

**EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL
MUNICIPIO DE UBAQUE CUNDINAMARCA, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUMINISTRO EN LA
CABECERA MUNICIPAL.**

Aldemar Mora Sabogal



Ingeniería Civil, Facultad de Ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2024

**Evaluación técnica del sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de Ubaque
Cundinamarca, para el mejoramiento del suministro en la cabecera municipal.**

Aldemar Mora Sabogal

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Docente Asesora Diana Stefany Parra Ramírez



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Ingeniería Civil, Facultad de Ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2024

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, hermanos y a mi pareja, por su amor y apoyo, de igual forma, a mis profesores por seguir motivando a los estudiantes a ser mejores profesionales. Espero que mi esfuerzo sea útil para aquellos que deciden dedicarse a esta carrera y en especial, a los que se atreven a construir conocimiento con miras a el mejoramiento de la calidad de vida en nuestra sociedad.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este punto, a mis padres y hermanos quienes me han apoyado a lo largo de mi proceso académico, a mi novia, quien me animo diariamente para perseverar en la universidad y hacer las cosas con excelencia, nada de esto hubiera sido posible sin las personas que me aman y creyeron en mis capacidades.

De igual forma reconozco y agradezco el trabajo hecho por otros profesionales que han antecedido las investigaciones acerca del tema y aquellos que me han dado una guía y orientación oportuna para adelantar mi investigación.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Tabla de contenido

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GENERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
CAPÍTULO 1	14
3. INTERPRETACIÓN INICIAL	14
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
3.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	15
3.3 MARCO TEÓRICO	18
3.4 MARCO CONCEPTUAL	21
3.5 MARCO GEOGRÁFICO.....	27
3.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE CAPTACIÓN DE AGUA EN UBAQUE CUNDINAMARCA.....	29
3.7 PERCEPCIÓN DE LA COMUNIDAD ACERCA DE LA CALIDAD, CANTIDAD Y FRECUENCIA DEL SUMINISTRO DE AGUA	38
CAPÍTULO 2	43
4. VALORES DE PROYECCIÓN Y DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA	43
4.1 MARCO METODOLÓGICO.....	44
4.2 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN	47
4.3 DEMANDA DE AGUA PARA EL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA.....	56
4.4 PARÁMETROS DE DISEÑO SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA	62

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

4.5 ADUCCIÓN	78
4.6 DESARENADOR	84
4.7 ZONA DE LODOS	91
4.8 CONDUCCIÓN	96
4.9 TANQUE DE ALMACENAMIENTO	100
4.10 ANCLAJES.....	104
CAPÍTULO 3	115
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	115
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
7. LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA	118
ANEXOS.....	122

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa división política municipio de ubaque	28
Figura 2. Mapa del casco urbano del municipio de ubaque	29
Figura 3. Captación del cauce del río por medio de sistema de contención hecho en piedras	30
Figura 4. Cámara de captación de agua	31
Figura 5. Desarenador	33
Figura 6. Pozo de lodos desarenador	33
Figura 7. Planta de tratamiento de agua	35
Figura 8. Planta de tratamiento de agua	36
Figura 9. Manguera de polipropileno para el abastecimiento	37
Figura 10. Tanque redondo de almacenamiento	37
Figura 11. Plano general de la distancia entre las diferentes partes del sistema de captación ...	46
Figura 12. Plano detallado de la distancia entre las diferentes partes del sistema	46
Figura 13. Plano de la distancia entre los tanques de almacenamiento para el sistema	47
Figura 14. Representación grafica de la longitud necesaria entre barrotes para la rejilla	68
Figura 15. Representación gráfica de la tubería de excesos conforme a las medidas	76
Figura 16. Representación grafica del sistema de captación de agua conforme a los cálculos	78
Figura 17. Relaciones hidráulicas para conductos circulares	80
Figura 18. Relaciones hidráulicas para conductos circulares	81
Figura 19. Representación grafica de la pantalla del desarenador	91
Figura 19. Representación gráfica de los desarenadores ubicados de forma paralela	95
Figura 20. Representación grafica del desarenador de perfil	96
Figura 21. Modelación de la red de distribución en la cabecera municipal de ubaque	109

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 22	110
Figura 23. Características de los nodos. Demanda, altura y distancia.....	111
Figura 24. Características de los nodos. Demanda, altura.....	112
Figura 25. Características de la tubería. Longitud, diámetro, velocidad, factor de fricción.....	113
Figura 26. Características de la tubería. Longitud, diámetro, velocidad, factor de fricción.....	114

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Lista de Tablas

Tabla 1.....	26
Tabla 2. Distribución de los días feriados del año	48
Tabla 3. Censo poblacional en ubaque- cundinamarca a través de los años	49
Tabla 4. Proyección de población tomando como referencia la fuente dane.....	53
Tabla 5. Proyección de población tomando como referencia la fuente sui	54
Tabla 6. Dotación neta máxima conforme a altura sobre el nivel del mar.....	56
Tabla 7. Dotación de uso comercial.....	57
Tabla 8. Uso institucional, industrial y público	57
Tabla 9. Relaciones hidráulicas	82
Tabla 10. Cálculos de las tuberías	99
Tabla 11. Intensidad del consumo conforme al uso horario	101
Tabla 12. Coeficiente de fricción según el terreno	104
Tabla 13.....	107
Tabla 14.....	108
Tabla 15.....	108
Tabla 16.....	108
Tabla 17.....	108
Tabla 18.....	108

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

RESUMEN

La presente investigación tiene el objetivo de realizar una evaluación técnica del sistema de abastecimiento de agua potable en la cabecera municipal de Ubaque Cundinamarca, para identificar las falencias dentro del sistema de capacitación de agua, realizar los cálculos necesarios y elaborar una propuesta de diseño conforme a la Resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021, y teniendo en cuenta autores relevantes en los diseños de acueducto y alcantarillado como lo es López Cualla (2007), todo ello, con la intención de dar respuesta a las reformas técnicas que demanda el sistema de capacitación de agua actual, y con ello, promover el mejoramiento en las condiciones de mantenimiento del sistema de captación de agua y asegurar un suministro constante y de calidad de agua potable; que aumente la calidad de vida de la población actualmente, y que esté en las condiciones propicias para el crecimiento poblacional y comercial que puede experimentar el municipio con el paso de los años.

Palabras clave:

Captación, Aducción, Bocatoma, Desarenador, Epanet, Población, Red, Distribución.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

ABSTRACT

The objective of this research is to carry out a technical exam of the drinking water supply system in the urban area of the municipality of Ubaque Cundinamarca, to identify the deficiencies of the water collection system, make the necessary calculations and make a design proposal according to *Resolution 0330 of 2017*, and taking into account relevant authors in the design of aqueducts and sewers such as *López Cualla (2007)*, with the intention of responding to the technical reforms demanded by the current water collection system, and promoting an improvement in the maintenance conditions of the water collection system, and ensure a constant and quality drinking water supply; that increases the current quality of life of the population, and that is in favorable conditions for population and commercial growth that will come over the years.

Keywords:

Collection, Aduccion, Bocatoma, Desarenador, Epanet, Population, Grid, Distribution

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto, tiene como propósito identificar el sistema de abastecimiento de agua potable idóneo para satisfacer las necesidades de la población del municipio de Ubaque; se identificó que el suministro de agua para la población no es óptimo como resultado de la estadía en el municipio, conversaciones con los habitantes del sector y la revisión documental, la cual dejó en evidencia la fluctuación del suministro de agua potable cuando las condiciones climáticas son lluviosas y el caudal del río Palmar aumenta; por lo tanto las condiciones del recurso hídrico no cumplen con aquello que propone la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021 en cuanto a la garantía de la calidad y continuidad del servicio, puesto que presentan altos índices de sedimentación y turbidez, amenazando la salud e integridad física de los residentes y visitantes del municipio.

Por lo tanto, reconociendo la importancia del agua como suministro vital para la vida y entendiendo que el acceso limitado y de mala calidad es contraproducente con los derechos humanos de los que goza de forma inalienable todo ser humano, se propone el diagnóstico de las condiciones actuales del sistema de captación de agua y el diagnóstico socioeconómico y cultural de la población con la intención de recoger una primera impresión sobre la problemática y poder sentar las bases para los estudios en cuanto al levantamiento del diseño y caudales, para el posterior diseño de planos de un sistema de abastecimiento convencional de agua potable que se acomode a las necesidades, condiciones geográficas y proyección de población del municipio.

La población que se espera beneficiar directamente es a aquellos que habitan y visitan el municipio de Ubaque, y a su vez aquellos que debido a la actividad mercantil del municipio (agricultura, actividad principal) se beneficien por efecto de las mejores condiciones de agua durante el riego de cultivos. En otras palabras, la sustitución o mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

potable tipifica el aumento del bienestar en la calidad de vida, el fortalecimiento del mercado del municipio y a su vez, se anticipará a fenómenos migratorios a municipios o ciudades aledañas, que pueden presentarse a futuro a causa de la incapacidad de solventar las necesidades de agua potable para una población que va en aumento.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, que responda a las necesidades de cobertura en la población de la cabecera municipal de Ubaque (Cundinamarca).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar las condiciones actuales de la infraestructura del sistema de captación de agua existente y las condiciones socioeconómicas de la población afectada.
2. Calcular los valores de proyección de población y medidas correspondientes para el sistema de acueducto según lo propuesto por la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021.
3. Elaborar el diseño de la infraestructura necesaria para el abastecimiento del agua, teniendo en consideración los caudales de diseño propuestos por la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021.
4. Evaluar la pertinencia del diseño de la infraestructura necesaria para el abastecimiento del agua, teniendo en consideración los caudales de diseño propuestos por la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

CAPÍTULO 1

3. INTERPRETACIÓN INICIAL

En el presente capítulo se plantea el problema de investigación, incluyendo los antecedentes del problema, marco geográfico y la conceptualización de una serie de términos importantes para la comprensión del desarrollo de la investigación y la formulación de la propuesta de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la cabecera municipal de Ubaque, todo ello es importante, para posteriormente presentar el análisis de las condiciones actuales del sistema de captación de agua en el casco urbano del municipio y la percepción de la comunidad acerca de la calidad, cantidad y frecuencia del suministro de agua, lo cual es valioso para argumentar la importancia de realizar nuevos cálculos y proponer un nuevo diseño que esté basado en la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021 y de respuesta a las necesidades de la población afectada.

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El municipio de Ubaque, perteneciente a Cundinamarca está conformado por 21 veredas y 6,036 habitantes, censados por el DANE, gran parte de las veredas son rurales, no obstante, en el casco urbano habitan 879 personas de los 6,036 de la población general DANE (2017), y es precisamente la población que habita en el casco urbano a la que va dirigida la investigación. De igual forma, en la actualidad, el casco urbano cuenta con un sistema de suministro de agua deficiente, lo anterior es posible afirmarlo ya que según información dada por la población en algunas visitas realizadas, este sistema lleva en funcionamiento más de 50 años, y en el momento de la implementación, no se tuvieron en consideración los cálculos y variables técnicas estipuladas por la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021, tales como: captación, desarenador, aducción, conducción, tanque y red de distribución (Ley 0330, 2017, artículo 47), necesarias para establecer un sistema hídrico propicio para suplir a cabalidad

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

las necesidades de la población y proporcionar un servicio de calidad, por lo tanto, tras hablar con la población y revisar el sistema de captación de agua actual, es posible indicar que, en comparación a los lineamientos propuestos por la resolución el sistema actual es deficiente ya que fue desarrollado como un proceso de autogestión de los habitantes de Ubaque a causa de la imperiosa necesidad de acceder a una fuente de agua potable para el desarrollo de las diferentes actividades cotidianas y mercantiles, de ahí que, durante los primeros años la bocatoma empleada para el suministro de agua fue pertinente, sin embargo, en la actualidad en épocas de lluvia, cuando el caudal del río Palmar (recurso hídrico principal del municipio de Ubaque) aumenta, la bocatoma se tapa, impidiendo que la población tenga acceso al agua. Lo anterior es preocupante, ya que se reconoce el agua como un suministro básico para el disfrute de una vida digna y se prevé a futuro, con una proyección de población a 25 años, que el sistema de captación de agua actual que tiene el municipio va a ser obsoleto en comparación a la demanda poblacional.

De igual forma, a causa de la ausencia de estudios preliminares, se desconoce los posibles riesgos en materia medioambiental, afectación de suelos y la probable mala distribución del recurso hídrico a lo largo de los años. En consecuencia, es inevitable cuestionarse ¿Cómo se puede desarrollar una propuesta de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, que responda a las necesidades de cobertura en la población de la cabecera municipal de Ubaque (Cundinamarca)?

3.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En la actualidad, el municipio de Ubaque cuenta con una bocatoma adecuada de forma autónoma para el abastecimiento de agua potable, que a causa de su realización empírica carece de elementos fundamentales para la garantía del tratamiento del agua potable y su correcta filtración, adicional, en busca de información referente a el sistema de captación de agua en el municipio, se

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

encontró por medio de la revisión documental una investigación realizada con el propósito de "optimizar la red de acueducto y abastecimiento mediante el análisis hidrológico del río el palmar del municipio de ubaque" el cual tuvo en consideración el análisis de la calidad del agua en el municipio para consumo humano, dando cuenta de su peligrosidad a causa de los niveles de sedimento que contiene el agua y los niveles de turbidez, según la investigadora esto se presenta debido a que el sistema adoptado por la comunidad carece de elementos necesarios para la correcta filtración durante el proceso de potabilidad del agua, y por la falta de inspección a la infraestructura.

Conjuntamente afirma que a causa de las condiciones climáticas, el caudal del río el Palmar aumenta en temporada de lluvias (lo cual es recurrente en el municipio al estar ubicados en la sabana de Bogotá) y la infraestructura existe (bocatoma) no está en condiciones de resistir tal afluente de agua, el cual a raíz de los estudios se comprobó que se mantiene constante o va en aumento, pero nunca se reduce, exponiendo a una constante presión el sistema de captación de agua actual y sometiéndolo a un constante riesgo. (Botello,2017, p. 127-129).

Dada la similitud en cuanto a las investigaciones, es pertinente aclarar que el presente proyecto cuenta con tres elementos adicionales, que pretenden darle posteridad a las investigaciones previas de forma novedosa; en primer lugar y dado que la investigación antes mencionada se realizó en el año 2017 este proyecto pretende actualizar los datos encontrados y realizar una nueva proyección de población que se adapte a las condiciones sociales, ambientales y geográficos actuales, ya que es posible que el nivel del caudal haya fluctuado o que la calidad del agua haya mejorado y a su vez, existe una gran posibilidad de que las condiciones de la bocatoma hayan empeorado, de igual forma se espera hacer estos nuevos estudios ahora, desde una perspectiva renovada tomando como referencia la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021 las cuales no fueron tenidas en consideración en la previa investigación y por último este proyecto pretende visibilizar como la implementación de los parámetros sugeridos para

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

el diseño de un proyecto para la cobertura de agua potable de la población, es una herramienta para atender a las necesidades sociales de una comunidad.

Es por ello, que dentro del planteamiento de los objetivos y la puesta en marcha del proyecto se pretende tener un acercamiento mayor con la comunidad, al que se evidencio en los hallazgos de los anteriores referentes teóricos. Esto con la intención de llevar a cabo lo que menciona el artículo 3 numeral 7 de la ley 0330 de 2017 al hablar de los criterios orientadores "Durante las etapas del proyecto la interacción con la comunidad deberá ser proactiva y preventiva" (Ley 0330, 2017, Artículo 3) y aquello que aborda el artículo 7 cuando menciona los pasos a seguir en las etapas de planeación de los proyectos de acueducto, alcantarillado y/o aseo "características socioculturales de la población y participación comunitaria" (Ley 0330, 2017, Artículo 7). Esto se considera como un elemento novedoso e importante, ya que el hablar constantemente con la población para conocer la percepción que ella tiene sobre el servicio de agua potable y profundizar en sus experiencias permite darle un sentido más profundo y resaltar la importancia y urgencia de dar pronta respuesta a esta necesidad en la comunidad.

