya que el agua está todo el tiempo en movimiento. Según la normativa de la EMAAP-Q la velocidad mínima recomendada es de 0.45 m/s para agua tratada y 0.60 m/s para agua cruda, esto para evitar la acumulación de sedimentos en las tuberías como nos indica la Tabla 23.

Tabla 23*Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías.*

MATERIAL DE LA TUBERIA	VELOCIDAD (m/s)	
	MÁXIMA	MÍNIMA
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro.	3.0	0.3
Concreto reforzado de 60 cm de diámetro o mayores.	3.5	0.3
Concreto presforzado.	3.5	0.3
Acero de revestimiento.	5	0.3
Acero sin revestimiento.	5	0.3
Acero galvanizado.	5	0.3
Asbesto cemento.	5	0.3
Fierro fundido.	5	0.3
Hierro dúctil.	5	0.3
Polietileno de alta densidad.	5	0.3
PVC (policloruro de vinilo).	5	0.3

Nota. Los datos de velocidades están en función del tipo de material. Fuente: Conagua (2015)

3.6.3 Presiones en las tuberías.

La elección acertada del tipo de material para un diseño óptimo es aquel que se puede maximizar sus características propias de dichos materiales. La viabilidad económica y un adecuado funcionamiento se consigue empleando tuberías específicamente para lo que el diseño amerita, puesto que las tuberías están expuestas a presiones internas ya sean estas presiones hidrostáticas como presiones hidrodinámicas, por tal motivo es importante comprender las categorías de las tuberías según sus condiciones de trabajo.

Según la normativa NTE INEN 1680 la presión mínima debe ser de 0.10 Mpa ó 10 mca (metros de columna de agua) para zonas urbanas y la presión máxima de 0,50 Mpa ó 50 mca (metros de columna de agua).

La normativa de la EMAAP-Q nos dice que se debe tener una presión mínima de 0.1 Mpa ó 10 mca (metros de columna de agua) y una presión máxima de 0.70 Mpa ó 70 mca (metros de columna de agua). (Ver Tabla 24).

Tabla 24

Presiones máximas y mínimas en tuberías.

	PRESIONES (mca)	
	MÍNIMA	MÁXIMA
EMAAP – Q (2009)	10	70
NTE INEN 1680	10	50

Nota. Los valores de presiones están en metros de columna de agua. Elaborado por: Los autores.

Las diferentes normativas han establecido sus comparaciones y denominaciones para diferenciar las clases de tuberías en función de la presión de trabajo. (Ver Tabla 25)

Tabla 25

Presión máxima de trabajo en tubería de PVC.

Clase	Presiones máximas de trabajo	
	Mpa	Kg/cm²
5	0.5	5
7	0.7	7
10	1	1.4

Clase	Presiones máximas de trabajo	
	Mpa	Kg/cm ²
14	1.4	1.4
20	2	20

Nota. Tubería fabricada de acuerdo a la norma mexicana. Fuente: Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. (Comisión Nacional del agua. Pág. 13)

El costo de las tuberías elaboradas con el mismo material se incrementa en función del tipo de clase y su espesor. Es de vital importancia seleccionar la clase de tubería apropiada, para aprovechar al máximo su capacidad de funcionamiento.

Tabla 26

Clases de tuberías en función de la presión.

Clase (Kg/cm ²)	Metros de agua	Presión en lb/plg ²	Atmósfera
5	50	71.5	5
10	100	143.0	10
15	150	214.5	15
20	200	286.0	20
25	250	375.5	25

Nota. Valores de presiones para tubería PVC. Fuente: Normas ISO

3.6.4 Diámetro mínimo de tubería

Según la normativa de la EMAAP-Q nos dice que “El diámetro mínimo de las redes menores de distribución en ciudades debe ser de 75 mm (3 pulgadas), en zonas industriales o comerciales el diámetro dependerá de las condiciones de la demanda. En las parroquias previa

justificación se puede aceptar un diámetro mínimo de 50 mm (2 pulgadas)” (EMAAP-Q, 2009, p. 84).

Todos estos diámetros se refieren a los diámetros nominales en tuberías comerciales, pero tomar en cuenta que los cálculos hidráulicos de la red de distribución de agua potable se hacen con los diámetros reales internos con las respectivas características del material. (Ver Tabla 27)

Tabla 27

Diámetros mínimos en tuberías

	DIÁMETROS MÍNIMOS (mm)	
	EMAAP - Q	NTE INEN 1680
Ciudades.	75	50
Zonas industriales y comerciales.	Depende de condiciones de demanda.	Depende de condiciones de demanda.
Parroquias.	50	50

Nota. Para este proyecto se considera la normativa de la EMAAP-Q. Elaborado por: Los autores

3.6.5 Recubrimiento mínimo

La normativa establece que “La profundidad mínima a la cual deben colocarse las tuberías de la red de distribución no debe ser menor que 1.2 m medidos desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno” (EMAAP-Q, 2009, p. 85).

La siguiente tabla (Tabla 28) hace referencia a las profundidades en metros y su profundidad en metros.

Tabla 28*Profundidad de recubrimiento.*

	Profundidad (m)
Mínima	1.2
Entre 0.6 m-1.2m	Hacer un análisis estructural teniendo en cuenta las cargas exteriores debidas al peso del relleno, carga viva, e impacto.
Máxima	1.5

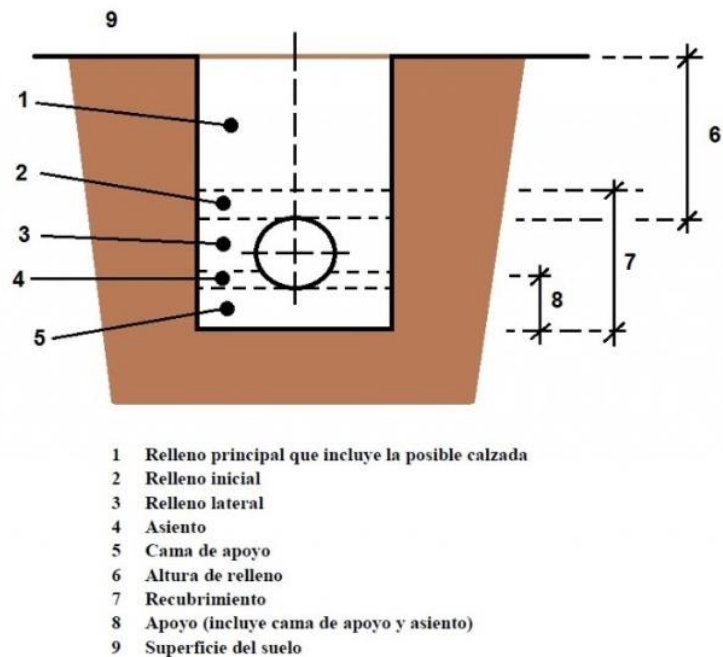
Nota. Se presentan los valores mínimos y máximos de recubrimiento de tubería de agua potable. Elaborado por: Los autores.

La colocación de la tubería en la zanja se debe realizar sobre una cama de apoyo, generalmente de arena para luego rellenar las partes laterales de la tubería con material del lugar, realizando una compactación moderada manual; sobre la tubería se realiza el relleno inicial con material de sitio procurando que este no disponga de piedras o material granular que pueda comprometer a la tubería y romperla, se realiza una compactación manual moderada.

Sobre el relleno inicial se coloca material del sitio donde descansará la calzada, este tiene que ir compactada para evitar hundimientos en un futuro. (Ver Figura 25)

Figura 25

Ejemplo de recubrimiento de la tubería.



Nota. El recubrimiento mínimo no tiene que ser menor a 1.2 metros. Fuente: (Normas técnicas de abastecimiento de agua, 2013, p. 5).

3.7 Red de distribución

El trazado de la red se lo realiza tomando en cuenta la geometría vial en función del urbanismo así también las características del terreno. Se establecerá los diámetros de tubería basados en la demanda de la población, así como las velocidades de flujo y la pérdida de carga.

Las bases de diseño para de la red de distribución como son los límites de presión y velocidad que dependen de la localidad, se utiliza las normativas nacionales como la EMAAP-Q (2009) y la INEN 110, que nos sugiere que la presión mínima es de 10 a 15 mca (metros de columna de agua) 10 mca para zonas urbanas y 15 mca para zonas rurales. Para este caso vamos a utilizar 15 mca.

Para la presión máxima se va a considerar de igual forma la norma INEN 110 y la norma de la EMMAP-Q donde se sugiere utilizar 50 mca cuando son proyectos pequeños según la normativa INEN 110 y 70 mca según la EMAAP-Q.

El diseño de la red se lo realiza con base en la ecuación de Darcy-Weisbach que permite el cálculo de la pérdida de carga debido a la fricción dentro de una tubería llena, adicionalmente, se considera las velocidades límite establecidas en la norma de la EMAAP- Q que nos recomienda una velocidad mínima de 0.45 m/s para minimizar los efectos de sedimentación, azolvamiento y erosión y una velocidad que estén entre los rangos de 5 a 6 m/s para evitar el desgaste de la tubería. Además, se considera los rangos de presiones admisibles, conforme a la norma de la EMAAP-Q con el fin de evitar daños en los aparatos sanitarios y cumplir con las presiones requeridas.

Los anclajes que son utilizados para resistir las fuerzas generadas por los cambios de dirección de flujo y cierre de válvulas en las tuberías, están en óptimas condiciones, por tal motivo no se requieren de un diseño.

3.7.1 Programa EPANET

EPANET es un software de simulación de sistemas de distribución de agua potable. Fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y ha sido una herramienta fundamental para el modelado de redes de distribución de agua.

3.7.2 Modelado de la red de distribución

El diseño y modelado de la red de suministro de agua potable se llevará a cabo utilizando el software Epanet. Este programa permite la representación de la red estándar o normal y la red de consumo industrial, la cual refleja su funcionamiento diario, considerando aspectos como la demanda de agua, la presión y el flujo en condiciones normales.

La Junta Administradora de Agua Potable de Uyumbicho al no disponer de información de consumos horarios y consumos diarios dentro de los 365 días del año, el diseño de la red se lo realiza conforme a lo que la normativa EMAAP-Q nos recomienda.

3.8 Estimación de caudales

Utilizaremos bombas sumergibles para llenar el tanque de almacenamiento hasta su capacidad máxima de 100 m³. Una vez lleno, aseguraremos un flujo constante de suministro de agua a una tasa de 9 litros por segundo. Según los análisis realizados por la Junta Administradora de Uyumbicho, el agua ya cumple con todos los estándares de calidad en términos físicos, químicos y bacteriológicos. No obstante, se realiza un proceso de desinfección con cloro, lo que nos permite prescindir de una planta de tratamiento adicional. Finalmente, el agua será distribuida a los barrios de la zona norte de la parroquia de Uyumbicho utilizando un sistema a gravedad.

La capacidad del tanque de reserva es de 100 m³, determinada a través de mediciones directas en campo. Por otro lado, el caudal de 9 litros por segundo se determinó utilizando el método volumétrico. Este método implica llenar un depósito de volumen conocido y medir el tiempo total de llenado con un cronómetro. Luego, se empleó la fórmula de gasto flujo volumétrico.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q: Caudal expresado en m³/s

V: Volumen dado en m³

T: Tiempo en segundos

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE LA RED DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

4.1 Bases de diseño

Las bases de diseño son un conjunto de datos recolectados, utilizados tanto en las fases intermedias y finales del diseño, para garantizar la eficiencia de la estructura. Estos datos provienen de normativas nacionales e internacionales.

Esta información es de tipo general como la dotación, la población y el periodo de diseño; también existe información hidrológica si el objeto de estudio es la fuente de captación, por ejemplo, datos como precipitación, tiempo de concentración, intensidad, caudales medios, caudales máximos y caudales mínimos.

4.1.1 Periodo de diseño

El periodo de diseño es el tiempo en años en el que la estructura va a prestar servicio, por tal motivo es necesario determinar la vida útil en el proyecto, según la normativa (EMAAP-Q, 2008), “el periodo de diseño.

Por este motivo se adopta un periodo de diseño de 30 años según la normativa de la (EMAAP-Q) en sistemas de agua potable y alcantarillado.

4.1.2 Dotación

Es la cantidad de agua que es asignado a cada habitante para su consumo sin que se considere pérdidas en el sistema.

El valor de la dotación de agua que se requiere va a ser asignada en función de su población y su clima. (Ver Tabla 29).

Tabla 29*Dotaciones recomendadas.*

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA	
		FUTURA	(l/hab/día)
Hasta 5000	Frío		120 - 150
	Templado		130 - 160
	Cálido		170 - 200
5000 a 50000	Frío		180 - 200
	Templado		190 - 220
	Cálido		200 - 230
Mas de 50000	Frío	> 200	
	Templado		>220
	Cálido		>230

Nota. Se aprecia los valores de dotaciones dados por la Norma. Fuente: (CPE INEN 05, 1992, p.42).

De acuerdo a las recomendaciones dadas por la norma, para la población de Uyumbicho zona norte se asigna una dotación de 150 l/hab/día puesto que no supera los 5000 habitantes y su clima es frío.

4.1.3 Área de influencia

El área que se considera corresponde a las zonas pobladas y también las áreas que serán ocupadas en un futuro, este dato se considera de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) de la parroquia de Uyumbicho. (Ver Figura 26)

Para la red de distribución se considera las áreas de aportación obtenidas por el método de las mediatrices, estas áreas se las expresa en hectáreas (Ha). Los caudales de demanda en los nodos son calculados por el método de las áreas. (Ver Anexo 1)

4.1.3.1 Áreas residenciales

Las áreas residenciales son las de mayor ocupación dentro de la zona de estudio, puesto que abarcan barrios tanto del extremo norte de la parroquia de Uyumbicho como barrios de la urbe central. Existe un promedio de 4 personas por cada vivienda según el censo realizado por la Junta Administradora de Agua Potable.

4.1.3.2 Áreas comerciales

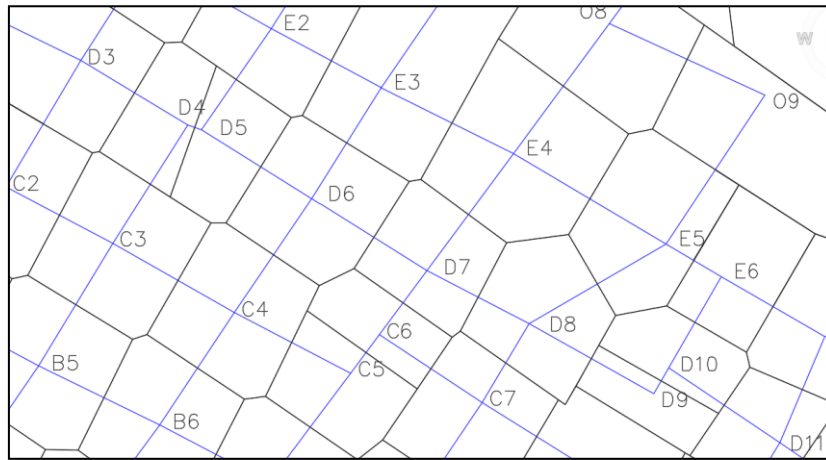
En la parroquia de Uyumbicho existe una variedad de locales comerciales que van desde tiendas de abarrotes, restaurantes, así también se dedican a la actividad de manufactura y comercio agropecuario, y en menor medida la actividad ganadera.

4.1.3.3 Áreas públicas

Existe una variedad de lugares de uso público en la zona norte de Uyumbicho, tanto de educación, salud y recreación, por lo tanto, es de vital importancia el dotar de agua potable a todas estas entidades. (Ver Figura 26)

Figura 26

Distribución de áreas para la red de agua potable.



Nota. Áreas de aportación obtenidas con el método de las mediatrices. Elaborado por: Los autores.

4.1.4 Cálculo de la población actual y futura

La determinación de la población actual se llevó a cabo mediante un censo realizado en las viviendas de los barrios que son abastecidos por el tanque de Angamarca. Este proceso de recopilación de datos nos permitió obtener una cifra actualizada que refleja la demografía de la zona norte de la parroquia de Uyumbicho. (Ver Figura 27)

Figura 27

Censo poblacional y de medidores.



Nota. El censo se lo realizo con una aplicación móvil. Elaborado por: Los autores.

Durante el censo, se realizaron visitas a cada vivienda ubicada en los barrios que conectan al suministro de agua del tanque Angamarca, obteniendo su población y el número de medidores que dispone cada vivienda. (Ver Tabla 30).

Tabla 30

Censo de medidores y habitantes.

Barrio	Núm. Medidores	Habitantes
Angamarca	129	504
La Isla	73	285
San Blas	64	628
Central	86	346
Obrero	109	429
Bellavista	50	196
Total	511	2388

Nota. Los datos obtenidos son para los barrios de Uyumbicho, zona norte. Elaborado por: Los Autores

Para la estimación de la población futura se utiliza los métodos aritmético, geométrico y exponencial.

4.1.4.1 Método aritmético

El método Aritmético es la que se considera un crecimiento constante de la población, generalmente es utilizado para proyecciones de tiempos cortos. Los resultados de los cálculos se muestran en la Tabla 31.

Tabla 31*Cálculo de la población futura por el método aritmético.*

Pi	2456	[Hab]
P1	2388	[Hab]
T2	2023	[años]
T1	2010	[años]
n	30	[años]
Año actual	2023	
Año horizonte	2053	
r	78.82	%
Pf	4752	[Hab]

Nota. Datos y resultado de la población futura obtenido por el método aritmético. Elaborado por: Los autores.

4.1.4.2 Método geométrico

El método geométrico nos muestra un aumento de forma proporcional de la población, es utilizada para escalas de complejidad media, este método es requerido de forma recurrente en los diseños de agua potable. Aplicando las fórmulas para este método se obtiene los resultados resumidos en la Tabla 32.

Tabla 32*Cálculo de la población futura por el método geométrico.*

Método	r (%)	P. Futura (Hab)
Geométrico	1.033	3550

Nota. Resumen del cálculo de la población futura por el método geométrico. Elaborado por:

Los autores

4.1.4.3 Método exponencial

El método exponencial es aplicable a una magnitud en la cual la variación de su tiempo es proporcional a su valor, el cual va indicando que crece de una forma exponencial. Sin embargo, si esta población, al emplear este método, alcanza un tamaño significativo con relación al entorno ecológico, este modelo exponencial tiende a ser inapropiado.

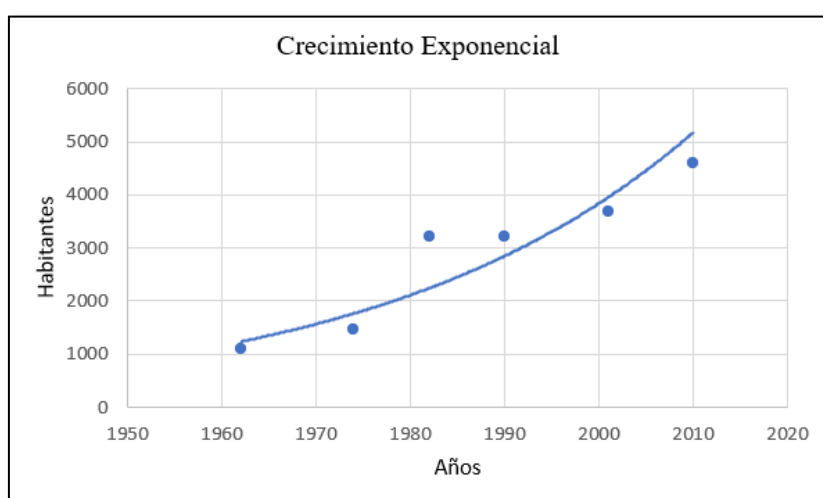
Este fenómeno se da por fenómenos que limitan el crecimiento, estos pueden ser la escasez de recursos, en la que se reduce la tasa de incremento de la población. Por tal motivo, se vuelve esencial realizar al menos tres censos para determinar con precisión el promedio de la tasa de crecimiento.

Para calcular la tasa de crecimiento poblacional (i) se requiere de por lo menos de dos años censales.

Para este caso se empleará los valores de la Tabla 1 y verificamos si su crecimiento tiene una tendencia exponencial, como nos indica la Figura 28.

Figura 28

Grafica del crecimiento de la población de Uyumbicho.



Nota. El gráfico es realizado con los datos del censo de población y vivienda (CPV) 2010- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Elaborado por: Los autores

Los resultados obtenidos aplicando las fórmulas para el método exponencial se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33

Cálculo de la población futura por el método exponencial

Método	r (%)	P. Futura (Hab)
Exponencial	1.033	3559

Nota. Resumen de resultados del método exponencial. Elaborado por: Los autores.