Por lo tanto, son valiosas las aseveraciones y conclusiones obtenidas a partir de la investigación antes mencionada, sin embargo, debido a que son desde la perspectiva de la ingeniería ambiental, son útiles, en calidad de proporcionar los insumos para reconocer la importancia de un rediseño de la infraestructura y es desde la perspectiva de la ingeniería civil que se pretende proponer los diseños para realizar un cambio en el sistema de captación de agua potable, teniendo en consideración estudios actualizados y a lo mejor comparando, el detrimento en las condiciones del agua y la calidad de vida de las personas, a lo largo de los 6 años que han pasado de los anterior hallazgos.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

3.3 MARCO TEÓRICO

Como marco de referencia para la elaboración de este proyecto, se tiene en primera instancia la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021 las cuales proporcionan el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico y por la cual se derogan todas las anteriores resoluciones; es fundamental orientar el proyecto bajo esta resolución ya que proporciona el fundamento legal, pero a su vez, aborda teórica y conceptualmente las variables y parámetros a tener en cuenta al momento de formular un proyecto relacionado con el agua potable y el saneamiento básico y como es el caso de este proyecto diseñar un sistema que logre cubrir las necesidades de agua potable en la población de Ubaque, entendiendo que es una entidad gubernamental como el ministerio de vivienda, ciudad y territorio el que aborda los lineamientos necesarios para el suministro de agua potable para la contribución del bienestar y de una vida digna para la población.

Dicha Ley afirma dentro sus criterios orientadores la importancia de "Lograr la atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico" (Ley 0330, 2017, artículo 3) caso que atañe al municipio de Ubaque, puesto que existe un sistema de suministro de agua potable, pero presenta constantes falencias cuando hay variables climáticas y en consecuencias variaciones en el Caudal del río el Palmar y adicionalmente, tras estudios se ha comprobado que el suministro de agua, proporcionado por la bocatoma tiene niveles peligrosos de turbidez y sedimento (Botello, 2017).

De igual forma, la resolución 0330 proporciona una guía pertinente para abordar la problemática de forma multidimensional al reconocer los factores sociales, de infraestructura, ambientales y económicos, resaltando constantemente la importancia de establecer un diálogo horizontal con la población, reconociendo que no solo es importante ir a analizar la estructura de

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

suministro de agua, o analizar la calidad del recurso hídrico, sino que es fundamental colocar en un lugar de protagonismo a la población que se va a ver directamente afectada por las modificaciones del sistema de acueducto.

Relacionado con ello, aborda la necesidad de realizar un estudio de las obras previamente adelantadas en el territorio y la cuantificación de la demanda y/o necesidades de la población en la actualidad y en el futuro, con la intención de que también se logre estimar el posible deterioro del sistema a causa de las condiciones climáticas y ambientales, en especial en los territorios rurales como lo es el municipio de Ubaque, de ahí que, esta herramienta es un instrumento que le ofrece un norte claro a la investigación y facilita la formulación de proyectos integrales.

Sumado a ello, se toma como referencia a nivel conceptual el proyecto realizado en el 2017 por una investigadora en ingeniería ambiental que profundizó en "optimizar la red de acueducto y abastecimiento mediante el análisis hidrológico del río el palmar del municipio de ubaque" la cual aterrizó muchos conceptos como levantamientos de diseño con elementos como bocatoma, aducción, conducción, desarenador, tanque de almacenamiento, red de distribución y en cuanto a los caudales de diseño abordando conceptos como caudal medio diario, caudal máximo diario y caudal máximo horarios, relacionados matemáticamente con la realidad del sector, permitiendo contar con un insumo de información y antecedentes valiosos para la comparación y contraste con los nuevos estudios presupuestados en esta investigación para posteriormente pasar a la fase de diseño propuesta por este proyecto.

Por último, un referente teórico valioso es Javier Orlando Moreno, experto comisionado de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA, quien en la edición 49 de la revista de ingeniería de la Universidad de los Andes aborda "Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia" dando un mirada transversal de la problemática

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

del acceso al agua en zonas rurales o las malas condiciones del agua debido a que, en más del 90% de las zonas rurales de Colombia y sus municipios los sistemas de agua "potable" han sido producto de iniciativas empíricas por parte de la comunidad, por lo tanto carecen de la regulación y aspectos técnicos propuestos por la normativa y por ende ponen en peligro la integridad física de los habitantes de los sectores rurales, o en palabras de Moreno:

El primer grupo está asociado a la informalidad en la prestación de los servicios en todos los municipios, independiente de su tamaño. Si se tiene en cuenta que en Colombia hay 1102 municipios con aproximadamente 30.000 veredas, en las cuales puede existir más de un prestador, sólo están registrados ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios 320, el 99 % de ellas corresponden a organizaciones comunitarias (Moreno, 2020, p. 34).

A su vez, el comisionado establece un debate interesante al responsabilizar directamente al gobierno, como ente que debe proporcionar mínimos básicos para favorecer la implementación de sistemas de agua potable y saneamiento básico en zonas rurales, en especial, por el compromiso que ha adoptado el país a nivel internacional al ser parte de organizaciones como la ONU la cual propende y defiende los objetivos de desarrollo sostenible ODS, donde se defiende el acceso al agua y saneamiento como derecho humano que todos los Estados tienen la obligación de respetar y cumplir.

Ligado a ello, el Estado Colombiano ha desarrollado su responsabilidad por medio de la formulación de políticas públicas como las que están contenidas en los documentos CONPES 3810 de 2014 que adopta la "Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural" y 3918 de 2018, lo anterior es importante, ya que de forma errónea e histórica el acceso a los diferentes servicios y la satisfacción de las necesidades básicas ha sido lentamente adjudicada como una responsabilidad exclusiva de la comunidad o la alcaldía de cada municipio, cuando en realidad el Estado Colombiano está en la obligación de propiciar las condiciones para facilitar el acceso al agua en

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

todas las zonas del país, prioritariamente en las zonas rurales donde las brechas y la desigualdad social, es más evidente. De ahí que es pertinente relacionar lo que menciona Moreno:

Es evidente que la respuesta a las deficiencias del acceso al agua potable y al saneamiento en las zonas rurales va a más allá de los aspectos técnicos que pueden ser solucionados con la ingeniería tradicional, requiere la visión de lo público y lo social. (Moreno,2020, p.37)

Por consiguiente, son valiosos los anteriores referentes, ya que permiten analizar la problemática y la propuesta de diseño desde una perspectiva legal y técnica proporcionada por la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021, una perspectiva ambiental y con registros cuantificables en territorio de ubaque proporcionada por la investigación de la ingeniería ambiental y por último desde una perspectiva social y pública ofrecida por el comisionado de la CAR, esto con la intención de realizar una formulación más integral que considere aspectos multidimensionales y cambiantes.

3.4 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se desglosan una serie de conceptos relevantes para la comprensión del objeto de investigación y la justificación de este, los cuales, se mencionan de forma reiterativa a lo largo del trabajo investigativo, de ahí que la definición de dichos conceptos pretende dejar en evidencia la coherencia e interdependencia entre los diferentes elementos.

3.4.1 Sistema de abastecimiento:

Tomando como referencia a Cárdenas y Patiño (2010) “Un sistema de abastecimiento de agua potable consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta las viviendas de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema.”, como se entiende por la definición de los autores, los sistemas de captación de agua tienen como propósito realizar una serie de estudios que conducen a

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

diseños que respondan a la necesidad de purificar y filtrar el agua para que sea apta para el consumo humano, de ahí que, su construcción tipifica el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades al disminuir las enfermedades ocasionadas por el incorrecto tratamiento del agua.

Conjuntamente, para su instauración se consideran factores como estudios topográficos, contexto socioeconómico donde se considere el uso del agua, aspectos climáticos, demográficos (considerando la proyección de población a 25 años), el caudal de diseño en cuanto a el consumo medio diario, consumo máximo diario y el consumo máximo horario, la calidad del agua y las afectaciones medioambientales que va a traer consigo la instauración de dicho sistema de abastecimiento.

Por último es pertinente aclarar la composición de los sistemas de abastecimiento, en este caso orientados por lo que menciona la Empresa de Acueducto de Bogotá (EAAB, 2023), están compuestos por “sistemas de captación (cuencas hidrográficas, ríos y quebradas), sistemas de distribución (túneles y tuberías), sistemas de almacenamiento (embalses) y producción (plantas de tratamiento)”, teniendo lo anterior en cuenta, es posible analizar cómo los sistemas de captación comprenden una extensión grande del territorio ya que se instauran en medio de los ríos, y a nivel del subsuelo se implementa diversas tuberías, sumado a ello, requiere de embalses para su almacenamiento y plantas de tratamiento para su producción de ahí que, es fundamental realizar estudios específicos para considerar cómo adaptar los sistemas de abastecimiento a las realidades territoriales de cada municipio y así, ocasionar la mejoría en las condiciones de vida de la población.

3.4.2 Bocatoma:

Se entiende por Bocatoma un sistema hidráulico ubicado sobre el caudal máximo de un río para la extracción o captación de una parte del agua o de todo el caudal, los materiales que lo componen varían conforme a la cantidad de agua del río, y la cantidad de agua que se pretende captar por medio

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

del sistema. Según el Programa Subsectorial de Irrigaciones del Gobierno del Perú (PSI, 2016) este sistema está compuesto por las siguientes partes:

- El barrage que sirve para captar el agua
- Ventana de captación, que es por donde pasa el agua al canal hacia un desarenador
- Compuerta de limpia
- Muros de encauzamiento

A su vez, la bocatoma se puede realizar con distintas finalidades, entre ellas el abastecimiento público, la irrigación, boca tomas para centrales hidroeléctricas, industria y minería, o uso múltiple (Felices, 2003), en este punto es preciso aclarar que la bocatoma presente en el municipio de Ubaque es de uso múltiple ya que de ella se abastece la población para consumo humano y para labores de riego correspondiente a las actividades mercantiles del municipio, de igual forma se enuncia que la instauración de este sistema hidráulico demanda una serie de estudios previos para determinar el caudal del río y la cantidad de agua que se pretende extraer, para de esa manera realizar la selección de los materiales adecuados para su construcción, sin embargo como se mencionó anteriormente, en el municipio la bocatoma fue producto de una iniciativa empírica de la comunidad quienes adaptaron un sistema de riego en busca del abastecimiento de agua potable, por ende a causa de la ausencia de estudios previos, se estima el mal estado del sistema de captación.

3.4.3 Aducción y conducción:

Se entiende por aducción la captación de agua cruda o sin tratamiento a la planta de potabilización de agua y el proceso de conducción consiste en el transporte de agua tratada a los lugares de destino, en el caso de la aducción se puede captar el agua cruda por flujo libre o gravedad en el caso de que el punto de extracción de agua esté ubicada en un parte más alta que la entrada de agua a la planta de tratamiento, de ahí que, el agua circula sin esfuerzo por el sistema de abastecimiento, caso

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

contario cuando el punto de extracción de agua está ubicado más abajo que la plata de tratamiento, en este caso el agua no puede fluir por efecto de la gravedad y requiere de un proceso de aducción por presión o bombeo. (IDEAM, 2002)

3.4.4 Desarenador:

Es un sistema ubicado de forma contigua al sistema de captación de agua, el cual tiene como objetivo filtrar todo tipo de sedimentos, arenas, piedras, arcillas y materiales orgánicos propios de los caudales, pero que son elementos nocivos para el consumo humano, parafraseando a Albuja, Pinos y Samaniego (s,f) es una estructura fundamental para evitar el desgaste y erosión del sistema de abastecimiento a causa del almacenamiento de residuos y sedimentos.

Ligado a lo anterior, existen diferente tipo de desarenadores: en función de su operación (lavado continuo y discontinuo), velocidad del escurrimiento (baja y alta velocidad), disposición de los desarenadores (en serio o en paralelo), tipo detritus (convencional, flujo vertical, alta rata) y desarenadores tipo vórtice. (Albuja, Pinos y Samaniego, s.f), su clasificación se basa en el tipo de sedimentos que va a filtrar, la extensión de espacio disponible para el sistema de abastecimiento, la cantidad de sedimento (considerando el caudal extraído por el sistema de captación y su ubicación) y por ende el diseño específico que requiere para retenerlos de la forma más efectiva.

3.4.5 Tanque de almacenamiento:

Como su nombre lo menciona, son herramientas útiles para el almacenamiento de agua y para reducir el tamaño de las tuberías necesarias dentro de un sistema de abastecimiento, según la plataforma de estudio continuo para ingenieros de diferentes disciplinas SunCam (2020), los tanques de almacenamiento tienen cuatro objetivos en cuanto a la preservación del agua potable

1. Incrementar la disponibilidad constante de agua
2. Almacenar agua en caso de incendio

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

3. Igualar el flujo de agua
4. Proveer agua a alta presión sin sistema de cañerías

Los anteriores objetivos son alentadores, ya que consideran las diferentes condiciones adversas ligadas al contexto socioeconómico (cortes de agua, suministro de agua para las zonas altas de los municipios y ciudades) y a factores exógenos como incendios, y a su vez, el sistema de almacenamiento de agua permite la distribución correcta del recurso hídrico a nivel doméstico e industrial, favoreciendo el medio ambiente.

3.4.6 Red de distribución:

Se le denomina red de distribución al conjunto de tubos y accesorios necesarios para la conducción del agua potable para uso doméstico, industrial y en casos específicos de incendios, se espera que esta red de distribución está diseñada de tal forma que genere un suministro de agua continua y de calidad a los lugares de destino. Puntualmente, una red de distribución está compuesta por **tubería** (conjunto de tubos unidos en diversos puntos denominados nodos), **piezas especiales** (accesorios necesarios para realizar ramificaciones, intersecciones, cambios de diámetro, cambios de dirección, uniones de tubería de diferente diámetro y material y terminales de conductos), **válvulas** (utilizadas para disminuir o evitar el flujo en la tubería), **hidrantes** (conexión especial para abastecer a muchas familiar, o diseñados para conectar una manguera y mitigar el fuego en caso de incendios), **tomas domiciliarias** (conjunto de piezas y tubos que permite la conexión entre la tubería de la red y el domicilio de la población), **rebombeos** (elevan la carga hidráulica para elevar la circulación del agua por la tubería), **cajas rompedoras de presión** (permite que el flujo de la tubería se descargue en esta, eliminando la presión hidrostática).

De igual forma, la red de distribución se divide en dos categorías, en primer lugar, la red primaria la cual permite el flujo de agua de las redes principales para abastecer las redes secundarias, y

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

las redes secundarias son aquellas que llegan a los puntos específicos para abastecer los domicilios e industrias. (Comisión nacional del Agua México, 2007).

3.4.7 Caudal de diseño:

Se realiza un estudio del caudal de diseño con la intención de estimar la cantidad de agua que va a captar el sistema de abastecimiento y de esta forma determinar los diseños y materiales apropiados para la captación, procesamiento y distribución correcta del agua, de igual forma para considerar el aumento del caudal y las posibles afectaciones que puede traer al sistema de abastecimiento y al suministro de agua para las diferentes partes del municipio, por ende, se realizan cálculos para determinar el caudal diseño, tomando en consideración el caudal medio diario, máximo diario y máximo horario, a su vez dentro de dichos cálculos se consideran aspectos como el uso del agua (doméstico, industrial, agrícola).

Al respecto, la Ley 0330 de 2017, artículo 47 enuncia lo siguiente:

Tabla 1

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMH

Nota: Tabla que describe el caudal de diseño sugerido para cada componente que hace parte de un sistema de abastecimiento de agua potable. Tomado de "Ley 0330 de 2017). Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017. (<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf>)

3.4.8 Agua potable:

Según el ministerio de salud de Colombia (2007), el agua apta para el consumo humano es una que cumple con una serie de requisitos a nivel físico, químico y microbiológico (descritos a mayor detalle

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

en la resolución 2115 de 2007), y que en apariencia se caracteriza por ser incolora, inolora y que no tiene sólidos suspendidos como sedimentos, restos de grava fina, arena y/o residuos orgánicos. Puesto que, todo tipo de residuos físicos, químicos o microbiológicos puede generar afectaciones directas a la salud de los seres humanos y en consecuencia a su calidad de vida, puesto que el agua es un recurso vital para actividades cotidianas como la preparación de alimentos y para bañarse, de ahí que, es fundamental el tratamiento del agua para que cualquier persona sin hacer distinción de su contexto socioeconómico, pueda gozar de agua de calidad.

3.5 MARCO GEOGRÁFICO

Ubaque es un municipio perteneciente al departamento de Cundinamarca, puntualmente al oriente, de raíces indígenas, particularmente de la civilización Muisca, de ahí su nombre derivado de un arbusto que crece en el municipio y tiene salvia roja (Ebaque, formado de Yba, sangre, queye y palo), con fuertes arraigos hacia el tradicionalismo y la religión de ahí la construcción de una catedral en 1651 en honor a la virgen de Belén y colindando con los municipios de Choachí, Fomeque, Cáqueza y la ciudad de Bogotá. A su vez, el municipio cuenta con una temperatura aproximada de 18 grados centígrados y una extensión total de 104.96 Km².

A causa de los profundos arraigos tradicionales e indígenas, sus sistemas productivos giran en torno a la agricultura domestica no tecnificada, a nivel topográfico se caracteriza por tener paisajes montañosos como los cerros de Guayacundo y el Guinto, a nivel hidrográfico cuenta con una fuente abastecimiento propia como lo es el rio Palmar, que nace desde paramo de Cruz Verde y termina en el Rio Negro, limitando con el municipio de Fomeque. (Plan de desarrollo municipal municipio de Ubaque, 2008).

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 1

Mapa división política municipio de Ubaque



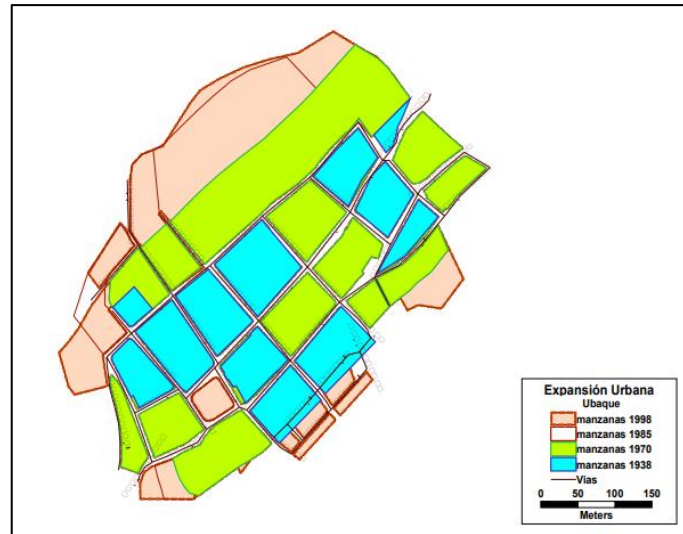
Nota: Mapa división política de Ubaque. Tomado de "plan de desarrollo municipal Ubaque 2008-2011", 2008. Alcaldía Municipal de Ubaque. (https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/12767/11159_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

En cuanto a su división política, el municipio cuenta con 21 veredas entre ellas; Cruz verde, Belén, Pueblo nuevo, Río Negro, Molino, Romero, Puente amarillo, San roque, Pueblo viejo, Guayacundo, Ganco, Cacique, Santa Ana, Luciga, Sabanilla, Santa rosa, San Agustín, Fistega, Romero alto, Centro afuera y por último el casco urbano, hasta el momento la mayor parte de la población esta asentada en la zona urbana del municipio (casco urbano).

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 2

Mapa del casco urbano del Municipio de Ubaque



Nota: Mapa del casco urbano del Municipio de Ubaque. Tomado de “plan de desarrollo municipal Ubaque 2008-2011”, 2008. Alcaldía Municipal de Ubaque. (https://repositorio.cdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/12767/11159_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Relacionado al casco urbano, este se encuentra en una zona de riesgo por inestabilidad geológica, el cual está conformado por un aproximado de 229 viviendas, 2 barrios, el centro y la urbanización de los sauces, destacando estructuras arquitectónicas como la iglesia nuestra señora de Belén, parque cacique Ebaque, Polideportivo Jaime pardo leal, palacio municipal, plaza de toros y la biblioteca municipal. (Plan de desarrollo municipal municipio de Ubaque, 2008)

3.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE CAPTACIÓN DE AGUA EN UBAQUE CUNDINAMARCA

Como parte del proceso de verificación de las condiciones actuales del sistema de captación de agua, se realizó una visita a campo para constatar cada una de las partes del sistema de abastecimiento, con la intención de identificar las falencias, ausencias y las especificaciones que trae consigo realizar una propuesta de diseño en este territorio; a continuación, se expone las características de cada uno los componentes del sistema de captación y su condición actual.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

3.6.1 Bocatoma:

Según los diseños propuestos por la norma, el caudal del río debe captarse y conducirse por medio de un canal, que es una estructura en concreto, para que tenga la capacidad de resistir el aumento del caudal en épocas de lluvia, no obstante, se evidencia un sistema de contención hecho en piedra el cual procura conducir el agua hasta una cámara de recolección que hace las veces de bocatoma (Figura 3), la estructura actual de la bocatoma se debe a que años atrás había un sistema de captación de agua que fue arrastrado por la corriente del río y de ahí en adelante la comunidad ha procurado construir de forma artesanal una alternativa para el abastecimiento del agua en la cabecera municipal de Ubaque.

Figura 3

Captación del cauce del río por medio de sistema de contención hecho en piedras



Nota. Elaboración propia

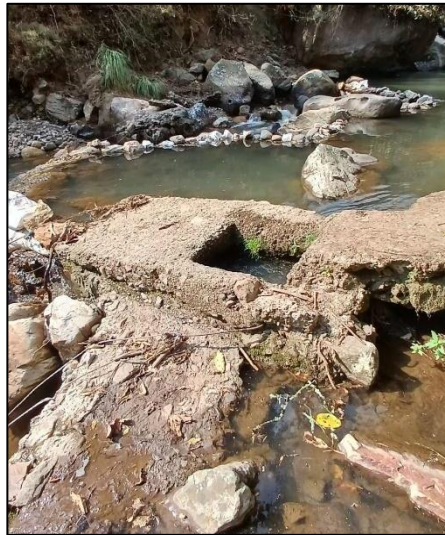
A unos metros es posible identificar un tubo sin rejilla de 1.50 metros de longitud y 6 pulgadas de diámetro construido en gres, que conduce el agua hasta un cámara abierta, y de allí el agua es conducida por otro tubo al desarenador (Figura 4), los tubos que están expuestos al nivel de la cámara

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

están protegidos con cemento, frente a esto se puede determinar que no hay una infraestructura adecuada para la captación de agua, en consecuencia, el abastecimiento de agua fluctúa en épocas de verano y en invierno tiende a taparse los tubos con sedimentos y materiales orgánicos, puesto que no hay un sistema de filtración inicial apropiado, a su vez los tubos están contruidos en gres, el cual es un considerado un material no apto por la norma ya que a pesar de sus resistencia, puede soltar sedimentos, por lo mismo se sugiere la instauración de tubos de pvc.

Figura 4

Cámara de captación de agua



Nota. Elaboración propia

Seguidamente hay una cámara abierta de dimensiones 75 cm por 64 cm de la cual sale una tubería en 6 pulgadas, esta tubería tiene un largo de 9 metros hasta llegar a una caja abierta de 81 cm por 93 cm, luego de este sale un tubo de 4 pulgadas con una distancia de 10 metros que llega a un tanque con dimensiones de 1,20 metros por 2,25 metros con orificio en mal estado para tapa de 80 cm

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

x 60 cm, posteriormente hay una tubería de 4 pulgadas con alrededor de 200 metros a la llegada del desarenador, la tubería mencionada previamente está construida en pvc.

3.6.2 Desarenador:

A primera vista es posible identificar un desarenador con medidas de largo 8,58 metros, ancho 2,2 metros alto 2,02 metros, según observaciones del fontanero el desarenador solamente tiene una pantalla con alrededor de 20 orificios no hay dato preciso acerca del diámetro, de igual forma el desarenador presenta una tubería de excesos la cual tiene largo de 4 metros, tubería de 6 metros de 4 pulgadas para el caudal de excesos (Figura 5) la cual va dirigida a una zanja que vuelve al cauce del río. A su vez, fue posible identificar que el desarenador esta tejado (Figura 6), no este cercado y está al límite de capacidad del agua que está llegando, por lo tanto, es posible concluir que incumple la norma en algunos aspectos, ya que al estar tejado, se corre el riesgo de que se filtren químicos tóxicos propios de la teja al agua, a su vez hay riesgo de que los animales se acerquen y puedan beber del agua captada o en sus defecto caer al agua y morir, desencadenando otro tipo de fluidos químicos en el agua de consumo humano, dejando en riesgo la salud de la comunidad.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 5

Desarenador



Nota. Elaboración propia

Figura 6

Pozo de lodos desarenador



Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

De igual forma a nivel técnico, se puede identificar que solo hay un desarenador, y la norma propone que hayan dos desarenadores con los mismos diseños y ubicados de forma paralela para poder asegurar el abastecimiento continuo para la población, mientras se realiza labores de mantenimiento en uno de los desarenadores, de igual forma, tanto la tubería como el desarenador están contruidos sin considerar el caudal de diseño óptimo para abastecer a la cabecera municipal, en consecuencia, es posible afirmar que el sistema de abastecimiento de agua no está preparado ante un fenómeno natural masivo, cambios climáticos extremos o el aumento poblacional y comercial en el municipio.

3.6.3 Conducción

La tubería de salida del desarenador es de 6 pulgadas con una longitud de 540 metros; la tubería de llegada a la planta de tratamiento tiene un diámetro de 4 pulgadas y una longitud de 560 metros según información recolectada por el fontanero, así mismo, el encargado comenta que esta tubería presenta un paso en el río el cual tiene un soporte con cercha de lado a lado del río, asimismo, según las palabras del fontanero esta tubería está enterrada y no presenta ningún tipo de anclaje.

3.6.4 Planta de tratamiento de agua:

Al acercarse a la planta de tratamiento, se observa una planta con estructura metálica en mal estado, se evidencia los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración. Según observación del fontanero el tanque de la planta tiene una capacidad de almacenamiento de 30 metros cúbicos y una capacidad de tratamiento 6,6 litros por segundo, a su vez, se observa a uno de los costados de la planta un tanque de 95 metros cúbicos con un largo de 5,45 metros, un alto de 3,20 metros y un ancho de 5,45 metros, al otro costado, hay un tanque de 200 metros cúbicos, altura 2,98, ancho 6 metros y largo 11,85 metros.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 7

Planta de tratamiento de agua



Nota. Elaboración propia

Estos tanques están conectados entre sí, de modo que, el agua pasa de la planta al tanque de 95 metros cúbicos y de ahí al tanque de 200 metros cúbicos. (Figura 8); teniendo en cuenta la información dada, es necesario acotar que, aunque en la actualidad los litros tratados por segundo logran abastecer de forma limitada a la población, es necesario anticipar el aumento poblacional, crecimiento comercial y aumento de turistas que pueden ocasionar el colapso de la planta de tratamiento debido a la alta demanda.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 8

Planta de tratamiento de agua



Nota. Elaboración propia

3.6.5 Conducción de tanque de almacenamiento a tanque de distribución

Se evidencia una tubería de polipropileno de 4 pulgadas con una longitud aproximada de 400 metros (Figura 9), para los puntos de alta pendiente maneja un templete como se evidencia en la figura, esta tubería conduce a un tanque circular de diámetro 8 metros x 2.20 de alto y una capacidad aproximada de 110 metro cúbicos.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 9

Manguera de polipropileno para el abastecimiento



Nota. Elaboración propia

Figura 10

Tanque redondo de almacenamiento



Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

3.6.6 Red de distribución

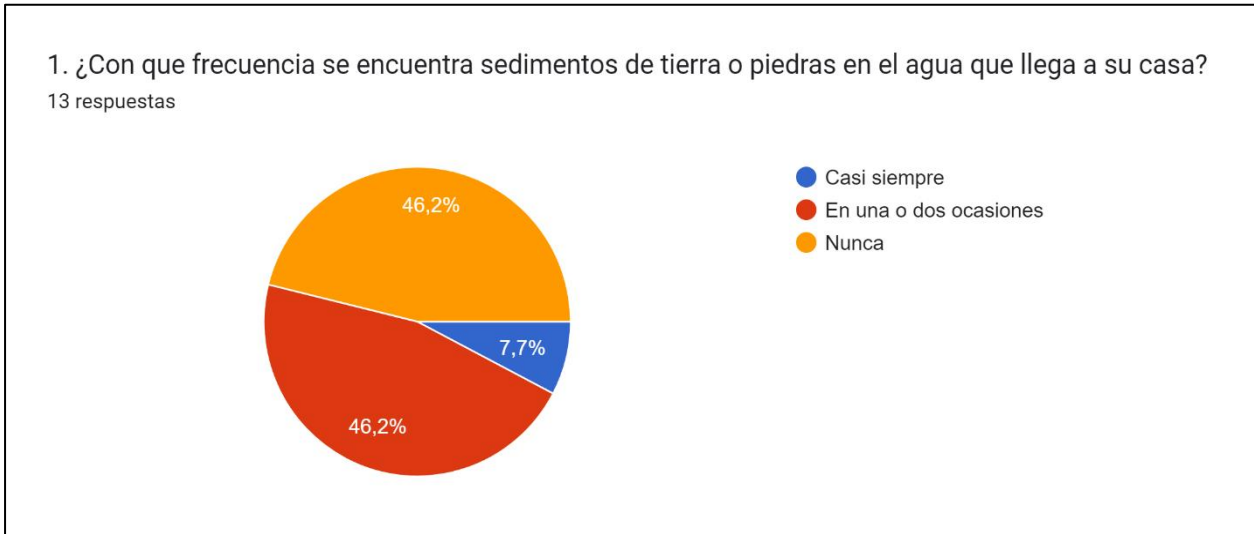
A la salida del tanque de tratamiento, la tubería para distribución tiene 4 pulgadas, los diferentes tramos en el municipio se manejan con tuberías para calles principales en 4 pulgadas, las cuales derivan en tuberías de 3 pulgadas y 2 pulgadas. Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, se identifica la imperiosa necesidad de replantear el sistema de abastecimiento de agua actual, en especial la bocatoma, desarenador y sus tuberías conexas, puesto que, al realizar un cálculo del caudal de diseño y proyección poblacional, va a ser posible la circulación de una cantidad de agua en condiciones óptimas que dé respuesta a la demanda y que se puede aprovechar teniendo en cuenta los tanques de almacenamiento preexistentes en el municipio.

3.7 PERCEPCIÓN DE LA COMUNIDAD ACERCA DE LA CALIDAD, CANTIDAD Y FRECUENCIA DEL SUMINISTRO DE AGUA

Por medio de una encuesta, con preguntas de opción múltiple, se indaga en las experiencias de una muestra de la comunidad, con la intención de profundizar en la percepción socioeconómica del servicio de abastecimiento de agua, puesto que a nivel técnico se pueden determinar las falencias de los cálculos y la infraestructura, pero en la presente investigación se considera valiosa la percepción del servicio para aquellos que son los beneficiarios y afectados directos. A continuación, se relaciona los resultados arrojados por la encuesta:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

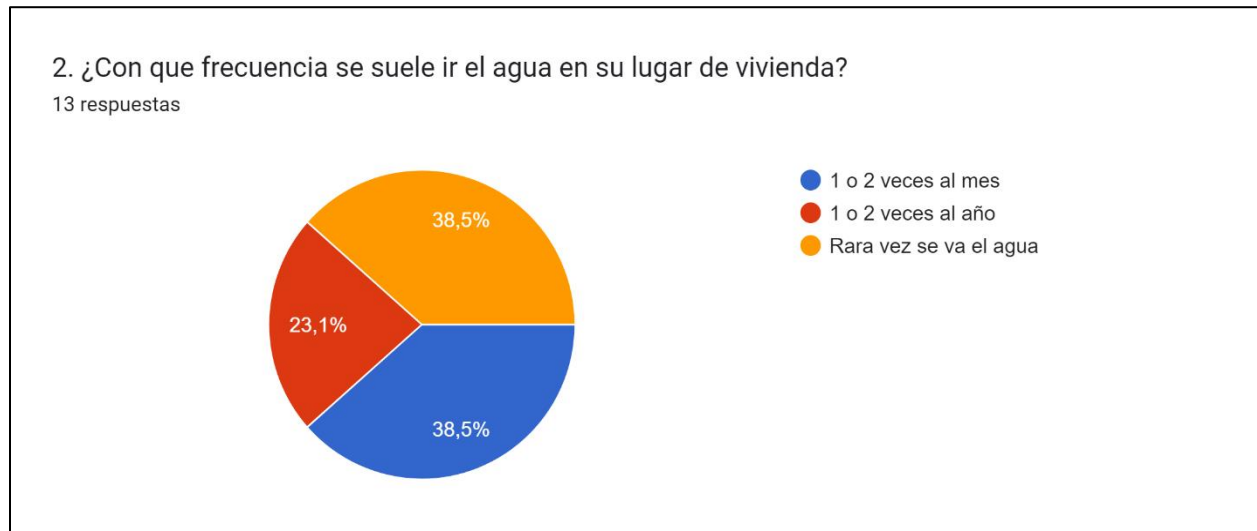
Gráfica 1



Nota. Elaboración propia

Cómo se puede apreciar en la gráfica anterior, la presencia de sedimentos en el agua de consumo diario es algo inusual para la comunidad, incluso roza la inexistencia, demostrando que a pesar de que técnicamente se presentan falencias en la captación de agua, el sistema de tratamiento es efectivo para ofrecer agua de calidad a sus consumidores.