4.2 Diseño hidráulico de la red de distribución

El análisis hidráulico de las tuberías de la red de agua potable se basa en la normativa EMAAP – Q en las que se especifican rangos de valores de velocidades, presiones y caudales.

4.2.1 Pérdidas de carga

Para realizar el cálculo hidráulico y la determinación de las pérdidas por fricción en las tuberías a presión, se pueden emplear las ecuaciones tanto de Darcy Weisbach, así como la ecuación de Hazen Williams. Según la normativa de la EMAAPS-Q nos dice que es importante tener en cuenta los rangos de validez y la precisión específica de cada una de estas ecuaciones.

En este caso, para este proyecto se utiliza la ecuación de Hazen Williams para las pérdidas por fricción, considerando sus limitaciones para un flujo turbulento plenamente desarrollado donde su diámetro tiene que ser menor a 3 pulgadas, caso contrario la ecuación no es representativa.

$$h_f = \frac{10.679}{C^{1.852}} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852} \quad (7)$$

4.2.2 Datos para el modelamiento de la red de distribución

Para el modelamiento de la red de distribución, es necesario obtener previamente de la topografía las cotas de los nodos con sus respectivas coordenadas. Se realizan los cálculos de las áreas de aportación y caudales, obteniendo los siguientes resultados. (Ver Tabla 34)

Tabla 34

Resumen de valores calculados

Resultados		
Área	A	93.99 [Ha]
Dotación		150 [l/hab/día]
Caudal medio	Qm	7[l/s]
Caudal máximo diario	Qmd	10.47[l/s]
Caudal máximo horario	Qmh	13.96[l/s]
Velocidad máxima	v máx.	6 [m/s]
Velocidad mínima	v min	0.45 [m/s]
Presión máxima	P máx.	70 mca
Presión mínima	P min.	10 mca

Nota. Valores calculados para el diseño de la red de agua potable con material PVC. Elaborado por los autores.

4.2.3 Modelamiento de la red de distribución con EPANET

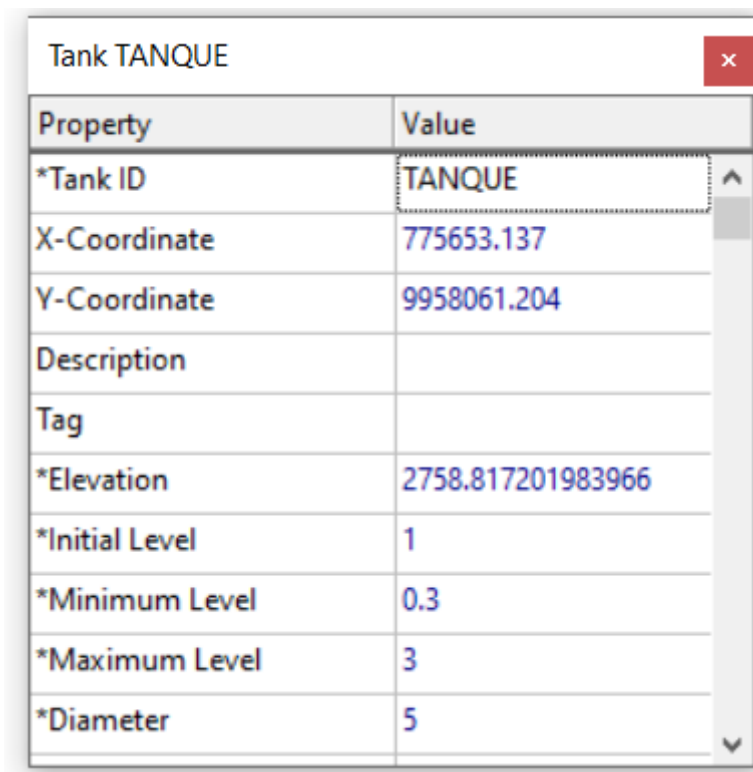
Para el modelamiento de la red de distribución se utiliza el software EPANET 2.2. La geometría y trazado de la red van a ir por las vías formando redes cerradas y en tramos alejados se forman redes abiertas; configuramos las propiedades de los cálculos con Hazen Williams y un coeficiente $C = 150$

4.2.3.1 Ubicación del tanque de almacenamiento

Se ubica el tanque de almacenamiento en una cota elevada para que la distribución sea por gravedad a toda el área de estudio, como nos indica la Figura 29.

Figura 29

Propiedades del tanque de almacenamiento.



Property	Value
*Tank ID	TANQUE
X-Coordinate	775653.137
Y-Coordinate	9958061.204
Description	
Tag	
*Elevation	2758.817201983966
*Initial Level	1
*Minimum Level	0.3
*Maximum Level	3
*Diameter	5

Nota. Se considera el nivel mínimo de 0.30 m para evitar que entre impurezas a la red.

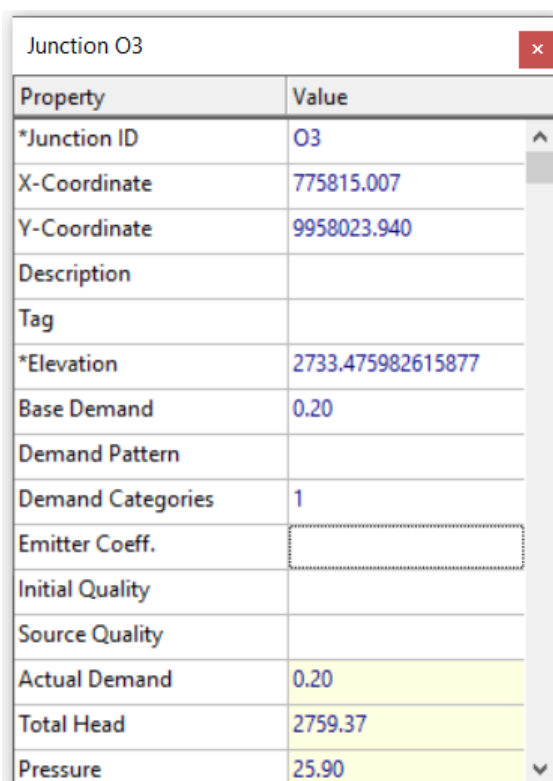
Elaborado por: Los autores a través de EPANET 2.2

4.2.3.2 Caudales en los nodos y demanda base

A continuación, se ubican todos los nodos con sus respectivas cotas y coordenadas UTM, restando a las cotas 1.50 metros por normativa puesto que es el recubrimiento mínimo hasta la cota clave de la tubería. Se ingresa el caudal de demanda que se calculó previamente por el método de las áreas. (Ver Figura 30 y Figura 31)

Figura 30

Propiedades del nodo.

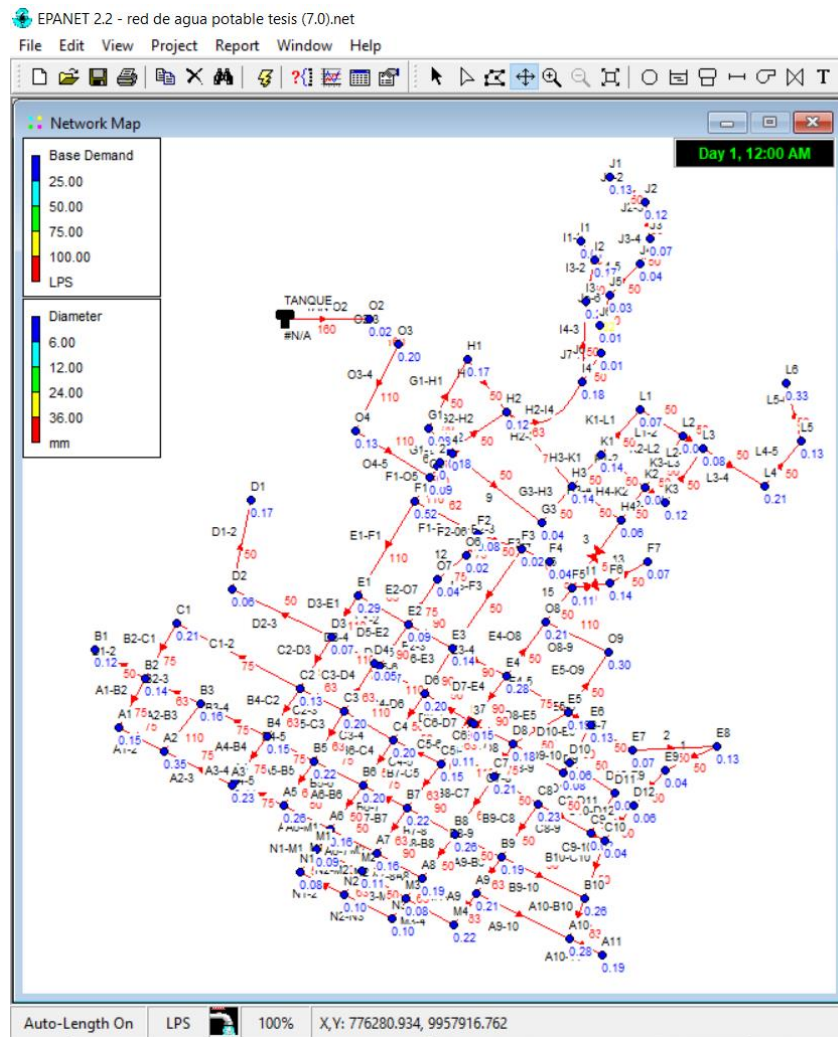


Property	Value
*Junction ID	O3
X-Coordinate	775815.007
Y-Coordinate	9958023.940
Description	
Tag	
*Elevation	2733.475982615877
Base Demand	0.20
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	0.20
Total Head	2759.37
Pressure	25.90

Nota. Se realiza para todos los nodos del proyecto. Elaborado por: Los autores a través de EPANET 2.2.

Figura 31

Caudales de demanda base en los nodos.



Nota. La demanda base se identifica en cada nodo con su respectiva escala de colores.

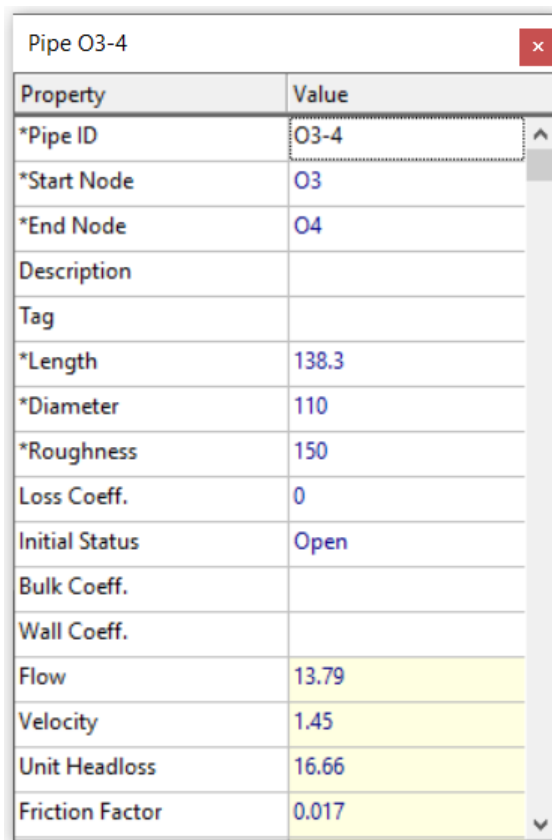
Elaborado por: Los autores a través de EPANET 2.2.

4.2.3.3 Presiones en los nodos

Se debe verificar que las presiones en los nodos cumplan con la normativa de la EMAAP -Q y la NTE INEN 1680; si no cumple se tiene que variar los diámetros considerando la normativa para diámetros mínimos y que se encuentre en el catálogo del producto (Figura 34) para luego ingresar en la ventana de propiedades. (Ver Figura 32)

Figura 32

Propiedades del tramo de tubería.



Property	Value
*Pipe ID	O3-4
*Start Node	O3
*End Node	O4
Description	
Tag	
*Length	138.3
*Diameter	110
*Roughness	150
Loss Coeff.	0
Initial Status	Open
Bulk Coeff.	
Wall Coeff.	
Flow	13.79
Velocity	1.45
Unit Headloss	16.66
Friction Factor	0.017

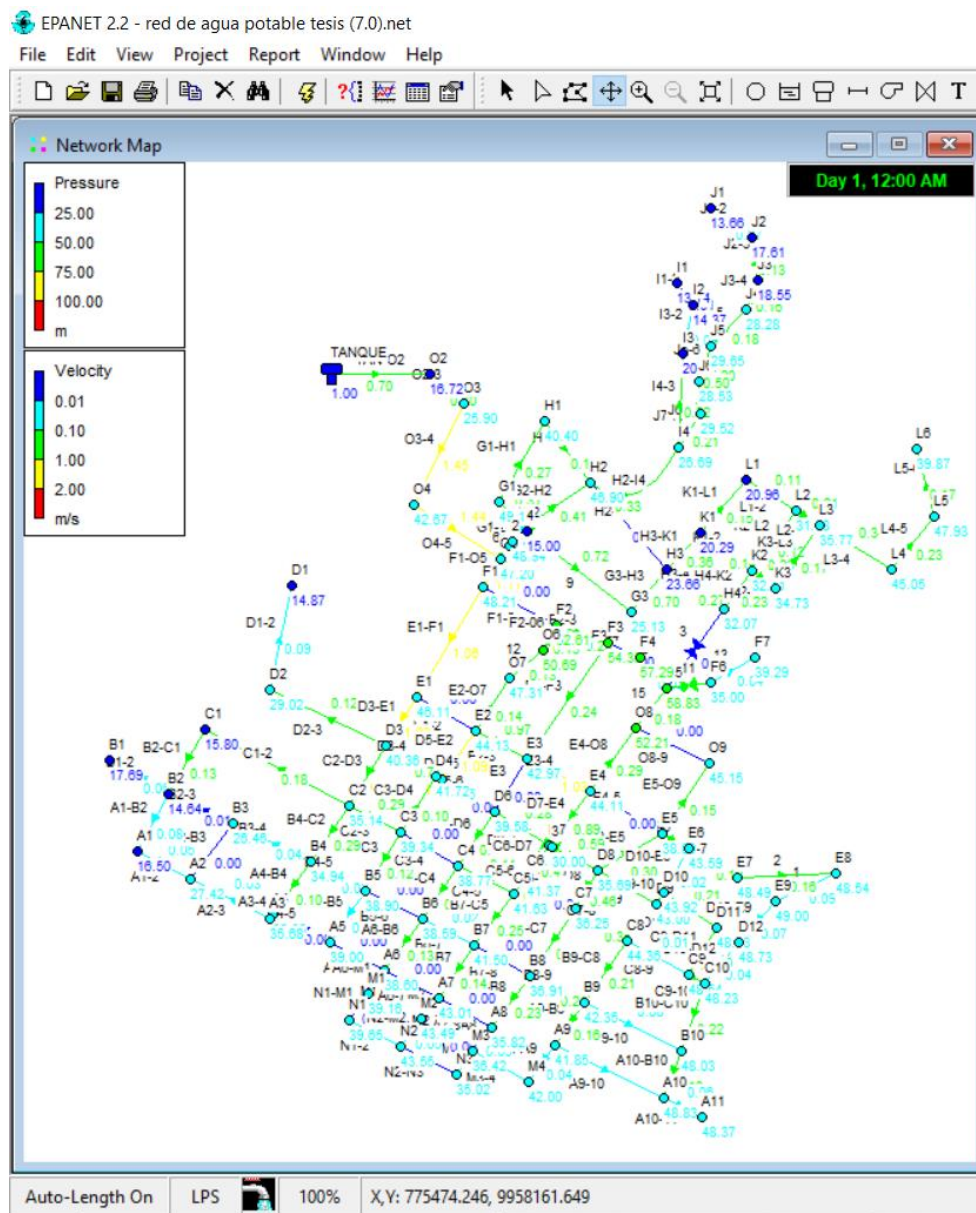
Nota. Se cambia de diámetro en cada tramo de la red para cumplir con la norma. Elaborado por: Los autores a través de EPANET 2.2.

4.2.3.4 Velocidades en la tubería

Las velocidades en cada tramo de tubería se verifican que esté cumpliendo con la normativa de la EMAAP-q (2009) y si no cumpliere, de igual forma se varía los diámetros de las tuberías para cumplir con presiones, velocidades y diámetros mínimos especificados. (Ver Figura 33).

Figura 33

Chequeo de velocidades y presiones.



Nota. La escala de colores nos indica el rango de valores. Elaborado por: Los autores a través de EPANET 2.2.

Los diámetros se varían de acuerdo al catálogo del fabricante, de tal forma que cumpla con las especificaciones técnicas de la normativa EMAAPS-Q (2009) para cumplir presiones, velocidades y diámetros mínimos. El catálogo de tuberías que se utiliza es la que fabrica la empresa Plastigama. (Ver Figura 34)

Figura 34

Catálogo de tuberías PVC a presión (E/C)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Diámetro Nominal mm	CÓD.	Serie s	Espesor de Pared mm	Diámetro Interior mm	Presión de Trabajo		
					MPa	Kgf/cm ²	Lb/plg ²
20.00	926939	10	1.1	17.8	1.25	12.75	181.25
	925983	6.3	1.5	17.0	2.00	20.40	290.00
25.00	926940	12.5	1.1	22.8	1.00	10.20	145.00
	925994	8.0	1.5	22.0	1.60	16.32	232.00
32.00	926941	16.0	1.1	29.8	0.80	8.16	116.00
	926004	10.0	1.6	28.8	1.25	12.75	181.25
40.00	926938	20.0	1.1	37.8	0.63	6.43	91.35
	926020	12.5	1.6	36.8	1.00	10.20	145.00
	926018	10.0	1.9	36.2	1.25	12.75	181.25
50.00	926021	20.0	1.3	47.4	0.63	6.43	91.35
	926023	16.0	1.6	46.8	0.80	8.16	116.00
	926026	12.5	2.0	46.0	1.00	10.20	145.00
	926024	10.0	2.4	45.2	1.25	12.75	181.25
63.00	926029	20.0	1.6	59.8	0.63	6.43	91.35
	926031	16.0	2.0	59.0	0.80	8.16	116.00
	926033	12.5	2.5	58.0	1.00	10.20	145.00
	926032	10.0	3.0	57.0	1.25	12.75	181.25
75.00	926035	25.0	1.5	72.0	0.50*	5.10	72.50
	926036	20.0	1.9	71.2	0.63	6.43	91.35
	926040	16.0	2.3	70.4	0.80	8.16	116.00
90.00	926041	25.0	1.8	86.4	0.50*	5.10	72.50
	926042	20.0	2.2	85.6	0.63	6.43	91.35
	926043	16.0	2.8	84.4	0.80	8.16	116.00
	926046	12.5	3.5	83.0	1.00	10.20	145.00
	926044	10.0	4.3	81.4	1.25	12.75	181.25
110.00	925950	25.0	2.2	105.6	0.50*	5.10	72.50
	925952	20.0	2.7	104.6	0.63	6.43	91.35
	925953	16.0	3.4	103.2	0.80	8.16	116.00
	925956	12.5	4.2	101.6	1.00	10.20	145.00
	925954	10.0	5.3	99.4	1.25	12.75	181.25
160.00	925967	25.0	3.2	153.6	0.50*	5.10	72.50
	925968	20.0	4.0	152.0	0.63	6.43	91.35
	925969	16.0	4.9	150.2	0.80	8.16	116.00
	925972	12.5	6.2	147.6	1.00	10.20	145.00
	925970	10.0	7.7	144.6	1.25	12.75	181.25
200.00	925975	25.0	3.9	192.2	0.50*	5.10	72.50
	925976	20.0	4.9	190.2	0.63	6.43	91.35
	925977	16.0	6.2	187.6	0.80	8.16	116.00
	925979	12.5	7.7	184.6	1.00	10.20	145.00
	925981	10.0	9.6	180.8	1.25	12.75	181.25

*Tubería baja presión. Producto para riego de fabricación bajo pedido.

Para diámetros y presiones diferentes a los indicados consultar con el Departamento Técnico de Plastigama.