Gráfica 2

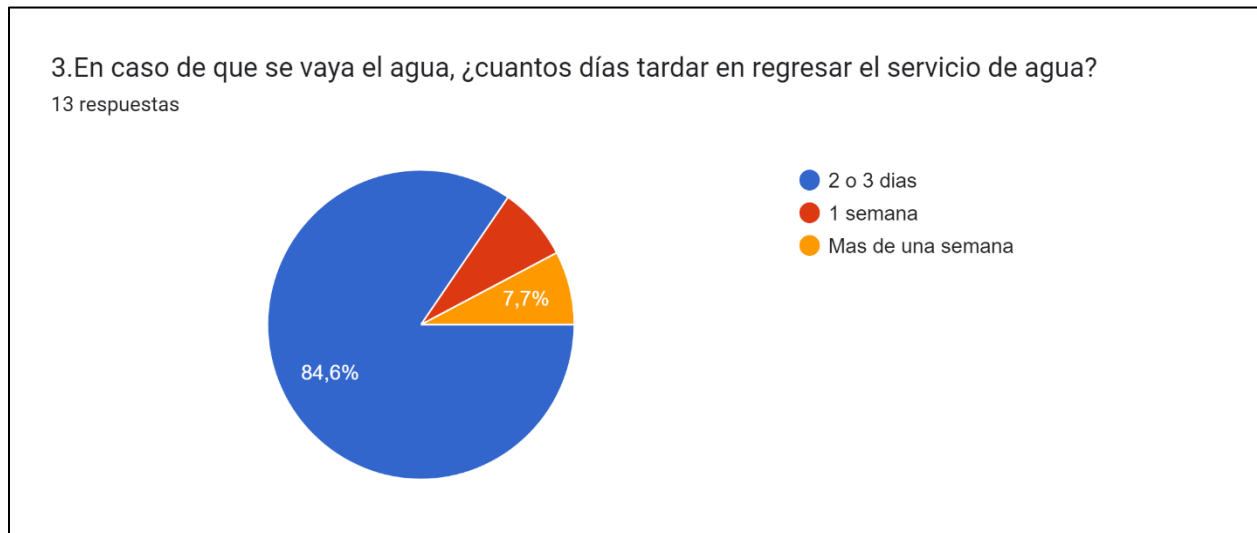


Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Ante la pregunta de la frecuencia en que el suministro de agua es suspendido, hay una disputa entre la posibilidad de que casi no pasa y que pasa 1 o 2 veces al mes, lo cual, a pesar de que no suele ser frecuente, puede afectar la calidad de vida de los habitantes.

Gráfica 3

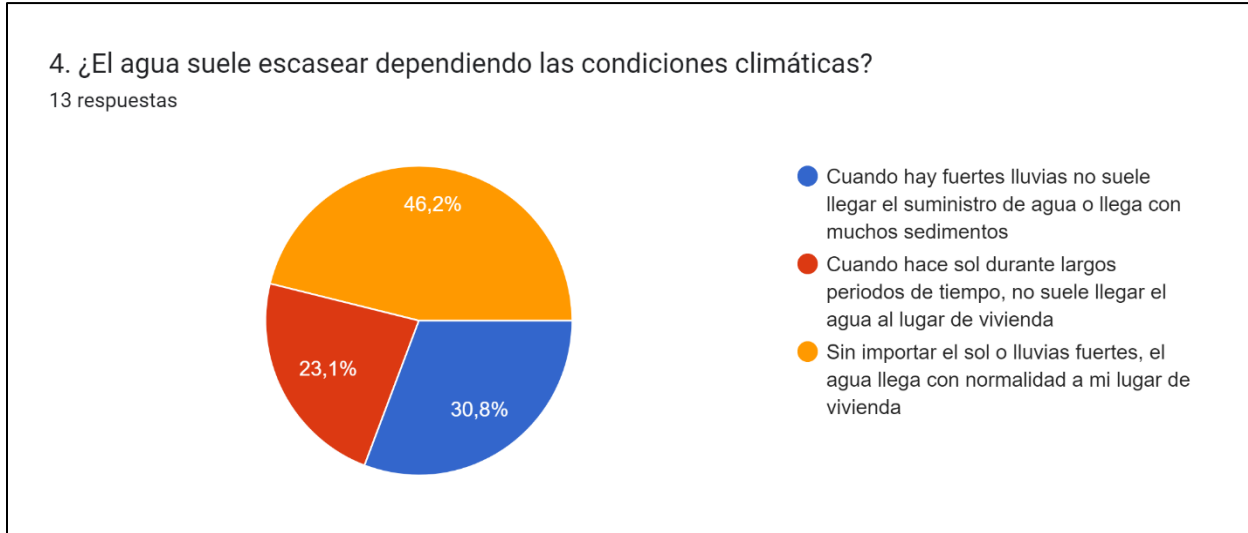


Nota. Elaboración propia

La grafica refleja que la población escogió la opción más baja, no obstante, aún la opción más baja tipifica mucho tiempo, considerando que en la pregunta anterior afirmaron que el agua se iba 2 veces al mes, dando como resultado casi una semana al mes sin agua, este tipo de condiciones de vivienda, aunque normalizadas, pueden traer afectaciones en la higiene personal y salubridad de los alimentos que consumen los grupos familiares, turistas y los grupos más vulnerables como niños, mujeres embarazadas y adultos mayores.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Gráfica 4



Nota. Elaboración propia

Si bien la comunidad afirma que el suministro de agua no varía dependiendo las condiciones climáticas, es posible evidenciar que la diferencia entre porcentajes es mínima, por lo mismo, existe la posibilidad de que conforme a la ubicación de la vivienda de cada uno de los habitantes de la cabecera municipal la capacidad de abastecimiento sea mejor o peor. A su vez, al no ser el porcentaje amarillo el predominante, es posible identificar que a pesar de que según la comunidad el suministro dependiendo las condiciones climáticas no es un problema que afecta colectivamente a el municipio, tampoco es un problema inexistente, puesto que hay personas que si manifiestan verse afectadas.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

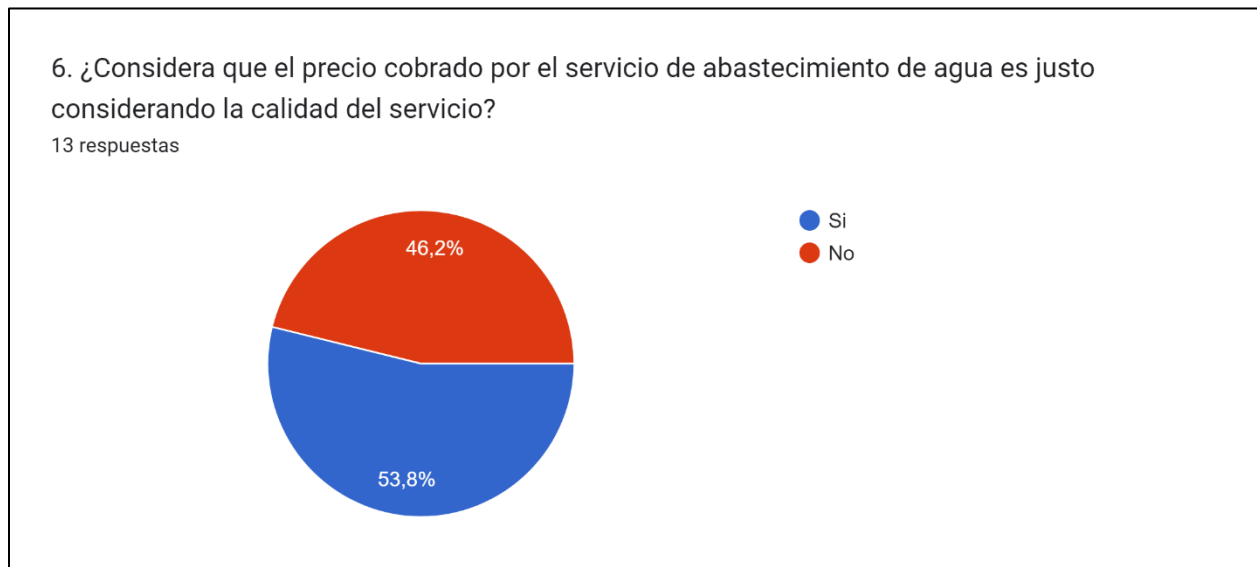
Grafica 5



Nota. Elaboración propia

En cuanto a la presión del agua, es posible concluir que las afectaciones no son graves, puesto que su presión no baja drásticamente dependiendo el clima, solo se ve afectado de forma media en condiciones climáticas adversas.

Gráfica 6



Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Por último, podemos identificar que hay percepciones divididas con respecto al cobro del Servicio de agua, ya hay un 6.6 % de diferencia dejando como ganador el factor de que el precio cobrado si es justo, ante esta situación se puede nuevamente proponer la hipótesis de que, conforme a la realidad socioeconómica de cada habitante y familia, el precio puede ser considerado justo.

En conclusión, es posible evidenciar que, para la muestra encuestada, los factores conflictivos con respecto al servicio del agua son como la presión y suministro varían en razón de las condiciones climáticas y el precio cobrado por el servicio, a pesar de que la opinión puede variar según la realidad de cada negocio u hogar, se sigue insistiendo en la necesidad de replantear el funcionamiento del sistema de abastecimiento, ya que, la normalización de las condiciones limitadas del sistema de agua, solo puede llevar a que la comunidad y sus funcionarios omitan el problema que se puede generar a posteriori de no re diseñar y construir un sistema de abastecimiento que mejore la calidad de vida de los habitantes actuales y asegure una buen vivir para las siguientes generaciones.

CAPÍTULO 2

4.VALORES DE PROYECCIÓN Y DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA

A continuación se desglosa el marco metodológico mediante el cual se pretende llevar a cabo la investigación a lo largo de las fases y a su vez, se plantea los cálculos para obtener los valores de proyección junto con el diseño de infraestructura y los cálculos pertinentes para cada una de las partes que componen el sistema de abastecimiento de agua potable, todo ello es de carácter informativo, con la intención de brindar claridad acerca del procedimiento utilizado para llegar a dichos resultados y por qué, la información arrojada por los nuevos cálculos de diseño aseguran un sistema de captación de agua propicio a la necesidades de la comunidad, en contraste con el sistema actual.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

4.1 MARCO METODOLÓGICO

La metodología y enfoque del presente proyecto es mixta, ya que se rescatan los valores cuantitativos producto del levantamiento de diseño de la infraestructura y los caudales de diseño, necesarios para el diseño de los planes del nuevo sistema de acueducto para el municipio de Ubaque. De igual forma los valores de proyección de población contemplados con la intención de calcular la viabilidad y factibilidad del nuevo sistema y a nivel cualitativo se resaltan las apreciaciones y experiencias de los habitantes del sector y los datos socioeconómicos y culturales. A continuación, se enuncia las fases que componen el proyecto:

Fases

Fase 1: Caracterización del sistema actual y condiciones de la población

Para el cumplimiento de los objetivos y en primera instancia la fase 1, se va a tener presente las condiciones actuales de la bocatoma, aducción, conducción, desarenador, tanque de almacenamiento y red de distribución o en su defecto la ausencia de alguno de estos elementos, de igual forma se va a realizar una encuesta socioeconómica que pretende recopilar información referente a las particularidades de la población, distribución espacial, estratificación y tipo de consumo predominante en el área, con la intención de obtener un análisis referente a el costo-eficiencia; tras la obtención de la información y dentro del periodo de tiempo estimado se pretende realizar una recopilación y análisis de los hallazgos.

Fase 2: Cálculos de proyección

Posteriormente para el cumplimiento del segundo objetivo y fase 2 , se espera calcular los valores de proyección de la población por medio de métodos estadísticos con la intención de calcular la viabilidad de los diseños a futuro teniendo en consideración el aumento poblacional y en consecuencia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

el aumento en la demanda de agua potable; dentro del periodo de tiempo estimado para esta fase se pretende hacer uso de tablas que sistematizan la información recopilada y un análisis adjunto que facilite su comprensión.

Fase 3: Diseño del sistema de abastecimiento

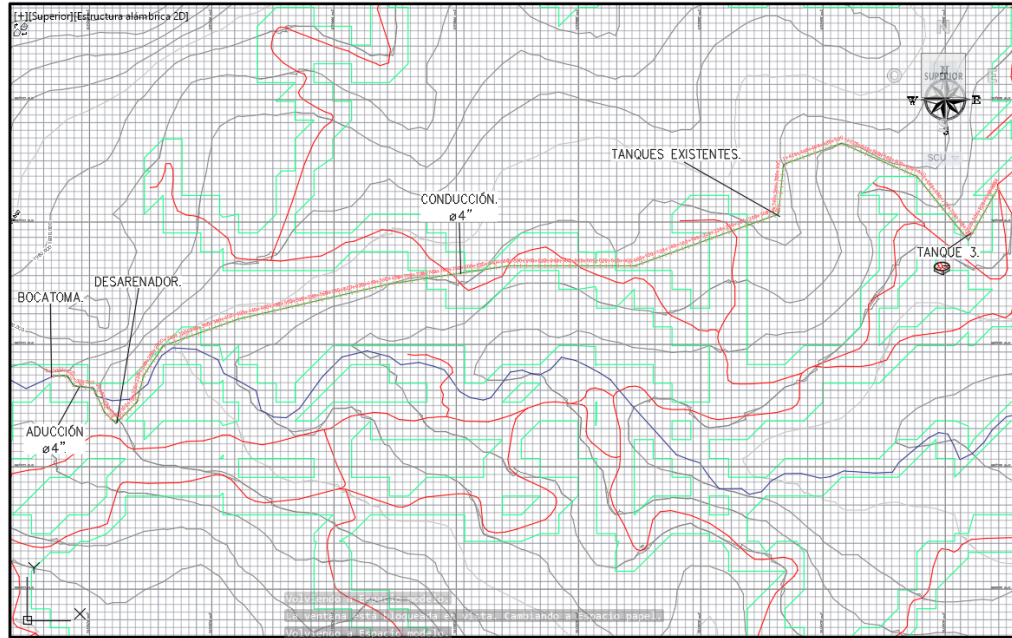
Por último, en la fase 3, se pretende realizar los estudios de un esquema convencional de abastecimiento, para la realización de los diseños de los planos del nuevo sistema de captación de agua, conforme a las necesidades de la población y teniendo en cuenta los recursos y la infraestructura preexistente. Es pertinente aclarar, que a lo largo del proceso, van a ser instrumentos de recolección de información secundaria el registro fotográfico y la revisión documental, para fortalecer el proceso de diseño y acumular evidencias que sustenten el proceso realizado; en este caso se pretende realizar los planos adjuntando un análisis de la viabilidad de los diseños y su factor novedoso en comparación al sistema anterior, de igual forma en esta fase se pretende construir las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

A continuación, se adjuntan planos diseñados conforme a la ubicación de la red existente en la cabecera municipal, y con una distancia entre cada una de las partes del sistema de captación de agua semejante a la real.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 11