Nota. Se toma los valores del diámetro nominal para los cálculos. Fuente: (Catálogo Plastigama, Espiga Campana)

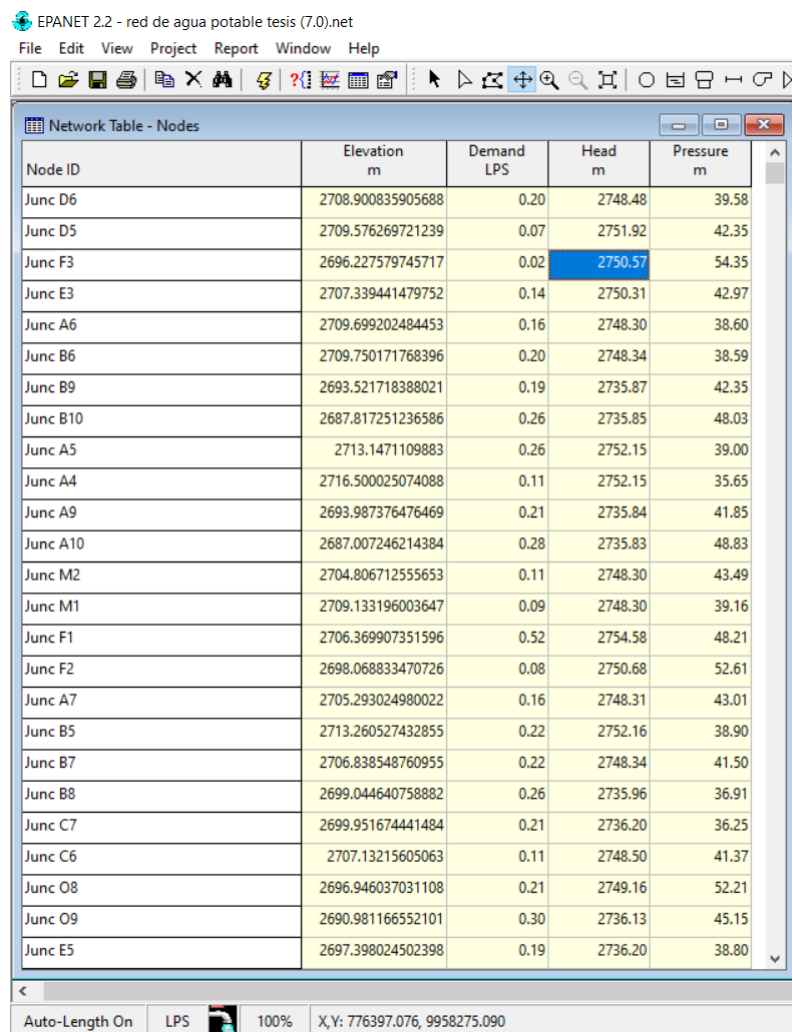
4.2.3.5 Reporte de cálculos realizados por EPANET 2.2

Se genera un cuadro resumen donde nos indica el nodo, la elevación en metros, la demanda en LPS y en cada nodo la presión dinámica en metros como nos indica la Figura 35.

El cuadro completo con las presiones dinámicas calculadas para todos los nodos se los puede encontrar en el Anexo 3.

Figura 35

Cuadro de presiones en nodos



EPANET 2.2 - red de agua potable tesis (7.0).net

File Edit View Project Report Window Help

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc D6	2708.900835905688	0.20	2748.48	39.58
Junc D5	2709.576269721239	0.07	2751.92	42.35
Junc F3	2696.227579745717	0.02	2750.57	54.35
Junc E3	2707.339441479752	0.14	2750.31	42.97
Junc A6	2709.699202484453	0.16	2748.30	38.60
Junc B6	2709.750171768396	0.20	2748.34	38.59
Junc B9	2693.521718388021	0.19	2735.87	42.35
Junc B10	2687.817251236586	0.26	2735.85	48.03
Junc A5	2713.1471109883	0.26	2752.15	39.00
Junc A4	2716.500025074088	0.11	2752.15	35.65
Junc A9	2693.987376476469	0.21	2735.84	41.85
Junc A10	2687.007246214384	0.28	2735.83	48.83
Junc M2	2704.806712555653	0.11	2748.30	43.49
Junc M1	2709.133196003647	0.09	2748.30	39.16
Junc F1	2706.369907351596	0.52	2754.58	48.21
Junc F2	2698.068833470726	0.08	2750.68	52.61
Junc A7	2705.293024980022	0.16	2748.31	43.01
Junc B5	2713.260527432855	0.22	2752.16	38.90
Junc B7	2706.838548760955	0.22	2748.34	41.50
Junc B8	2699.044640758882	0.26	2735.96	36.91
Junc C7	2699.951674441484	0.21	2736.20	36.25
Junc C6	2707.13215605063	0.11	2748.50	41.37
Junc O8	2696.946037031108	0.21	2749.16	52.21
Junc O9	2690.981166552101	0.30	2736.13	45.15
Junc E5	2697.398024502398	0.19	2736.20	38.80

Auto-Length On LPS 100% X,Y: 776397.076, 9958275.090

Nota. Los valores de resultados obtenidos son de presiones dinámicas. Elaborado por: Los autores a través de EPANET 2.2.

De igual manera se genera un cuadro de reporte para los tramos de tubería, obteniendo resultados como la velocidad, el diámetro, caudal, valor de las pérdidas, longitud de tramo de tubería y el coeficiente de fricción. (Ver Figura 36).

El cuadro completo con todos los tramos de tubería y sus características se los puede encontrar en el Anexo 2.

Figura 36

Cuadro de tramos de tubería.

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe C6-7	71.54	110	150	0.00	0.00	0.000
Pipe O8-9	99.29	110	150	0.00	0.00	0.000
Pipe E5-O9	103.8	110	150	-0.30	0.01	0.031
Pipe D8-E5	91.91	110	150	-1.15	0.17	0.025
Pipe D8-9	82.86	90	150	0.76	0.21	0.026
Pipe E5-6	37.12	110	150	-0.66	0.06	0.028
Pipe D10-11	77.8	110	150	0.94	0.11	0.025
Pipe C9-D11	67.6	110	150	0.91	0.11	0.025
Pipe N1-M1	38.82	90	150	0.17	0.02	0.039
Pipe N1-2	69.97	90	150	0.09	0.00	0.040
Pipe N2-N3	77.55	90	150	0.00	0.00	0.000
Pipe N3-M3	34.75	90	150	-0.10	0.01	0.061
Pipe M3-4	77.47	90	150	-0.11	0.01	0.042
Pipe M4-A9	55.37	90	150	-0.33	0.04	0.028
Pipe A9-B9	62.51	90	150	-0.48	0.09	0.028
Pipe F1-O5	41.09	110	150	10.58	10.20	0.018
Pipe E1-F1	157.7	110	150	5.10	2.65	0.020
Pipe E1-2	83.18	110	150	1.83	0.40	0.023
Pipe E2-3	72.54	110	150	1.18	0.18	0.025
Pipe D6-E3	75.96	110	150	2.15	0.53	0.022
Pipe C4-D6	80.24	90	150	0.98	0.33	0.025
Pipe B6-C4	78.44	110	150	0.67	0.06	0.027
Pipe G3-H3	69.4	110	150	1.37	0.23	0.024
Pipe H2-3	140.8	75	150	0.00	0.00	0.000
Pipe H1-2	94.83	90	150	-0.35	0.05	0.029
Pipe G1-H1	113.3	90	150	-0.52	0.11	0.027
Pipe G1-2	44.22	90	150	-0.60	0.13	0.026
Pipe O2-2	40.254	160	150	12.00	2.76	0.018

Nota. El valor del coeficiente de fricción es C=150 puesto que se utilizó la ecuación de Hazen Williams para los cálculos. Elaborado por: Los autores a través de EPANET 2.2.

CONCLUSIONES

Las presiones en los puntos más desfavorables no se ajustan a las especificaciones establecidas por la normativa de la EMAAP-Q (2009), incumpliendo los requisitos de presiones mínimas e incluso generando presiones negativas. Proyectando este escenario a un periodo de diseño de 30 años, surge la necesidad imperativa de contar con un tanque de mayor capacidad y una carga de agua superior, según lo indicado por el software EPANET 2.2.

Con base en los resultados obtenidos, se determina que se requiere una elevación de 10 metros de columna de agua. Para cumplir con este requerimiento la realidad demanda la elevación de la cota del terreno, esto permitirá lograr una carga de agua más sustancial y, en consecuencia, satisfacer las áreas críticas, asegurando así las presiones deseadas.

Un aspecto adicional, que requiere atención es que las velocidades actuales no cumplen con las normas establecidas las cuales especifican un mínimo de 0.45 m/s para evitar acumulación de sedimentos en la tubería.

En cuanto a las condiciones estructurales del tanque, se confirma que no hay filtraciones, lo cual respalda la integridad de la parte estructural actual. Sin embargo, se identifica la necesidad de ampliar para aumentar su volumen.

En el diseño de la red se necesitó la instalación de válvulas sectorizadas con el propósito de aislar los barrios y facilitar las labores de mantenimiento. Además, se establecieron tramos cerrados de tubería con caudal cero con el objetivo de cumplir las presiones requeridas en el sistema.

RECOMENDACIONES

Con el objetivo de cumplir con las normativas vigentes, y ante la falta de información sobre los pozos existentes, se hace imperativo llevar a cabo un ensayo de prospección. Este ensayo permitirá evaluar el nivel freático del agua subterránea y determinar si el caudal del pozo es suficiente para satisfacer las necesidades durante el periodo de diseño.

Es crucial llevar a cabo una preevaluación del sistema de agua potable, centrándose especialmente en los puntos más elevados que son los más desfavorables. En estos puntos, se recomienda emplear un manómetro para medir con mayor exactitud las presiones, y verificar el suministro de agua en las viviendas afectadas que tienen problemas de presión.

Es fundamental contar con la máxima cantidad de información para que el diseño del proyecto refleje de manera precisa la realidad.

Es necesario instalar válvulas de purga en los tramos donde las velocidades son bajas y no cumple con la normativa, puesto que estas desempeñan un papel fundamental al liberar los sedimentos acumulados y el aire en las tuberías.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, P. R. (1997). *Agua Potable para poblaciones rurales*. Asociación Servicios Educativos Rurales SER. Lima – Perú.
- Arocha, S. (1977). *Teoría y diseño de los abastecimientos de agua*. Caracas. Ediciones Vega.
- [Abastecimientos de Agua Teoría y diseño Simon Arocha Ravelo | APORTE A LA INGENIERÍA CIVIL | Información Libre \(aportealaingcivil.blogspot.com\)](#)
- Empresa metropolitana de alcantarillado y agua potable [EMAAP-Q]. (2009). *Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q*, Quito – Ecuador, 2008.
- EX IEOS, *Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones mayores a 1000 habitantes*, Quito - Ecuador, 1992
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (1992). *Normas para el estudio y diseño de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. [Normas INEN de agua potable y aguas residuales \(cingcivil.com\)](#)
- ITACA. (2006). Manual de abastecimiento de agua potable por gravedad. <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%20%20Gravedad/Manual>
- Lluguin, J. y Tinoco, J. (2022). *Diseño del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario, para el barrio El Rosario, parroquia de Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo digital. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23004>
- López, R. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados* (2da. ed.). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Loya, J. A. (2017). *Evaluación y rediseño del sistema de agua potable entre el Parque Central de Cotogchoa y la cooperativa Eloy Alfaro, cantón Rumiñahui*. [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13281>
- Olivares, J. (2013). *Abastecimiento de agua. Problemas resueltos*. Volumen I. Lima – Perú.
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2005). *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. Lima – Perú.
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2004). *La protección de las captaciones*. Lima - Perú.
- Rodríguez, P. (2001). *Abastecimiento de agua*. Oaxaca. Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Sandoval, W. (2019). *Diseño de obras hidrotécnicas*. Quito – Ecuador.
- Secretaría Nacional del Agua [SENAGUA]. (2018), *Norma de diseño para Sistemas de Abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área Rural*. Quito – Ecuador.
- Subsecretaría de Saneamiento ambiental y obras sanitarias (2012). [IEOS]. http://www.agua.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.
- Universidad Central del Ecuador. (1967). *Curso aprovechamiento de aguas subterráneas*. Quito.

ANEXOS

Anexo 1. Diseño de la red de agua potable. Método de las áreas

$$Q_{MD} = \frac{\text{Poblacion} * \text{Dotacion} * f}{86400}$$

Población = 3350 Hab
 Dotación = 150 l/Hab/día
 f = 1.2 (Factor por pérdidas)

QMD =	7.0	l/s
-------	-----	-----

$$Q_{md} = Q_{MD} * K1$$

K1 = 1.5

Qmd =	10.47	l/s
-------	-------	-----

$$Q_{MH} = Q_{MD} * K2$$

K2 = 2

QMH =	13.96	l/s
-------	-------	-----

$$q_{MH} = \frac{Q_{MH}}{\sum \text{Área ocupada}}$$

qMH = 0.384 l/s/Ha

NODOS	% Ocupación	A (Ha)	Área Ocupada (Ha)	Q_dem (lt/s)
			%Ocup*A	q*A
A1	50	0.79	0.395	0.15
A2	80	1.13	0.904	0.35
A3	80	0.76	0.608	0.23
A4	80	0.37	0.296	0.11
A5	80	0.86	0.688	0.26
A6	100	0.41	0.41	0.16
A7	100	0.42	0.42	0.16
A8	100	0.49	0.49	0.19
A9	90	0.62	0.558	0.21

NODOS	% Ocupación	A	Área Ocupada	Q_dem
		(Ha)	(Ha)	(lt/s)
			%Ocup*A	q*A
A10	90	0.80	0.72	0.28
A11	50	1.01	0.505	0.19
B1	60	0.51	0.306	0.12
B2	50	0.72	0.36	0.14
B3	50	0.82	0.41	0.16
B4	50	0.76	0.38	0.15
B5	90	0.63	0.567	0.22
B6	90	0.58	0.522	0.20
B7	100	0.57	0.57	0.22
B8	100	0.68	0.68	0.26
B9	60	0.81	0.486	0.19
B10	30	2.24	0.672	0.26
C1	40	1.35	0.54	0.21
C2	30	1.14	0.342	0.13
C3	80	0.65	0.52	0.20
C4	90	0.59	0.531	0.20
C5	100	0.40	0.4	0.15
C6	100	0.28	0.28	0.11
C7	100	0.56	0.56	0.21
C8	90	0.67	0.603	0.23
C9	10	0.46	0.046	0.02
C10	10	0.92	0.092	0.04
D1	10	4.31	0.431	0.17
D2	10	1.56	0.156	0.06
D3	20	0.91	0.182	0.07
D4	40	0.32	0.128	0.05
D5	50	0.34	0.17	0.07
D6	90	0.59	0.531	0.20
D7	90	0.44	0.396	0.15
D8	90	0.53	0.477	0.18
D9	100	0.22	0.22	0.08
D10	50	0.3	0.15	0.06
D11	20	0.37	0.074	0.03
D12	10	1.5	0.15	0.06
E1	50	1.49	0.745	0.29
E2	40	0.6	0.24	0.09
E3	40	0.9	0.36	0.14
E4	90	0.82	0.738	0.28
E5	80	0.63	0.504	0.19
E6	80	0.43	0.344	0.13
E7	30	0.57	0.171	0.07
E8	10	3.35	0.335	0.13

NODOS	% Ocupación	A	Área Ocupada	Q_dem
		(Ha)	(Ha)	(lt/s)
			%Ocup*A	q*A
E9	10	0.96	0.096	0.04
F1	90	1.51	1.359	0.52
F2	40	0.49	0.196	0.08
F3	10	0.57	0.057	0.02
F4	20	0.5	0.1	0.04
F5	70	0.42	0.294	0.11
F6	20	1.86	0.372	0.14
F7	10	1.79	0.179	0.07
G1	50	0.43	0.215	0.08
G2	70	0.66	0.462	0.18
G3	20	0.57	0.114	0.04
H1	40	1.08	0.432	0.17
H2	40	0.81	0.324	0.12
H3	50	0.75	0.375	0.14
H4	30	0.54	0.162	0.06
I1	10	0.32	0.032	0.01
I2	80	0.27	0.216	0.08
I3	40	1.11	0.444	0.17
I4	50	1.35	0.675	0.26
J1	20	1.72	0.344	0.13
J2	10	3.23	0.323	0.12
J3	10	1.92	0.192	0.07
J4	10	1.02	0.102	0.04
J5	20	0.41	0.082	0.03
J6	10	0.38	0.038	0.01
J7	10	0.37	0.037	0.01
K1	50	0.74	0.37	0.14
K2	30	0.43	0.129	0.05
K3	20	1.54	0.308	0.12
L1	20	0.95	0.19	0.07
L2	20	0.57	0.114	0.04
L3	30	0.71	0.213	0.08
L4	40	1.34	0.536	0.21
L5	20	1.73	0.346	0.13
L6	10	8.6	0.86	0.33
M1	90	0.25	0.225	0.09
M2	100	0.28	0.28	0.11
M3	80	0.27	0.216	0.08
M4	90	0.64	0.576	0.22
N1	100	0.21	0.21	0.08
N2	100	0.27	0.27	0.10
N3	100	0.27	0.27	0.10

NODOS	% Ocupación	A	Área Ocupada	Q_dem
		(Ha)	(Ha)	(lt/s)
			%Ocup*A	q*A
O1	20	0.38	0.076	0.03
O2	10	0.57	0.057	0.02
O3	30	1.76	0.528	0.20
O4	40	0.85	0.34	0.13
O5	40	0.57	0.228	0.09
O6	10	0.42	0.042	0.02
O7	20	0.54	0.108	0.04
O8	70	0.78	0.546	0.21
O9	70	1.1	0.77	0.30

$\Sigma =$	36.393	13.96
------------	---------------	--------------

Anexo 2. Cálculo de las pérdidas con EPANET 2.2

	L	D	C	Q	V	Perdidas	Factor de fricción
Tramo	m	mm		LPS	m/s	m	
D5-6	75.44	110	150	0.00	0.00	0.000	0.000
E3-F3	172.50	50	150	0.48	0.38	0.002	0.025
B9-10	133.30	50	150	0.15	0.38	0.000	0.030
A4-5	78.68	75	150	0.02	0.41	0.000	0.000
A9-10	148.70	63	150	0.14	0.40	0.000	0.030
M1-2	71.69	50	150	0.00	0.00	0.000	0.000
F1-2	101.70	62	150	0.00	0.00	0.000	0.000
A5-B5	75.82	63	150	-0.28	0.47	0.000	0.028
B5-6	78.31	75	150	0.00	0.00	0.000	0.000
B6-7	71.50	75	150	-0.10	0.40	0.000	0.033
B7-8	77.33	90	150	0.00	0.00	0.000	0.000
B8-C7	100.70	63	150	-1.13	0.42	0.002	0.023
C6-7	71.54	110	150	0.00	0.00	0.000	0.000
O8-9	99.29	110	150	0.00	0.00	0.000	0.000
E5-O9	103.80	50	150	-0.30	0.35	0.001	0.027
D8-E5	91.91	63	150	-0.96	0.31	0.002	0.024
D8-9	82.86	50	150	0.59	0.30	0.002	0.025
E5-6	37.12	50	150	-0.47	0.44	0.001	0.025
D10-11	77.80	50	150	0.42	0.41	0.001	0.026