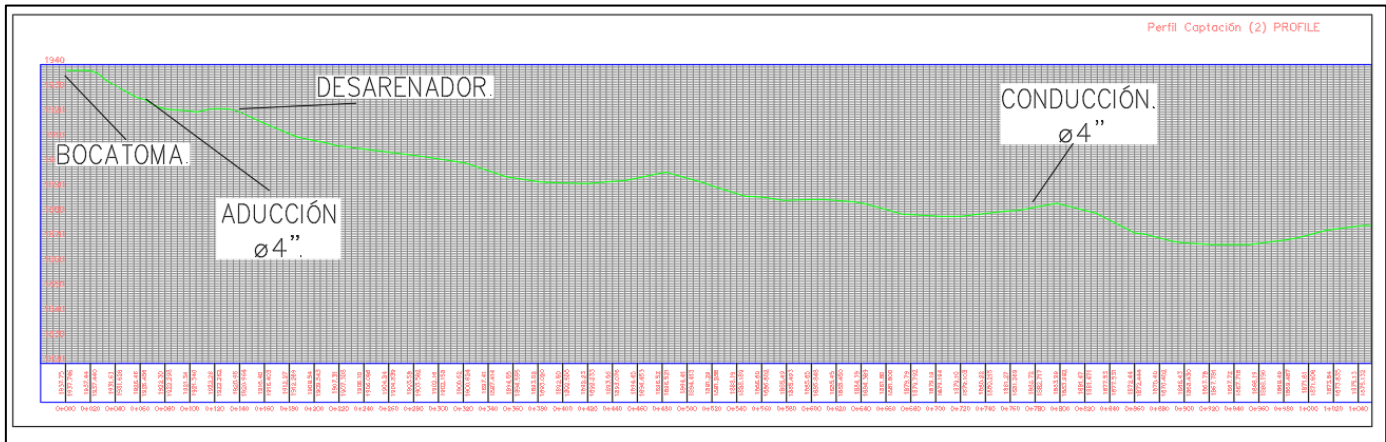
Plano general de la distancia entre las diferentes partes del sistema de captación de agua



Nota. Elaboración propia

Figura 12

Plano detallado de la distancia entre las diferentes partes del sistema de captación de agua

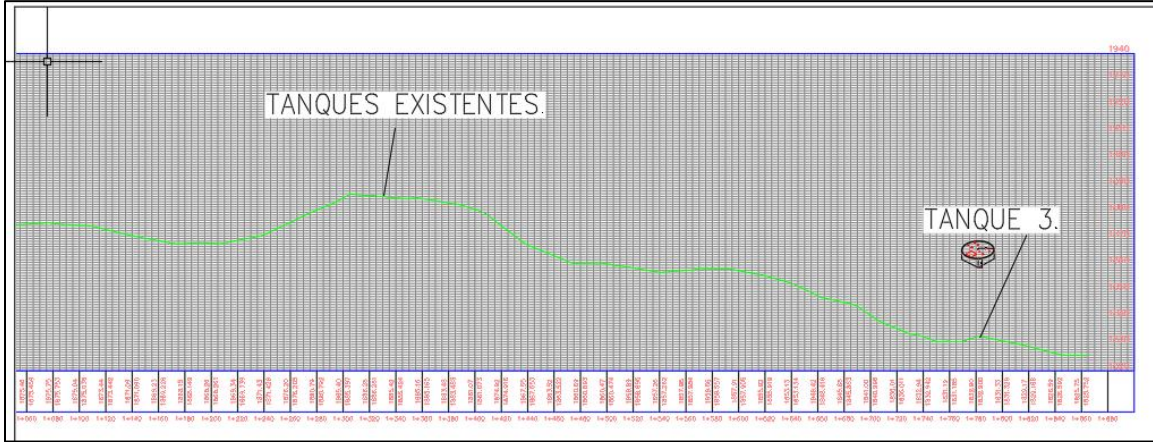


Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 13

Plano de la distancia entre los tanques de almacenamiento para el sistema de captación de agua



Nota. Elaboración propia

4.2 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

Para el cálculo de proyección de población se establece que este debe realizarse como mínimo por cuatro métodos, teniendo en cuenta los datos obtenidos de los censos de población del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), así mismo los datos suministrados por el Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI).

Para el cálculo de proyección de población se utilizan los métodos Lineal, Wappaus, Exponencial y Geométrico. En todos los métodos se tiene en cuenta la población flotante, la cual se considera de acuerdo con los días feriados del municipio, para el año 2024 se obtienen los siguientes:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Tabla 2

Distribución de los días feriados del año

DIA	FESTIVO
Lunes 1 de enero	Año Nuevo
Lunes 8 de enero	Día de los Reyes Magos
Lunes 25 de marzo	Día de San José
Jueves 28 de marzo	Jueves Santo
Viernes 29 de marzo	Viernes Santo
Miércoles 1 de mayo	Día del Trabajo
Lunes 13 de mayo	Día de la Ascensión
Lunes 3 de junio	Corpus Christi
Lunes 10 de junio	Día del Sagrado Corazón
Lunes 1 de julio	Día de San Pedro y San Pablo
Sábado 20 de julio	Día de la Independencia de Colombia
Miércoles 7 de agosto	Batalla de Boyacá
Lunes 19 de agosto	Asunción de la Virgen
Lunes 14 de octubre	Día de la raza
Lunes 4 de noviembre	Día de todos los Santos
Lunes 11 de noviembre	Día de la Independencia de Cartagena
Domingo 8 de diciembre	Día de la Inmaculada Concepción
Miércoles 25 de diciembre	Navidad

Nota. Adaptado de "festivos en Colombia 2024". Canal institucional TV. (<https://www.canalinstitucional.tv/te-interesa/festivos-puentes-feriados-colombia-2024-calendario>)

A los días feriados nacionales se le suman los días feriados para el municipio en este caso se suman: dos días última semana de enero, sábado y domingo: Fiesta de la Virgen de Belén, dos días, sábado y domingo (vario mes): Ferias y Fiestas del municipio.

Para un total de 22 días feriados. El año 2024 tiene trescientos sesenta y seis días en el cual obtenemos un porcentaje de 6.03% donde se suma a la proyección obtenida en el año para cada método. Teniendo en cuenta los días feriados y el porcentaje de población flotante, se adjuntan los datos que orientan los cálculos posteriores:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Tabla 3

Censo poblacional en Ubaque- Cundinamarca a través de los años

Año	Población
1951	615
1993	668
2005	874
2018	1094

Nota. Adaptado de “Censo poblacional Ubaque Cundinamarca”. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>

4.2.1 Proyección población Fuente DANE

Por cada método se proyecta la población al año 2024, se procede a mayorar este resultado con el valor del porcentaje obtenido de la población flotante (6.03%), posteriormente, el resultado se proyecta cada cinco años, hasta alcanzar el periodo de diseño 25 años. Una vez identificados los datos de los censos, se procede a reemplazar variables y aplicar los cuatro métodos para la proyección de población:

4.2.2 Método Lineal

Según el Centro Centroamericano de Población (CCP) el método lineal actúa bajo la premisa de que “... el crecimiento de la población ocurre a razón de incrementos iguales por año, década u otra unidad de tiempo. También asume que el crecimiento seguirá un patrón similar en el futuro.” Este método viene dado por la siguiente expresión:

Ecuación 1

$$Pf = \frac{n}{m} * (Pi - Po) + Pi$$

Donde las variables representan:

Pf: Población futura

Pi: Población último censo

Po: Población censo anterior

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

n : Diferencia que hay entre el año del último censo y el año que se requiere

m : Diferencia en años del último censo y el censo anterior

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 2

$$Pf_{2049} = \frac{5}{1} * (1105 - 1103) + 1105$$
$$Pf_{2049} = 1108 \text{ hab}$$

Por el método lineal obtenemos una población proyectada al año 2049 de mil ciento ocho habitantes.

4.2.3 Método Wappaus

Tomando como referencia, el plan base para la oferta y la demanda del sistema de acueducto de la ciudad de Sincelejo (Veolia, 2019), “Este método se basa en función de la tasa de decrecimiento anual y el periodo de diseño” y está dado por la siguiente expresión:

Ecuación 3

$$Pf = Pci * \frac{(200 + i * (Tf - Tci))}{(200 - i * (Tf + Pci))}$$
$$i = \frac{200 * (Puc - Pci)}{(Tuc - Tci) * (Puc + Pci)}$$
$$i * (Tf - Tci) < 200$$

Donde las variables representan:

Pf = Proyección final (Proyección)

Tf = Tiempo en años final (Proyección)

Puc = Población último censo

Tuc = Tiempo en años último censo

Pci = Población censo inicial

Tci = Tiempo en años censo inicial

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 4

$$i = \frac{200 * (1440 - 1366)}{(2044 - 2039) * (1440 + 1366)}$$
$$i = 1.06033$$
$$i * (Tf - Tci) < 200$$
$$1.06033 * (2049 - 2039) < 200$$
$$10.603 < 200$$
$$Pf_{2049} = Pci * \frac{(200 + 1.06033 * (2049 - 2039))}{(200 - 1.06033 * (2049 - 2039))}$$
$$Pf_{2049} = 1519 \text{ hab}$$

Por el método wappaus obtenemos una población proyectada al año 2049 de mil quinientos diecinueve habitantes.

4.2.4 Método Geométrico

La definición dada por el RAS, en su apartado *sistemas de acueducto* del Título b (2010), señala que es útil debido a; "... poblaciones que muestran una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades"

Ecuación 5

$$Pf = Puc(1 + r)^{Tf - Tuc}$$
$$r = \left(\frac{Puc}{Pci}\right)^{\frac{1}{(Tuc - Tci)}} - 1$$

Donde las variables representan:

Pf: Población para el año al que se quiere proyectar

Puc : Población último censo

Pci : Población censo anterior

Tf: Año al cual se requiere proyectar la información

Tuc: Año correspondiente al último año censado con información

Tci: Es el año correspondiente al censo inicial con información

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 6

$$r = \left(\frac{1223}{1171}\right)^{\frac{1}{(2044-2039)}} - 1$$
$$r = 0.0086$$
$$Pf_{2049} = 1223 (1 + 0.0086)^{2049-2044}$$
$$Pf_{2049} = 1276 \text{ hab}$$

Por el método geométrico obtenemos una población proyectada al año 2049 de mil doscientos setenta y seis habitantes.

4.2.5 Método Exponencial

De igual forma, el Título B (2010), profundiza acerca del método exponencial “requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión.” Y está dada, por la siguiente ecuación:

Ecuación 7

$$Pf = Pi * e^{r * t1}$$
$$r = \ln\left(\frac{Pi}{Po}\right) * \frac{1}{t2}$$

Donde las variables representan:

Pf : Población para el año que se requiere proyectar

Pi: Población último censo

Po: Población censo anterior

t1: Diferencia en años al cual se requiere proyectar al último censo

t2: Diferencia en años del último censo al censo anterior

r: Tasa de crecimiento

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Ecuación 8

$$r = \ln\left(\frac{1371}{1313}\right) * \frac{1}{5}$$
$$Pf_{2049} = 1371 * e^{0.0086 * 5}$$
$$Pf_{2049} = 1432 \text{ hab}$$

Por el método exponencial obtenemos una población proyectada al año 2049 de mil cuatrocientos treinta y dos habitantes.

De acuerdo con los métodos utilizados para la proyección de población en la cabecera municipal del municipio de ubaque, se realiza el promedio de los resultados de cada método en cada año proyectado (tabla 1) dando como resultado una proyección de población proyectada al año 2049 de 1333.7139 habitantes, número que se aproxima al siguiente ya que la población no se trabaja con números decimales.

Tabla 4

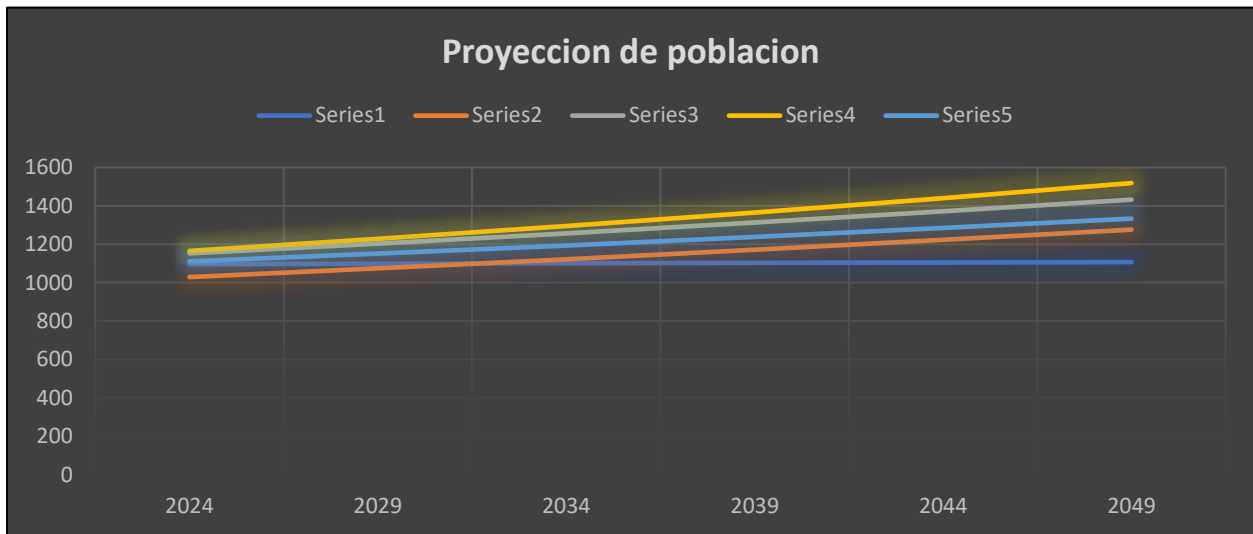
Proyección de población tomando como referencia la fuente DANE

Población de Diseño Municipio Ubaque					
Año	Lineal	Geométrico	Exponencial	Wapus	Promedio
2024	1097	1029	1153	1165	1111
2029	1099	1075	1204	1229	1151
2034	1101	1122	1257	1295	1194
2039	1103	1171	1313	1366	1238
2044	1105	1223	1371	1440	1285
2049	1108	1276	1432	1519	1333,7139

Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Gráfica 7



Nota. Elaboración propia

4.2.6 Proyección de suscriptores fuente SUI

Para la proyección de suscriptores se realiza el mismo procedimiento con cada uno de los métodos de proyección, lineal, exponencial, wappaus y geométrico. Donde se proyecta al año 2024 se mayora según el porcentaje de población flotante, y se proyecta cada método cada cinco años hasta obtener la proyección al año 2049, donde se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5

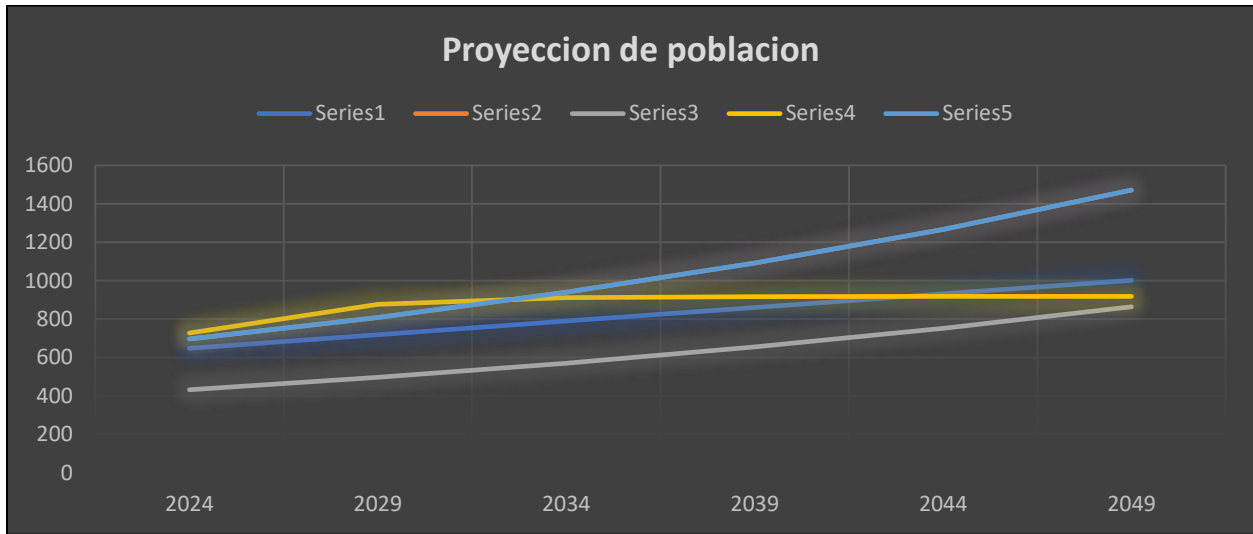
Proyección de población tomando como referencia la fuente SUI

Suscriptores de Diseño Municipio Ubaque						
Año	Lineal	Geométrico	Exponencial	Wapus	Promedio	
2024	648	697	432	728	626	
2029	719	809	497	876	725	
2034	789	940	570	911	803	
2039	860	1091	655	917	881	
2044	931	1267	752	918	967	
2049	1002	1472	864	918	1064,1071	1065sus

Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Grafica 8



Nota. Elaboración propia

Para el año 2049 se obtiene una proyección de 1065 suscriptores realizando cada método y por último hallando el promedio para ese mismo año. El paso a paso de esta proyección se puede apreciar en los anexos del proyecto.

Por otro lado, para la proyección de suscriptores con los datos obtenidos con el Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI) solo se tomaron en cuenta datos del año 2006 y 2007, ya que los demás datos tendían a decrecer, se hace el mismo procedimiento que con los del DANE, wappaus, lineal, geométrico y exponencial. Es pertinente aclarar, que, debido a los pocos datos del SUI estos se omiten, ya que pueden afectar la veracidad de los resultados esperados para el diseño, al arrojar resultados no favorables. No obstante, se aplicaron los métodos correspondientes de proyección de población y es posible observar a detalle el procedimiento en el anexo hoja de cálculo diseño de acueducto Ubaque Cundinamarca.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

4.3 DEMANDA DE AGUA PARA EL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA

4.3.1 Caudal de Diseño

La resolución 0330 del año 2017 establece una dotación neta máxima de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar de la zona de estudio, para el caso del municipio de Ubaque se encuentra a 1867 msnm. Por lo tanto, para el diseño se toma el rango de 1000 msnm a 2000 msnm con una dotación neta máxima de 130 litros por habitante en el día (lt/Hab*día).

Tabla 6

Dotación neta máxima conforme a altura sobre el nivel del mar

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Nota. Tomado de "Resolución 0330 de 2017". Minvivienda. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>

La dotación de uso comercial (Tabla 7), industrial institucional y público (Tabla 8), se calcula de acuerdo con los datos obtenidos en la visita técnica al municipio, en donde se identifica el tipo de establecimientos y la cantidad de establecimientos que ofrecen el mismo servicio en la cabecera municipal. De acuerdo a estos datos, se toman los valores de consumo según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (P. 33-35), los cuales se dividen en la cantidad de habitantes; obteniendo un valor de 86.63 lt/hab*día para uso comercial y un valor de 65.32 lt/hab*día para uso institucional y público.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Tabla 7

Dotación de uso comercial

Uso Comercial	Cantidad	Unidad		Consumo		Total (lt/día)
Estación Gasolina	1	15	carro*día	300	lt/carro*día	4500
Ferreterías	4	70	m2	6	lt/m2/día	1680
Misceláneas	4	20	m2	6	lt/m2/día	480
Almacenes de víveres	5	1	local	100	lt/local/día	500
Almacenes de ropa	8	15	m2	10	lt/m2/día	1200
Almacenes agrícolas	5	1	local	100	lt/local/día	500
Expendios de carne	6	1	local	100	lt/local/día	600
Salones de juegos	2	10	asistentes	150	lt/asistente/día	3000
Salones de belleza	8	12	m2	20	lt/m2/día	1920
Talleres de mecánica	6	3	trabajador	30	lt/trabajador/jornada	540
Depósito de licores	1	50	m2	50	lt/m2/día	2500
Billares	4	50	m2	40	lt/m2/día	8000
Cafeterías	9	60	m2	10	lt/m2	5400
Restaurantes	8	80	m2	50	lt/m2	32000
Lavandería	1	50	Kg/día	15	lt/kg	750
Hotel	4	20	camas	300	lt/cama*día	24000
Supermercado	8	70	m2	50	lt/m2	28000
						115570

Nota. Elaboración propia con datos tomados de "Resolución 0330 de 2017". Minvivienda. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion->

0330-2017-0

Uso Comercial

Ecuación 9

$$\frac{115570 \text{ lt/día}}{1334 \text{ hab}} = 86.63 \text{ lt / hab * día}$$

Tabla 8

Uso institucional, industrial y público

Uso Institucional y público	Cantidad	Unidad		Consumo		Total (lt/día)
Cementerio	1	3	Trabajadores	30	lt/trabajador*jornada	90
Palacio Municipal	1	600	m2	20	lt/m2*día	12000

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Jardín Infantil	1	80	alumnos	25	lt/almno/día	2000
Hogares de Bienestar	1	20	camas	150	lt/cama * día	3000
Droguerías	7	40	m2	10	lt/m2/día	2800
Iglesia y casa Parroquial	1	600	m2	5	lt/m2 area publica	3000
Casa de la cultura	1	250	m2	10	lt/m2*día	2500
Unidad Deportiva	1	1000	m2	10	lt/m2	10000
Parques	2	200	m2	10	lt/m2	2,999
Plaza Mercado	1	250	m2	10	lt/m2	2500,000
Centro de salud y Hospital	1	30	camas	300	lt/cama*día	9000
Escuela y colegio	2	500	alumnos	25	lt/alumno*día	25000
Matadero	1	10	reses	1000	lt/res	10000
Estación policía	1	35	Policías	150	lt/policia*día	5250
						87143,00

Nota. Tomado de "Resolución 0330 de 2017". Minvivienda. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>

Uso institucional y público

Ecuación 10

$$\frac{87143 \text{ lt/día}}{1334 \text{ hab}} = 65.32 \text{ lt / hab * día}$$

4.3.2 Dotación Neta

Tal como se refleja en la ecuación 11, para obtener el resultado de la dotación neta (DN), es necesario tomar el resultado del consumo para uso comercial, el consumo institucional y público y el uso doméstico, calculados previamente (Ecuación 9 y 10) y reflejados en las tablas 2 y 3 respectivamente. A su vez, parafraseando el Título B (2010), el objetivo de este cálculo es determinar la cantidad mínima de agua que va a requerir cada habitante para la satisfacción de sus necesidades básicas. Teniendo esto en cuenta, se presenta la siguiente ecuación:

Ecuación 11

Dotación neta = Uso comercial + institucional y público + uso doméstico

$$DN = 130 \text{ lt / hab * día} + 86.63 \text{ lt / hab * día} + \text{lt / hab * día}$$

$$DN = 281.959 \text{ lt / hab * día}$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

4.3.3 Dotación Bruta

Para la dotación bruta se tiene en cuenta la expresión dada por la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 (P.33), la cual hace referencia a un porcentaje de pérdidas que pueden presentarse dentro los componentes del sistema, para la realización de este diseño se maneja un porcentaje de pérdidas máximo de 25%.

Ecuación 12

$$Dbruta = Dneta / (1 - \%p)$$

Donde las variables representan:

Dbruta: Dotación bruta

Dneta: Dotación neta

%p: Porcentaje de pérdidas máximas para el diseño

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 13

$$Dbruta = \frac{281.959 \text{ lt/hab} * \text{dia}}{1 - 0.25}$$
$$Dbruta = 375.945 \text{ lt/hab} * \text{dia}$$

4.3.4 Caudal medio diario

Como parte del cálculo de la demanda de agua por suscriptores, es necesario calcular el caudal medio diario (QMD), el cual según el Título B (2010) "Corresponde al promedio de los consumos diarios de caudal en un período de un año, proyectado al horizonte de diseño", y emplea la siguiente ecuación:

Ecuación 14

$$Qmd = \frac{P * DBruta}{86400}$$

Donde las variables representan:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Qmd : Caudal medio diario

P : Población proyectada

D_{Bruta} : Dotación bruta

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 15

$$Qmd = \frac{1334 \text{ hab} * 375.945 \text{ lt / hab} * \text{dia}}{86400}$$

$$Qmd = 5.8045 \text{ lt / s}$$

También es necesario tener en cuenta que, según lo establece la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 (P. 34-35), para los valores de mayoración en poblaciones menores a 12.500 habitantes no podrá ser mayor el factor k_1 a 1.3 y el factor k_2 a 1.6, para el diseño de acuerdo con la población proyectada de 1334 habitantes se asume un factor de k_1 igual a 1.2 y un factor de k_2 igual a 1.5.

4.3.5 Caudal máximo diario

Por su parte, Caudal máximo diario (QMD) "Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1 " (Título B, 2010) y está dado por la siguiente expresión:

Ecuación 16

$$QMD = Qmd * k_1$$

Donde las variables representan:

QMD : Caudal máximo diario

Qmd : Caudal medio diario

k_1 : factor de mayoración

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Ecuación 17

$$QMD = 5.8045 \text{ lt/s} * 1.2$$
$$QMD = 6.97 \text{ lt/s}$$

4.3.6 Caudal máximo horario

Por medio de un proceso cada vez más específico, ahora se pretende calcular el consumo máximo de agua potable durante una hora y está definido por el Título B (2010), como "...consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio (tasa de flujo de suministro de agua, destinada para combatir incendios manualmente). Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k_2 ". Y se orienta por la siguiente ecuación:

Ecuación 18

$$QMH = QMD * k_2$$

Donde las variables representan:

QMH : Caudal máximo horario

Qmd : Caudal máximo diario

k_2 : factor de mayoración

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 19

$$QMD = 6.97 \text{ lt/s} * 1.5$$
$$QMD = 10.45 \text{ lt/s}$$

4.3.7 Caudal de diseño

El caudal de diseño es entendido como; "...el volumen de agua que llegará a las obras de drenaje. El objetivo del cálculo de la crecida de diseño es asociar una probabilidad de ocurrencia a las distintas magnitudes de la crecida." y se orienta por la siguiente expresión:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Ecuación 20

$$\begin{aligned} QD &= QMD * 2 \\ QD &= 6.97 \text{ lt/s} * 2 \\ QD &= 13.93 \text{ lt/s} \\ QD &= 0.014 \text{ m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

4.4 PARÁMETROS DE DISEÑO SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA

4.4.1 Bocatoma

Para el diseño de la bocatoma se asume un ancho de canal de 1.2 metros, el caudal medio del río (El Palmar) es 0.110 metros cúbicos por segundo (Botello Higuera.2017. P. 88) y el caudal de diseño encontrado anteriormente.

4.4.2 Canal de aducción

Se contemplan las medidas de los materiales utilizados para el canal de aducción junto con los resultados arrojados por la ecuación 20, para estimar la capacidad y resistencia del canal, conforme al volumen del agua captada. Se emplea la siguiente ecuación:

Ecuación 21

$$H = \left(\frac{Q}{C * L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde las variables representan:

H: Altura lámina del agua sobre el vertedero

Q: Caudal de diseño

C: Constante vertedero

L: Longitud canal

La constante del vertedero se toma el valor de 1.84

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 22

$$H = \left(\frac{0.014 m^3 / s}{1.84 * 1.2 m} \right)^{\frac{2}{3}}$$
$$H = 0.034 m$$

4.4.3 Velocidad en la rejilla

Ecuación 23

$$Vr = \left(\frac{Q}{L * H} \right)$$

Donde las variables representan

Vr : Velocidad en la rejilla

H : Altura lámina del agua sobre el vertedero

Q : Caudal de diseño

L : Longitud canal

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 24

$$Vr = \left(\frac{0.014 \frac{m^3}{s}}{1.2m * 0.034m} \right)$$
$$Vr = 0.34m/s$$

Según la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 la velocidad en la rejilla no puede ser menor a 0.3 m/s y mayor a 3 m/s.

Dentro de los cálculos de la rejilla, es pertinente considerar también el ancho de los filos inferior y superior y el ancho del canal de aducción, por medio de las siguientes ecuaciones:

4.4.4 Alcance filo superior

Ecuación 25

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$X_s = 0.36 V_r^{\frac{2}{3}} + 0.60 H^{\frac{4}{7}}$$

Donde las variables representan:

X_s : Alcance filo superior

V_r : Velocidad de la rejilla

H : Altura lámina del agua sobre el vertedero

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 26

$$X_s = 0.36 (0.34m/s)^{\frac{2}{3}} + 0.60 (0.034m)^{\frac{4}{7}}$$
$$X_s = 0.262m$$

4.4.5 Alcance filo inferior

Ecuación 27

$$X_i = 0.18 V_r^{\frac{4}{7}} + 0.74 H^{\frac{3}{4}}$$

Donde las variables representan:

X_i : Alcance filo inferior

V_r : Velocidad de la rejilla

H : Altura lámina del agua sobre el vertedero

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 28

$$X_i = 0.18 (0.34m/s)^{\frac{4}{7}} + 0.74 (0.034m)^{\frac{3}{4}}$$
$$X_i = 0.156m$$

4.4.6 Ancho del canal de aducción

Ecuación 29

$$B = X_s + 0.10m$$

Donde las variables representan:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

B : Ancho del canal de aducción

X_s : Alcance filo superior

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 30

$$\begin{aligned} B &= 0.262 + 0.10m \\ B &= 0.362m \\ B &\approx 0.4m \end{aligned}$$

Debido a la dificultad de construcción se aproxima al siguiente valor, así mismo por facilidad de mantenimiento la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 establece que esta medida debe ser como mínima 0.4 metros.

4.4.7 Rejilla

Para las dimensiones de rejilla la resolución 0330 del 08 de junio de 2017, establece que la separación de los barrotes debe estar en un rango de 3 a 7 centímetros y el diámetro de los barrotes debe ser inferior a 1 pulgada. Para el diseño del sistema se asume un valor de 5cm de separación de los barrotes y un diámetro de cada barrote de media pulgada 1.27cm, una velocidad entre barrotes máxima de 0.2m/s para disminuir el arrastre de sólidos hacia la rejilla con un coeficiente k de 0.9 para flujo paralelo a la sección.

- **Eficiencia**

Ecuación 31

$$n = \frac{a}{a + b}$$

Donde las variables representan:

n : eficiencia de la rejilla

a : separación entre los barrotes

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

b : Diámetro de los barrotes

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 32

$$n = \frac{0.05m}{0.05m + 0.0127m}$$
$$n = 0.797$$
$$n \approx 0.8$$

- **Área neta**

Ecuación 33

$$Aneta = \frac{QD}{K * Vb}$$

Donde las variables representan:

$Aneta$: Área neta

QD : Caudal de diseño

Vb : Velocidad entre barrotes

K : Coeficiente para flujo paralelo a la sección

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 34

$$Aneta = \frac{0.014m^3/s}{0.9 * 0.2 m/s}$$
$$Aneta = 0.077m^2$$

- **Longitud de la rejilla**

Ecuación 35

$$Lr = \frac{Aneta (a + b)}{a * B}$$

Donde las variables representan:

$Aneta$: Área neta

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

a : separación entre los barrotes

b : Diámetro de los barrotes

B : Ancho del canal de aducción

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 36

$$Lr = \frac{0.077m^2 (0.05m + 0.0127m)}{0.05m * 0.4m}$$
$$Lr = 0.243m$$

Para la rejilla, la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 establece el mínimo de longitud de 0.7 metros para mejor adaptabilidad en cuanto al mantenimiento de esta, en el caso de diseño se toma el valor de 0.7m ya que nos da un valor inferior.