	L	D	C	Q	V	Perdidas	Factor de fricción
Tramo	m	mm		LPS	m/s	m	
C9-D11	67.60	50	150	0.39	0.42	0.001	0.026
N1-M1	38.82	50	150	0.01	0.31	0.000	0.000
N1-2	69.97	63	150	-0.07	0.32	0.000	0.032
N2-N3	77.55	90	150	0.00	0.00	0.000	0.000
N3-M3	34.75	63	150	-0.10	0.37	0.000	0.031
M3-4	77.47	63	150	0.09	0.36	0.000	0.035
M4-A9	55.37	63	150	-0.13	0.34	0.000	0.030
A9-B9	62.51	63	150	-0.48	0.45	0.001	0.026
F1-O5	41.09	110	150	10.58	1.11	0.010	0.018
E1-F1	157.70	110	150	10.06	1.06	0.009	0.018
E1-2	83.18	63	150	0.00	0.00	0.000	0.000
E2-3	72.54	90	150	6.19	0.97	0.010	0.019
D6-E3	75.96	90	150	0.00	0.00	0.000	0.000
C4-D6	80.24	50	150	0.35	0.38	0.001	0.027
B6-C4	78.44	50	150	0.36	0.48	0.001	0.026
G3-H3	69.40	50	150	1.37	0.70	0.011	0.022
H2-3	140.80	75	150	0.00	0.00	0.000	0.000
H1-2	94.83	50	150	-0.35	0.48	0.001	0.027
G1-H1	113.30	50	150	-0.52	0.27	0.002	0.025
G1-2	44.22	50	150	-0.60	0.31	0.002	0.025
O2-3	40.25	160	150	-13.99	0.70	0.003	0.018
K2-L2	91.67	50	150	-0.23	0.42	0.000	0.028
K2-3	35.58	50	150	0.45	0.43	0.001	0.026
K3-L3	94.55	50	150	0.33	0.47	0.001	0.027
H3-4	84.31	50	150	-0.52	0.27	0.002	0.025
D1-2	131.10	50	150	-0.17	0.29	0.000	0.030
D2-3	156.80	50	150	-0.23	0.42	0.000	0.028
D3-E1	70.33	110	150	-9.77	1.03	0.009	0.018
H3-K1	60.08	50	150	0.71	0.36	0.003	0.024
K1-L1	85.91	50	150	0.29	0.45	0.001	0.027
L1-2	72.56	50	150	0.22	0.31	0.000	0.028
D12-E9	67.40	50	150	-0.14	0.39	0.000	0.030
E6-7	69.59	50	150	-0.38	0.41	0.001	0.026
I3-2	60.32	50	150	-0.18	0.39	0.000	0.029
J7-I4	48.19	50	150	0.41	0.42	0.001	0.026
J5-6	45.52	50	150	0.39	0.42	0.001	0.026
J4-5	62.06	50	150	0.36	0.48	0.001	0.026
J3-4	39.49	50	150	0.32	0.46	0.001	0.027
J2-3	52.51	50	150	0.25	0.33	0.000	0.028

	L	D	C	Q	V	Perdidas	Factor de fricción
Tramo	m	mm		LPS	m/s	m	
J1-2	61.67	50	150	0.13	0.29	0.000	0.031
D6-7	79.30	50	150	-0.55	0.31	0.002	0.025
D7-E4	84.59	90	150	-5.68	0.89	0.009	0.019
F4-5	49.53	50	150	0.04	0.41	0.000	0.043
F3-4	43.34	50	150	0.00	0.00	0.000	0.000
F2-3	66.35	50	150	-0.50	0.42	0.002	0.025
F2-06	34.57	75	150	-0.58	0.33	0.000	0.026
E2-O7	76.95	75	150	-0.64	0.44	0.000	0.026
D5-E2	71.49	90	150	-6.92	1.09	0.012	0.018
D4-5	8.08	75	150	-6.99	1.58	0.031	0.018
D3-4	72.64	110	150	-6.73	0.71	0.004	0.019
C2-D3	85.72	90	150	2.74	0.43	0.002	0.021
C2-3	69.99	63	150	0.89	0.42	0.002	0.024
B5-C3	83.38	63	150	0.38	0.42	0.000	0.027
B4-5	75.47	75	150	-0.12	0.41	0.000	0.040
B4-C2	83.09	63	150	-0.91	0.39	0.002	0.024
C1-2	201.30	75	150	0.81	0.38	0.001	0.025
A1-2	72.13	75	150	0.22	0.35	0.000	0.030
A2-B3	86.74	50	150	0.00	0.00	0.000	0.000
C10-D12	66.01	50	150	0.08	0.32	0.000	0.033
C7-8	74.73	50	150	-0.68	0.35	0.003	0.024
C7-D8	53.27	75	150	-2.02	0.46	0.003	0.022
B7-C5	79.21	63	150	0.76	0.43	0.001	0.024
E4-5	103.00	75	150	0.00	0.00	0.000	0.000
E3-4	86.03	90	150	-6.53	1.03	0.011	0.019
A7-M2	33.39	63	150	0.28	0.39	0.000	0.028
N2-M2	42.30	63	150	0.17	0.38	0.000	0.033
B10-C10	87.42	50	150	0.43	0.42	0.001	0.026
A10-B10	61.21	63	150	0.33	0.44	0.000	0.027
A10-11	52.67	63	150	0.19	0.39	0.000	0.030
A8-B8	78.14	50	150	0.46	0.33	0.001	0.025
M3-A8	37.77	63	150	0.27	0.35	0.000	0.029
M2-3	74.75	50	150	0.00	0.00	0.000	0.000
A7-B7	77.40	63	150	0.44	0.40	0.000	0.027
A7-8	74.16	90	150	0.00	0.00	0.000	0.000
C3-D4	81.49	63	150	-0.31	0.35	0.000	0.028
C3-4	81.51	110	150	0.00	0.00	0.000	0.000
C4-5	76.16	50	150	-0.21	0.41	0.000	0.029
A2-3	108.40	75	150	-0.13	0.47	0.000	0.031

	L	D	C	Q	V	Perdidas	Factor de fricción
Tramo	m	mm		LPS	m/s	m	
A3-4	5.93	75	150	-0.36	0.38	0.000	0.033
A4-B4	79.99	75	150	-0.45	0.41	0.000	0.027
B3-4	105.60	75	150	0.19	0.38	0.000	0.031
B2-3	86.84	63	150	0.03	0.41	0.000	0.043
B1-2	84.08	50	150	0.12	0.38	0.000	0.032
G2-H2	99.79	50	150	0.80	0.41	0.004	0.024
H4-K2	57.78	50	150	0.46	0.33	0.001	0.026
K1-2	77.89	50	150	-0.28	0.41	0.001	0.028
B9-C8	93.17	50	150	0.42	0.36	0.001	0.026
B8-9	74.28	50	150	-0.41	0.42	0.001	0.026
H2-I4	138.00	63	150	1.03	0.33	0.002	0.023
TAN-O2	120.61	160	150	14.01	0.70	0.003	0.018
O3-4	138.30	110	150	13.79	1.45	0.017	0.017
O4-5	126.60	110	150	13.66	1.44	0.016	0.017
J6-7	39.97	32	150	-0.40	0.50	0.010	0.025
L2-3	72.56	50	150	0.42	0.42	0.001	0.026
L3-4	102.44	50	150	0.67	0.34	0.003	0.024
A1-B2	79.92	75	150	-0.37	0.39	0.000	0.028
B2-C1	90.76	75	150	-0.60	0.38	0.000	0.026
A5-6	75.47	50	150	0.00	0.00	0.000	0.000
C5-6	27.74	63	150	-1.12	0.36	0.002	0.023
C6-D7	46.31	63	150	-1.23	0.40	0.003	0.023
C8-9	85.20	50	150	0.03	0.22	0.000	0.032
C9-10	22.68	50	150	0.39	0.32	0.001	0.026
D9-10	17.47	50	150	0.51	0.36	0.002	0.025
D10-E6	61.12	50	150	0.04	0.32	0.000	0.037
E4-O8	94.22	50	150	0.57	0.39	0.002	0.025
L4-5	83.94	50	150	0.46	0.43	0.001	0.026
L5-6	85.19	50	150	0.33	0.37	0.001	0.027
A6-B6	77.96	50	150	-0.26	0.43	0.001	0.028
A6-M1	35.99	50	150	-0.10	0.35	0.000	0.034
A6-7	73.63	50	150	0.00	0.00	0.000	0.000
I1-2	33.73	50	150	0.01	0.35	0.000	0.334
I4-3	115.08	50	150	0.44	0.22	0.001	0.026
E9-8	80.54	50	150	-0.18	0.39	0.000	0.030
E7-8	119.35	50	150	-0.31	0.36	0.001	0.027
Pipe5	21.24	90	150	-2.99	0.47	0.003	0.021
Pipe 6	20.16	90	150	2.99	0.47	0.003	0.021
D7-8	63.63	90	150	3.75	0.59	0.004	0.020

	L	D	C	Q	V	Perdidas	Factor de fricción
Tramo	m	mm		LPS	m/s	m	
G2-3	161.58	50	150	1.41	0.72	0.011	0.022
F6-7	62.04	50	150	0.07	0.44	0.000	0.033
O7-6	1000.00	75	150	-0.60	0.36	0.000	0.026
O8-F5	62.06	50	150	-0.36	0.48	0.001	0.026
Valve 3		50		0.00	0.00	0.000	0.000
Valve 4		90		2.99	0.47	0.000	0.000
Valve 8		90		3.75	0.59	0.012	0.000
Valve 10		75		1.41	0.32	0.034	0.000
Valve 11		50		0.21	0.11	0.027	0.000

Anexo 3. Cálculo de la presión dinámica con EPANET 2.2

Nudo	Cota	Demanda	Altura	P. Dinámica
	m	LPS	m	m
D6	2708.90	0.20	2748.48	39.58
D5	2709.58	0.07	2751.92	42.35
F3	2696.23	0.02	2750.57	49.35
E3	2707.34	0.14	2750.31	42.97
A6	2709.70	0.16	2748.30	38.60
B6	2709.75	0.20	2748.34	38.59
B9	2693.52	0.19	2735.87	42.35
B10	2687.82	0.26	2735.85	48.03
A5	2713.15	0.26	2752.15	39.00
A4	2716.50	0.11	2752.15	35.65
A9	2693.99	0.21	2735.84	41.85
A10	2687.01	0.28	2735.83	48.83
M2	2704.81	0.11	2748.30	43.49
M1	2709.13	0.09	2748.30	39.16
F1	2706.37	0.52	2754.58	48.21
F2	2698.07	0.08	2750.68	49.61
A7	2705.29	0.16	2748.31	43.01
B5	2713.26	0.22	2752.16	38.90
B7	2706.84	0.22	2748.34	41.50
B8	2699.04	0.26	2735.96	36.91
C7	2699.95	0.21	2736.20	36.25