- **Recalculo área neta**

Ecuación 37

$$Aneta = \frac{a}{a+b} * B * Lr$$
$$Aneta = \frac{0.05m}{0.05m+0.0127m} * 0.4m * 0.7m$$
$$Aneta = 0.223m^2$$

- **Número de espacios y barrotes**

Ecuación 38

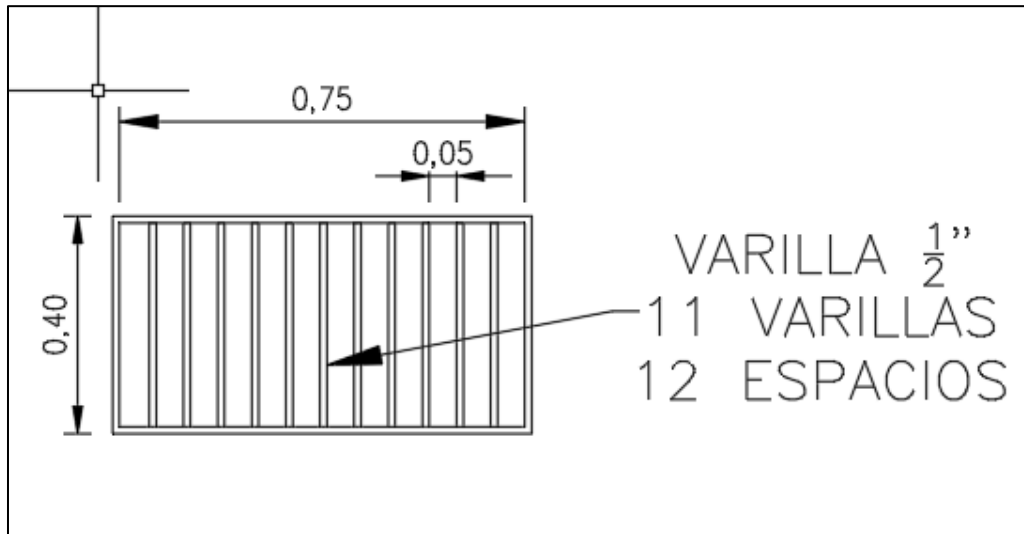
$$N = \frac{Aneta}{a * B}$$
$$N = \frac{0.223m^2}{0.05m + 0.4m}$$
$$N = 11.16$$
$$N = 12$$

N: Número de espacios de la rejilla. Para el número de barrotes se toma como $N - 1 = 11$ barrotes

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 14

Representación gráfica de la longitud necesaria entre barrotes para la rejilla



Nota. Elaboración propia

4.4.8 Cámara de recolección

Ecuación 39

$$h_c = \left(\frac{QD^2}{g * B^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Donde las variables representan:

h_c : Profundidad crítica

QD : Caudal de diseño

g : gravedad

B : Ancho del canal de aducción

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Ecuación 40

$$hc = \left(\frac{(0.014m^3/s)^2}{9.81 * 0.4^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$
$$hc = 0.050m$$
$$he = hc = 0.050m$$

he: Profundidad aguas abajo

- **Velocidad en la cámara**

Ecuación 41

$$Ve = \frac{QD}{hc * B}$$

Donde las variables representan:

Ve: Velocidad en la cámara

QD: Caudal de diseño

B: Ancho del canal de aducción

hc: profundidad crítica

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 42

$$Ve = \frac{0.014m^3/s}{0.050m * 0.4m}$$
$$Ve = \frac{0.014m^3/s}{0.050m * 0.4m}$$
$$Ve = 0.699 m/s$$

- **Alcance filo superior**

Ecuación 43

$$Xs = 0.36 Ve^{\frac{2}{3}} + 0.60 he^{\frac{4}{7}}$$
$$Xs = 0.36 (0.699m/s)^{\frac{2}{3}} + 0.60 (0.050m)^{\frac{4}{7}}$$
$$Xs = 0.392m$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

- Alcance filo inferior

Ecuación 44

$$Xi = 0.18 Ve^{\frac{4}{7}} + 0.74 he^{\frac{3}{4}}$$
$$Xi = 0.18 (0.699m/s)^{\frac{4}{7}} + 0.74 (0.050m)^{\frac{3}{4}}$$
$$Xi = 0.225m$$

- Ancho de la cámara

Ecuación 45

$$Bc = Xs + 0.30m$$

Donde las variables representan:

Bc : Ancho de la cámara

Xs : Alcance filo superior

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 46

$$Bc = 0.392m + 0.30m$$

$$Bc = 0.692m$$

$$Bc \approx 1m$$

Para mejorar la forma de adaptabilidad en el mantenimiento del sistema se asume un valor para la base de la cámara de 1m.

- Longitud del canal

Ecuación 47

$$L_{canal} = Lr + \text{Espesor muro}$$

$$L_{canal} = 0.7m + 0.30m$$

$$L_{canal} = 1m$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

- **Profundidad aguas arriba**

Para la pendiente del canal de fondo debe ser mayor al 1% se asume 3%.

Ecuación 48

$$h_o = \left(2hc^2 + \left(h_e - \frac{i * L_{canal}}{3}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} * i * L_{canal}$$

h_o : Profundidad aguas arriba

L_{canal} : longitud del canal

h_e : Profundidad aguas abajo

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 49

$$h_o = \left(2(0.050m)^2 + \left(0.050m - \frac{0.03 * 1m}{3}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} * 0.03 * 1m$$

$$h_o = 0.084m$$

- **Altura total de los muros**

Ecuación 50

$$H_o = h_o + BL$$

H_o : Altura total de los muros

h_o : Profundidad aguas arriba

BL : Borde libre

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 51

$$H_o = 0.084m + 0.15m$$

$$H_o = 0.234m$$

$$H_e = H_o + i * l_{canal}$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$He = 0.234m + 0.03 * 1m$$

$$He = 0.237m$$

- **Área de la cámara**

Para hallar el área de la cámara se tiene en cuenta la velocidad ascensional la cual representa la rapidez con la que el flujo sube por una pared, se asume $V = 0.03m/s$ para concreto.

Ecuación 52

$$Acam = \frac{QD}{Vasc}$$

Donde las variables representan:

Acam: Área cámara

QD: Caudal de diseño

Vasc: Velocidad ascensional

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 53

$$Acam = \frac{0.014m^3/s}{0.03m/s}$$

$$Acam = 0.464m^2$$

- **Longitud de la cámara**

Ecuación 54

$$Lcam = \frac{Acam}{Bc}$$

$$Lcam = \frac{0.464m^2}{1m}$$

$$Lcam = 0.464m$$

$$Lcam \approx 1.2m$$

Por temas de mantenimiento se toma la longitud de la cámara con un valor de 1.2 metros

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

4.4.9 Caudal de excesos

Para el caudal de excesos se tiene en cuenta los valores de los caudales medios del río El Palmar 0.11 metros cúbicos por segundo. Se toma un valor de 0.3 de coeficiente de descarga. A su vez según López Cualla (2007) “el caudal de excesos se determina teniendo en cuenta que sobre la rejilla de la bocatoma pasará un caudal mayor que el caudal de diseño. Se producirá entonces una lámina de agua superior a la de diseño” y se aplica la siguiente expresión:

Ecuación 55

$$H = \left(\frac{Q_{med}}{C * Lc} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde las variables representan:

H: Altura de la lámina de agua sobre la rejilla

Q_{med}: Caudal medio del río

Lc: Longitud del canal

C: Constante vertedero

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 56

$$H = \left(\frac{0.11m^3/s}{1.84 * 1m} \right)^{\frac{2}{3}}$$
$$H = 0.148m$$

- **Caudal captado a través de la rejilla**

Ecuación 57

$$Q_{cap} = C_d * A_{neta} * \sqrt{2 * g * H}$$

Donde las variables representan:

Q_{cap}: Caudal captado

C_d: Coeficiente de descarga

A_{neta}: Área neta

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

g : Gravedad

H : Altura de la lámina de agua sobre la rejilla

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 58

$$Q_{cap} = 0.3 * 0.223m^2 * \sqrt{2 * 9.81m/s^2 * 0.153m}$$
$$Q_{cap} = 0.114m^3/s$$

- **Caudal de excesos**

Ecuación 59

$$Q_{exc} = Q_{cap} - QD$$
$$Q_{exc} = 0.114m^3/s - 0.014m^3/s$$
$$Q_{exc} = 0.100m^3/s$$

- **Altura de excesos**

Ecuación 60

$$Hexcesos = \left(\frac{Q_{exc}}{1.84 * B_{cam}} \right)^{\frac{2}{3}}$$
$$Hexcesos = \left(\frac{0.100/s}{1.84 * 1m} \right)^{\frac{2}{3}}$$
$$Hexcesos = 0.144m$$

- **Velocidad excesos**

Ecuación 61

$$V_{exc} = \frac{Q_{exc}}{hexc * B_{cam}}$$
$$V_{exc} = \frac{0.100m^3/s}{0.144m * 1m}$$
$$V_{exc} = 0.697m/s$$

4.4.10 Tubería de excesos

Para la tubería de excesos se tiene en cuenta la elevación de la captación 1937.9 m.s.n.m a una distancia de 8 metros de tubería retorna el caudal de excesos al afluyente con una elevación de 1937.6 m.s.n.m.

Se tiene la constante de tubería $C = 150$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Ecuación 62

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

Donde las variables representan:

J : Pendiente piezométrica

H : Diferencia de alturas

L : Longitud del tubo

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 63

$$J = \frac{1937.9 - 1937.6}{8}$$
$$J = 0.038$$

Diámetro de la tubería

$$D = \left(\frac{Q_{exc}}{0.28 * C * J^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Donde:

Q_{exc} : Caudal de excesos

D : Diámetro del tubo

C : Coeficiente de rugosidad

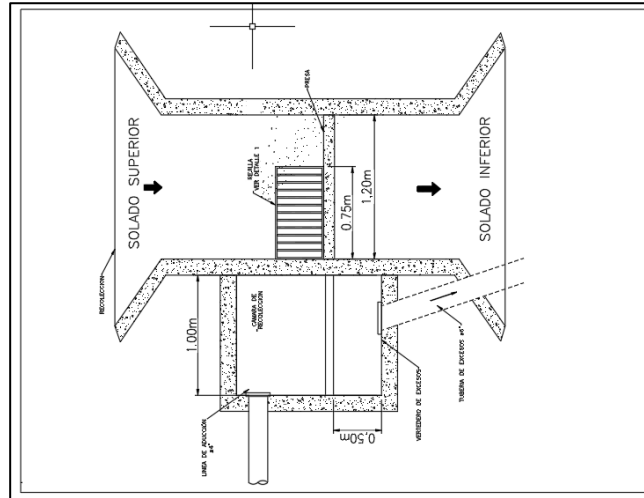
J : Pendiente piezométrica

$$D = \left(\frac{0.102m^3/s}{0.28 * 150 * 0.038^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$
$$D = 0.19896m$$
$$D = 0.19896m * 3.28 * 12 = 7.83" \approx 8"$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 15

Representación gráfica de la tubería de excesos conforme a las medidas arrojadas por los cálculos



Nota. Elaboración propia

Cálculo de la altura de los muros de contención.

Tomando el caudal máximo del río de 1.6 m³/s, se tiene:

$$H = \left(\frac{Q}{1.84 * L} \right)^{\frac{2}{3}}$$
$$H = \left(\frac{1.6 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 1.2m} \right)^{\frac{2}{3}}$$
$$H = 0.807m$$
$$BL = 1m - 0.807m$$
$$BL = 0.193m$$

Dejando un borde libre de 19.3 centímetros, la altura de los muros será de 1 metro.

Cálculo de cotas

Fondo del río en la captación = 1937.9

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Lamina sobre la presa:

$$\text{Diseño:} \quad = 1937.9 + 0.034 = 1937.934$$

$$\text{Máxima:} \quad = 1937.9 + 0.807 = 1938.707$$

$$\text{Promedio:} \quad = 1937.9 + 0.108 = 1938.048$$

$$\text{Corona de los muros} \quad = 1937.9 + 1 = 1938.9$$

Canal de aducción

$$\text{Fondo aguas arriba:} \quad = 1937.9 - 0.234 = 1937.666$$

$$\text{Fondo aguas abajo:} \quad = 1937.9 - 0.237 = 1937.663$$

$$\text{Lamina aguas arriba:} \quad = 1937.666 - 0.084 = 1937.75$$

$$\text{Lamina aguas abajo:} \quad = 1937.663 - 0.05 = 1937.713$$

Se adopta un borde libre en la cámara de recolección de 15cm y se supone una cabeza de 60 centímetros la cual debe ser verificada una vez realizado el diseño de la aducción.

Cámara de recolección

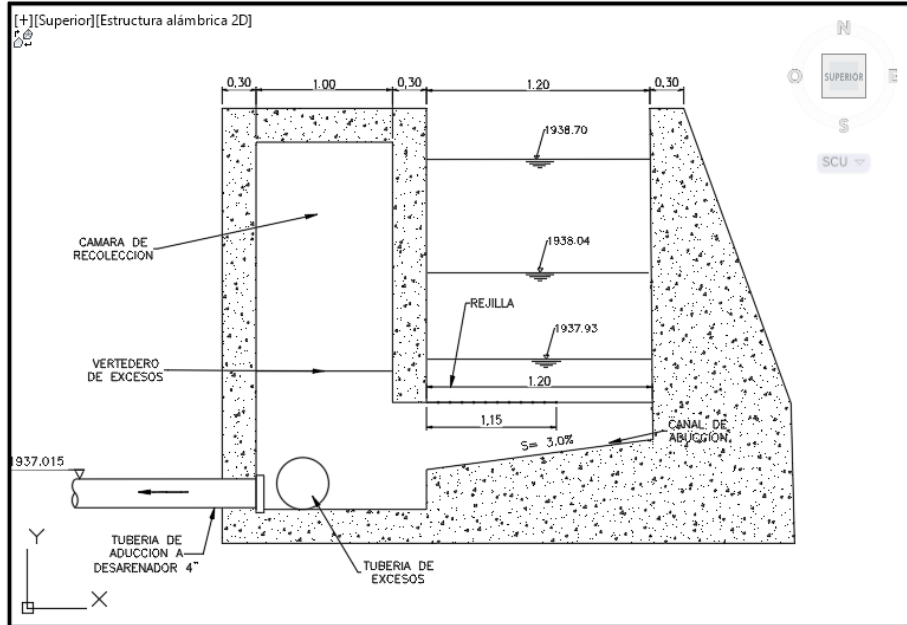
$$\text{Cresta del vertedero de excesos:} \quad = 1937.663 - 0.15 = 1937.513$$

$$\text{Fondo:} \quad = 1937.513 - 0.60 = 1936.913$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 16

Representación grafica del sistema de captación de agua conforme a los cálculos



Nota. Elaboración propia

4.5 ADUCCIÓN

Para la tubería de aducción la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 establece un coeficiente de Manning (n) para pvc (0.09 - 0.014) para el diseño se maneja un coeficiente de Manning (n) 0.012.

Cota Bocatoma: 1937,015

Cota Desarenador: 1921

Longitud: 140 metros

Ecuación 64

$$S = \frac{H}{L}$$

Donde las variables representan:

S: Pendiente

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

H : Diferencia de alturas

L : Longitud del tubo

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 65

$$S = \frac{1937.015 - 1921}{140}$$
$$S = 0.114$$

4.5.1 Diámetro de la tubería

Ecuación 66

$$do = 1.548 \left(\frac{QD * n}{\sqrt{s}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde las variables representan:

do : Diámetro de la tubería

QD : Caudal de diseño

s : Pendiente

n : Coeficiente de Manning

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 67

$$do = 1.548 \left(\frac{0.014m^3/s * 0.012}{\sqrt{0.121}} \right)^{\frac{3}{8}}$$
$$do = 0.0891m = 3.508 \text{ ''}$$
$$do = 4'' = 0.102 m$$

4.5.2 Caudal a tubo lleno

Ecuación 68

$$Qo = 0.312 * do^{\frac{8}{3}} * \frac{\sqrt{s}}{n}$$

Donde las variables representan:

Qo : Caudal a tubo lleno

do : diámetro de la tubería

s : pendiente

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

n : coeficiente de Manning

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 69

$$Q_o = 0.312 * (0.102m)^{\frac{8}{3}} * \frac{\sqrt{0.121}}{0.012}$$

$$Q_o = 0.020m^3/s$$

4.5.3 Relaciones hidráulicas

Para obtener los valores de las relaciones hidráulicas se divide el caudal de diseño (QD) entre el caudal a tubo lleno (Qo). Este valor se busca en la tabla de relaciones hidráulicas para conductos circulares.