Nudo	Cota	Demanda	Altura	P. Dinámica
	m	LPS	m	m
C6	2707.13	0.11	2748.50	41.37
O8	2696.95	0.21	2749.16	52.21
O9	2690.98	0.30	2736.13	45.15
E5	2697.40	0.19	2736.20	38.80
D8	2700.68	0.18	2736.37	35.69
D9	2693.17	0.08	2736.18	43.00
E6	2692.56	0.13	2736.15	43.59
D10	2692.23	0.06	2736.15	43.92
D11	2687.92	0.03	2736.05	48.13
C9	2687.44	0.02	2735.99	48.54
N1	2708.64	0.08	2748.30	39.65
N2	2704.75	0.10	2748.30	43.55
N3	2700.82	0.10	2735.84	35.02
M3	2699.42	0.08	2735.84	36.42
M4	2693.84	0.22	2735.84	42.00
G3	2694.33	0.04	2719.45	25.13
G2	2706.29	0.18	2754.89	48.59
O5	2707.80	0.09	2755.00	47.20
E1	2707.01	0.29	2753.11	46.11
E2	2706.91	0.09	2751.04	44.13
C4	2709.64	0.20	2748.41	38.77
H3	2695.05	0.14	2718.71	23.66
H2	2707.59	0.12	2754.49	46.90
H1	2714.18	0.17	2754.58	40.40
G1	2705.63	0.08	2754.78	49.16
O3	2733.48	0.20	2759.37	25.90
O2	2742.76	0.02	2759.48	16.72
L4	2673.00	0.21	2718.05	45.05
L2	2686.76	0.04	2718.43	31.68
K2	2686.37	0.05	2718.47	32.11
K3	2683.70	0.12	2718.42	34.73
L3	2682.58	0.08	2718.35	35.77
F7	2682.66	0.07	2721.95	39.29
F6	2686.95	0.14	2721.95	35.00
F5	2690.27	0.11	2749.10	49.83
H4	2686.48	0.06	2718.55	32.07
D1	2737.53	0.17	2752.40	14.87
D2	2723.41	0.06	2752.43	29.02
D3	2712.13	0.07	2752.49	40.36
K1	2698.22	0.14	2718.51	20.29

Nudo	Cota	Demanda	Altura	P. Dinámica
	m	LPS	m	m
L1	2697.51	0.07	2718.46	20.96
E7	2687.59	0.07	2736.08	48.49
D12	2687.23	0.06	2735.96	48.73
E9	2686.97	0.04	2735.97	49.00
E8	2687.46	0.13	2735.99	48.54
I1	2740.31	0.01	2754.04	13.74
I2	2739.67	0.17	2754.04	14.37
I3	2733.17	0.26	2754.06	20.89
I4	2727.52	0.18	2754.21	26.69
J7	2724.63	0.01	2754.15	29.52
J6	2725.23	0.01	2753.77	28.53
J5	2724.07	0.03	2753.72	29.65
J4	2725.38	0.04	2753.66	28.28
J3	2735.08	0.07	2753.63	18.55
J2	2736.00	0.12	2753.61	17.61
J1	2739.94	0.13	2753.60	13.66
D7	2706.62	0.15	2748.63	42.01
E4	2705.25	0.28	2749.36	44.11
F4	2691.81	0.04	2749.10	47.29
O6	2700.01	0.02	2750.69	49.69
O7	2703.70	0.04	2751.01	47.31
D4	2710.45	0.05	2752.17	41.72
C2	2717.16	0.13	2752.30	35.14
C3	2712.85	0.20	2752.19	39.34
B4	2717.23	0.15	2752.16	34.94
C1	2736.39	0.21	2752.19	15.80
A1	2735.65	0.15	2752.15	16.50
A2	2724.72	0.35	2752.15	27.42
B3	2725.70	0.16	2752.16	26.46
C10	2687.73	0.04	2735.96	48.23
C8	2691.63	0.23	2735.99	44.36
C5	2706.80	0.15	2748.43	41.63
A11	2687.46	0.19	2735.83	48.37
A8	2700.03	0.19	2735.85	35.82
A3	2716.47	0.23	2752.15	35.68
B2	2737.52	0.14	2752.16	14.64
B1	2734.46	0.12	2752.15	17.69
O4	2714.40	0.13	2757.07	42.67
L5	2670.00	0.13	2717.93	47.93
L6	2678.00	0.33	2717.87	39.87

Nudo	Cota	Demanda	Altura	P. Dinámica
	m	LPS	m	m
1	2706.00	0.00	2754.94	48.94
2	2706.00	0.00	2754.94	48.94
3	2706.62	0.00	2736.62	30.00
4	2706.29	0.00	2721.29	15.00
Tanque	2758.82	14.01	2759.82	1.00

Anexo 3. Ensayos de laboratorio



Orden de trabajo N°231691
Informe N° 231691A
Hoja 1 de 2

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE:

Nombre: JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO UYUMBICHO
Dirección: Uyumbicho, Calle Pasochoa s/n subida a Santa Rosa
Muestra: Agua potable
Descripción: Líquido
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 26 de abril del 2023
Lote: ---
Localización: Vertiente piscina Laura Carbo
Envase: Frasco estéril
Conservación de la muestra: Refrigeración

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 26 de abril del 2023
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 26 – 27 de abril del 2023
Fecha de emisión del informe: 04 de mayo del 2023
Condiciones ambientales: 24,3°C 43%HR

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS	LÍMITES MÁX PERMISIBLES INEN 1108
Recuento de Coliformes fecales	ufc/100ml	PEEMi/LA/19 Standard Methods 9222 D	< 1*	Ausencia

*El resultado es equivalente a Ausencia

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / ceciliaLuzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

MC

www.labolab.com.ec

Quito - Ecuador

Edución: 7 / Mayo del 2019

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE:

Nombre: JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO UYUMBICHO
Dirección: Uyumbicho, Calle Pasochoa s/n subida a Santa Rosa
Muestra: Agua potable
Descripción: Líquido
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 26 de abril del 2023
Lote: ---
Localización: Vertiente piscina Laura Carbo
Envase: PET
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 26 de abril del 2023
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 26 – 28 de abril del 2023
Fecha de emisión del informe: 04 de mayo del 2023
Condiciones ambientales: 21,2°C 55%HR

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA INEN 1108
pH (20°C)	unidades de pH	PEE/LA/10 INEN ISO 10523	7,09 ± 0,15	6,5 - 8,00
Conductividad (25°C):	µS/cm	PEE/LA/A03 Standard Methods 2510 B	403 ± 20,37	---
Dureza total:	mg/l	PEE/LA/A11 Standard Methods 2340 C	143,00 ± 0,62	---
Calcio	mg/l	PEE/LA/A12 Standard Methods 3500- Ca B	24,57 ± 0,13	---
Magnesio:	mg/l	PEE/LA/A12 Standard Methods 3500-Mg B	19,84 ± 1,79	---


Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB. LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente. Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB. Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / ceciliacruzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE:

Nombre: JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO UYUMBICHO
Dirección: Uyumbicho, Calle Pasochoa s/n subida a Santa Rosa
Muestra: Agua potable
Descripción: Líquido
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 26 de abril del 2023
Lote: ---
Localización: Salida Angamarca
Envase: Frasco estéril
Conservación de la muestra: Refrigeración

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 26 de abril del 2023
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 26 – 27 de abril del 2023
Fecha de emisión del informe: 04 de mayo del 2023
Condiciones ambientales: 24,3°C 43%HR

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS	LÍMITES MÁX PERMISIBLES INEN 1108
Recuento de Coliformes fecales	ufc/100ml	PEEMi/LA/19 Standard Methods 9222 D	< 1*	Ausencia

*El resultado es equivalente a Ausencia

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB. LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente. Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB. Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / ceciliacruzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE:

Nombre: JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO UYUMBICHO
Dirección: Uyumbicho, Calle Pasochoa s/n subida a Santa Rosa
Muestra: Agua potable
Descripción: Líquido
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 26 de abril del 2023
Lote: ---
Localización: Salida Angamarca
Envase: PET
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 26 de abril del 2023
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 26 – 28 de abril del 2023
Fecha de emisión del informe: 04 de mayo del 2023
Condiciones ambientales: 21,2°C 55%HR

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA INEN 1108
Sodio:	mg/l	Electrodo selectivo	14	----
Potasio:	mg/l	Electrodo selectivo	3	----
Color:	UCA	Visual	0	15
Turbiedad:	NTU	Nefelométrico	0	5
Alcalinidad Total:	mg/l	PEE/LA/A10 Standard Methods 2320 B	198,34	----
Carbonatos:	mg/l	PEE/LA/A10 Standard Methods 2320 B	0,00	----
Bicarbonatos:	mg/l	PEE/LA/A10 Standard Methods 2320 B	198,34	----
Cloruros:	mg/l	PEE/LA/A13 Standard Methods 4500- Cl- B	3,55	----
Fosfatos:	mg/l	Standard Methods 4500-P C	0,31	----
Nitritos:	mg/l	Standard Methods 4500-NO ₂ ⁻ B	< 0,05	3,0
Sulfatos:	mg/l	Standard Methods 4500-SO ₄ ²⁻ E	8,77	----
Hierro total:	mg/l	Standard Methods 3500-Fe B	0,16	----
Solidos totales:	mg/l	Standard Methods 2540 B	282	----
Solidos disueltos totales:	mg/l	Standard Methods 2540 C	207	----
Solidos suspendidos:	mg/l	Standard Methods 2540 D	75	----

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / ceciliacruzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

PLANOS PARA EL DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE

Anexo 4. Plano topográfico del barrio Uyumbicho, zona norte.

Anexo 5. Plano de la red de la red de agua potable.

Anexo 6. Plano de áreas de aportación.

Anexo 7. Plano de datos hidráulicos sección 1.

Anexo 8. Plano de datos hidráulicos sección 2

Anexo 9. Plano de datos hidráulicos sección 3

Anexo 10. Plano de datos hidráulicos sección 4

Anexo 11. Plano de datos hidráulicos sección 5

Anexo 12. Plano de datos hidráulicos sección 6

Anexo 13. Plano de datos hidráulicos sección 7

Anexo 14. Plano de datos hidráulicos sección 8

Anexo 15. Plano de datos hidráulicos sección 9

Anexo 16. Plano alineamientos.

Anexo 17. Plano perfil longitudinal Calle SN

Anexo 18. Plano perfil longitudinal Calle Carlos Brito

Anexo 19. Plano perfil longitudinal Calle Sarahurco D1-D3

Anexo 20. Plano perfil longitudinal Calle Rumiñahui

Anexo 21. Plano perfil longitudinal Calle Antisana C1-C5

Anexo 22. Plano perfil longitudinal Calle Antisana C7-C10

Anexo 23. Plano perfil longitudinal Calle Cayambe E2-E8

Anexo 24. Plano perfil longitudinal Calle A

Anexo 25. Plano perfil longitudinal Calle Manuel Vega

Anexo 26. Plano perfil longitudinal Calle Sarahurco D6-D11

Anexo 27. Plano perfil longitudinal Calle Sincholahua

Anexo 28. Plano perfil longitudinal Calle 23 de Julio

Anexo 29. Plano perfil longitudinal Calle Carlos Brito J1-J7

Anexo 30. Plano perfil longitudinal Calle Anchamaza