Figura 17

Relaciones hidráulicas para conductos circulares

Q/Q_o	Relación	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.6	γ/\varnothing_o	0,625	0,632	0,638	0,644	0,651	0,657	0,663	0,670	0,676	0,683
	V/V_o	0,910	0,915	0,919	0,924	0,928	0,933	0,937	0,942	0,946	0,950
	D/\varnothing_o	0,534	0,542	0,550	0,559	0,568	0,576	0,585	0,595	0,604	0,614
	A/A_o	0,658	0,666	0,674	0,681	0,689	0,697	0,704	0,712	0,720	0,727
	t/T_o	1,135	1,140	1,145	1,150	1,155	1,159	1,164	1,168	1,173	1,177
0.7	γ/\varnothing_o	0,689	0,695	0,702	0,709	0,715	0,721	0,728	0,735	0,741	0,748
	V/V_o	0,954	0,959	0,963	0,967	0,971	0,975	0,978	0,982	0,986	0,990
	D/\varnothing_o	0,623	0,633	0,644	0,654	0,665	0,677	0,688	0,700	0,713	0,725
	A/A_o	0,735	0,742	0,750	0,757	0,765	0,772	0,780	0,787	0,795	0,802
	t/T_o	1,181	1,184	1,188	1,191	1,194	1,197	1,200	1,202	1,205	1,207
0.8	γ/\varnothing_o	0,755	0,761	0,768	0,775	0,782	0,789	0,796	0,804	0,811	0,818
	V/V_o	0,993	0,997	1,000	1,003	1,007	1,010	1,013	1,016	1,019	1,022
	D/\varnothing_o	0,739	0,753	0,767	0,783	0,798	0,815	0,833	0,852	0,871	0,892
	A/A_o	0,810	0,817	0,824	0,832	0,839	0,847	0,854	0,861	0,869	0,876
	t/T_o	1,209	1,211	1,213	1,214	1,215	1,216	1,217	1,217	1,217	1,217
0.9	γ/\varnothing_o	0,826	0,834	0,842	0,850	0,858	0,867	0,875	0,884	0,894	0,904
	V/V_o	1,024	1,027	1,029	1,032	1,034	1,036	1,037	1,039	1,040	1,047
	D/\varnothing_o	0,915	0,940	0,966	0,995	1,027	1,063	1,103	1,149	1,202	1,265
	A/A_o	0,883	0,891	0,896	0,906	0,913	0,921	0,928	0,936	0,943	0,951
	t/T_o	1,217	1,216	1,215	1,214	1,213	1,211	1,209	1,206	1,202	1,198

Nota. Tomado de "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados". López Cualla.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 18

Relaciones hidráulicas para conductos circulares

Tabla 8.2
Relaciones hidráulicas para conductos circulares (n_d/n variable)

Q/Q _o	Rel.	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	V/V _o	0.000	0.292	0.362	0.400	0.427	0.453	0.473	0.492	0.505	0.520
	d/D	0.000	0.092	0.124	0.148	0.165	0.182	0.196	0.210	0.220	0.232
	R/R _o	0.000	0.239	0.315	0.370	0.410	0.449	0.481	0.510	0.530	0.554
0.1	V/V _o	0.540	0.553	0.570	0.580	0.590	0.600	0.613	0.624	0.634	0.645
	d/D	0.248	0.258	0.270	0.280	0.289	0.298	0.308	0.315	0.323	0.334
	R/R _o	0.586	0.606	0.630	0.650	0.668	0.686	0.704	0.716	0.729	0.746
0.2	V/V _o	0.656	0.664	0.672	0.680	0.687	0.695	0.700	0.706	0.713	0.720
	d/D	0.346	0.353	0.362	0.370	0.379	0.386	0.393	0.400	0.409	0.417
	R/R _o	0.768	0.780	0.795	0.809	0.824	0.836	0.848	0.860	0.874	0.886
0.3	V/V _o	0.729	0.732	0.740	0.750	0.755	0.760	0.768	0.776	0.781	0.787
	d/D	0.424	0.431	0.439	0.447	0.452	0.460	0.468	0.476	0.482	0.488
	R/R _o	0.896	0.907	0.919	0.931	0.938	0.950	0.962	0.974	0.983	0.992
0.4	V/V _o	0.796	0.802	0.806	0.810	0.816	0.822	0.830	0.834	0.840	0.845
	d/D	0.498	0.504	0.510	0.516	0.523	0.530	0.536	0.542	0.550	0.557
	R/R _o	1.007	1.014	1.021	1.028	1.035	1.043	1.050	1.056	1.065	1.073
0.5	V/V _o	0.850	0.855	0.860	0.865	0.870	0.875	0.880	0.885	0.890	0.895
	d/D	0.563	0.570	0.576	0.582	0.588	0.594	0.601	0.608	0.615	0.620
	R/R _o	1.079	1.087	1.094	1.100	1.107	1.113	1.121	1.125	1.129	1.132
0.6	V/V _o	0.900	0.903	0.908	0.913	0.918	0.922	0.927	0.931	0.936	0.941
	d/D	0.626	0.632	0.639	0.645	0.651	0.658	0.666	0.672	0.678	0.686
	R/R _o	0.136	1.139	1.143	1.147	1.151	1.155	1.160	1.163	1.167	1.172
0.7	V/V _o	0.945	0.951	0.955	0.958	0.961	0.965	0.969	0.972	0.975	0.980
	d/D	0.692	0.699	0.705	0.710	0.719	0.724	0.732	0.738	0.743	0.750
	R/R _o	1.175	1.179	1.182	1.184	1.188	1.190	1.193	1.195	1.197	1.200
0.8	V/V _o	0.984	0.987	0.990	0.993	0.997	1.001	1.005	1.007	1.011	1.015
	d/D	0.756	0.763	0.770	0.778	0.785	0.791	0.798	0.804	0.813	0.820
	R/R _o	1.202	1.205	1.208	1.211	1.214	1.216	1.219	1.219	1.215	1.214
0.9	V/V _o	1.018	1.021	1.024	1.027	1.030	1.033	1.036	1.038	1.039	1.040
	d/D	0.826	0.835	0.843	0.852	0.860	0.868	0.876	0.884	0.892	0.900
	R/R _o	1.212	1.210	1.207	1.204	1.202	1.200	1.197	1.195	1.192	1.190
1.0	V/V _o	1.041	1.042	1.042	1.042						
	d/D	0.914	0.920	0.931	0.942						

Nota. Tomado de "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados". López Cualla.

Ecuación 70

$$\frac{QD}{Q_o} = \frac{0.014m^3/s}{0.020m^3/s} = 0.70$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Tabla 9

Relaciones hidráulicas

Relaciones Hidráulicas	
Y/∅o	0,689
V/Vo	0,954
D/∅o	0,623
A/Ao	0,735
t/To	1,181
R/Ro	1,175

Nota. Elaboración propia

4.5.4 Área a tubo lleno

Ecuación 71

$$A_o = \frac{\pi * d_o^2}{4}$$

$$A_o = \frac{\pi * (0.102m)^2}{4}$$

$$A_o = 0.0081m^2$$

4.5.5 Velocidad a tubo lleno

Ecuación 72

$$V_o = \frac{Q_o}{A_o}$$

$$V_o = \frac{0.020m^3/s}{0.0081m^2}$$

$$V_o = 2.505m/s$$

4.5.6 Fuerza tractiva

Ecuación 73

$$T_o = 250 * s * d_o$$

$$T_o = 250 * 0.121 * 0.102m$$

$$T_o = 3.067 Kg/cm^2$$

4.5.7 Radio hidráulico

Ecuación 74

$$R_o = \frac{d_o}{4}$$

$$R_o = \frac{0.102m}{4}$$

$$R_o = 0.0254m$$

$$Y = 0.689 * 0.102m = 0.0700m$$

$$V = 0.954 * 2.505m/s = 2.3261m/s$$

$$D = 0.623 * 0.102m = 0.0633m$$

$$A = 0. * 0.0081m^2 = 0.0060m^2$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$t = 1.181 * 2.9063 \text{ Kg/cm}^2 = 3.4323 \text{ Kg/cm}^2$$
$$R = 1.172 * 0.0254\text{m} = 0.0299\text{m}$$

4.5.8 Energía específica

Ecuación 75

$$E = Y + \frac{v^2}{2g}$$
$$E = 0.0694\text{m} + \frac{(2.3795\text{m/s})^2}{2(9.81\text{m/s}^2)}$$

$$E = 0.3580\text{m}$$

Verificación de la cota a la salida de la bocatoma

Se adopto en el diseño una profundidad de 60 centímetros para obtener el fondo de la cámara, esta medida se calcula de acuerdo a la expresión:

$$d + 1.5 \frac{V^2}{2g}$$
$$0.102\text{m} + 1.5 \frac{(2.3261 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 * (9.81)}$$
$$0.52\text{m}$$

Se mantiene el calculo inicial al ser un valor cercano al asumido en para el calculo del fondo en la cámara de recolección.

Cota de batea a la salida de la bocatoma:	= 1936.913	
Cota clave a la salida de la bocatoma:	= 1936.913 + 0.102	= 1937.015
Cota de batea a la llegada del desarenador:	= 1936.913 – (140*0.114)	= 1920.898
Cota clave a la llegada del desarenador:	= 1920.898 + 0102	= 1921
Cota de la lámina de agua a la llegada al desarenador:	= 1920.898 + 0.0633	= 1920.962

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

4.6 DESARENADOR

Para el diseño del desarenador se tiene en cuenta los parámetros iniciales según el requerimiento que se pida, estos pueden variar según la necesidad:

$QD = 0.014m^3/s$	Caudal de diseño
$\%rem = 0.8$	Grado de remoción
$d = 0.05mm = 0.005cm$	Remoción de partículas máxima
$^{\circ}C = 16^{\circ}C$	Temperatura
$H = 2m = 200cm$	Alto de la pantalla
$L:B = 4 : 1$	Relación longitud ancho
$g = 9.81cm/s^2$	Gravedad
$ss = 2.65 gr/cm^3$	Peso específico arena
$n = 4$	Grado del desarenador
$L = 140m$	Longitud de la cámara al desarenador
$S = 0.114$	Pendiente
$D = 0.102m$	Diámetro de la tubería
$YH2O = 0.07m$	Altura de la lamina de agua (Relaciones hidráulicas)
$VH2O = 2.3261 \frac{m}{s}$	Velocidad del agua (Relaciones hidráulicas)
$Qo = 0.01978 \frac{m^3}{s}$	Caudal a tubo lleno
$Vo = 2.4382 \frac{m}{s}$	Velocidad del agua a tubo lleno
$n = 0.012$	Numero de Manning para PVC se adopta el valor

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

4.6.1 Viscosidad cinemática para la temperatura del municipio

Ecuación 76

$$V_c = \frac{(0.0131 \text{ cm}^2 / \text{s}) * 33.33}{T^\circ + 23.33}$$
$$V_c = \frac{(0.0131 \text{ cm}^2 / \text{s}) * 33.33}{16 + 23.33} = 0.011 \text{ cm}^2 / \text{s}$$

4.6.2 Velocidad de sedimentación

Ecuación 77

$$V_s = \frac{g}{18 V_c} * (ss - 1) * d^2$$

Donde las variables representan:

V_s : Velocidad de sedimentación

V_c : Viscosidad cinemática

ss : Peso específico arena

d : diámetro partícula

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 78

$$V_s = \frac{9.81 \text{ cm/s}^2}{18 (0.011 \text{ cm}^2 / \text{s})} * (2.65 - 1) * (0.005 \text{ cm})^2$$
$$V_s = 0.203 \text{ cm/s}$$

4.6.3 Tiempo real en el desarenador

Ecuación 79

$$t = \frac{H}{V_s}$$

Donde

t : tiempo real en el desarenador

H : Altura de la pantalla

V_s : Velocidad de sedimentación

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Ecuación 80

$$t = \frac{200cm}{0.203cm/s}$$
$$t = 988 s$$

Para el periodo de retención se busca el número de Hazen en la tabla 9.3, con el valor del porcentaje de remoción de diseño si este valor no está en la tabla se calcula con la siguiente expresión:

Ecuación 81

$$\frac{\theta}{t} = \frac{Vs}{Vo}$$
$$\frac{\theta}{t} = \frac{\left(\frac{1-y}{1-y_0}\right)^{n-1}}{n}$$

Para el grado del desarenador se trabaja con el inverso $n = 4$ se toma como $\frac{1}{4}$

Ecuación 82

$$\frac{\theta}{t} = \frac{\left(\frac{1}{1-0.8}\right)^{0.25} - 1}{0.25}$$
$$\frac{\theta}{t} = 1.981$$
$$\theta = 1.981 * t$$
$$\theta = 1.981 * 988 s$$
$$\theta = 1956,876 s = 32,6min$$

Para una mayor efectividad en el desarenador el periodo de retención debe ser mayor a veinte minutos si este no cumple se debe realizar nuevamente el cálculo $\theta = 32,6 min > 20 min$

4.6.4 Volumen del tanque desarenador

Ecuación 83

$$V = \theta * QD$$

Donde las variables representan:

V : Volumen del tanque desarenador

θ : Periodo de retención

QD : Caudal de diseño

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 84

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$V = 1956,876 \text{ s} * 0.014 \text{ m}^3/\text{s}$$
$$V = 27,261 \text{ m}^3$$

4.6.5 Área superficial

Ecuación 85

$$As = \frac{V}{H}$$

Donde las variables representan:

As: Área superficial

V: Volumen del tanque desarenador

H: Altura de la pantalla

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 86

$$As = \frac{27,261 \text{ m}^3}{2 \text{ m}}$$
$$As = 13,630 \text{ m}^2$$

4.6.6 Dimensiones

Para las dimensiones del desarenador se tiene en cuenta la relación longitud ancho 1:4 donde se iguala el área como cuatro veces el ancho al cuadrado.

Ecuación 87

$$A = B * L = B * (4B)$$
$$A = 4 B^2$$
$$B = \sqrt{\frac{As}{4}}$$
$$B = \sqrt{\frac{13.630 \text{ m}^2}{4}} = 1.846 \text{ m} = 2 \text{ m}$$
$$L = 4 * B$$
$$L = 4 * 2 \text{ m} = 8 \text{ m}$$

Dando como resultado las dimensiones para el desarenador un largo de ocho metros y un ancho de dos metros.

4.6.7 Parámetros para un buen diseño

Ecuación 88

$$20 V_s > V H$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Donde las variables representan:

VH : Velocidad horizontal

Vs : Velocidad de sedimentación

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 89

$$VH = \frac{QD}{Atrasversal} = \frac{QD}{B * H}$$
$$VH = \frac{0.014m^3/s}{2m * 2m} = 0.00348m/s = 0.348cm/s$$
$$20 (0.203cm/s) > 0.348cm/s$$
$$4,050cm/s > 0.348cm/s$$

$$\frac{Vr}{3} = VH$$

Donde las variables representan:

VH : Velocidad horizontal

Vr : Velocidad de resuspensión

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 90

$$Vr = 161 \sqrt{d}$$
$$Vr = 161 \sqrt{0.005cm} = 11,384cm/s$$
$$\frac{11,384cm/s}{3} > 0.806cm/s$$
$$3,795cm/s > 0.806cm/s$$

Ecuación 91

$$No. R < 0.5$$
$$No. R = \frac{Vs * d}{Vc}$$

Donde las variables representan:

$No. R$: Numero de Reynolds

Vs : Velocidad de sedimentación

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

V_c : Viscosidad cinemática

d : Diámetro de la partícula

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 92

$$No.R = \frac{0.203 \text{ cm/s} * 0.005 \text{ cm}}{0.011 \text{ cm}^2/\text{s}}$$
$$No.R = 0,091$$
$$0,091 < 0,5$$

Cotas calcular

4.6.8 Pantalla en el desarenador

Ecuación 93

$$V_p = 5 * V_H$$

Donde las variables representan:

V_p : Velocidad de paso

V_H : Velocidad horizontal

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 94

$$V_p = 5 * 0.00348 \text{ m/s}$$
$$V_p = 0.017 \text{ m/s}$$

$$A_p = \frac{QD}{V_p}$$

Donde las variables representan:

A_p : Área de paso

QD : Caudal de diseño

V_p : Velocidad de paso

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 95

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$Ap = \frac{0,014m^3/s}{0,017m/s}$$
$$Ap = 0,8m^2$$

Para el número de orificios en la pantalla del desarenador se asume un diámetro de orificio de 0,2032 metros (8 pulgadas).

Ecuación 96

$$A8'' = \frac{\pi(0,203)^2}{4} = 0.032m^2$$
$$\#orif = \frac{Ap}{A8''}$$

Donde las variables representan:

#orif: Número de orificios

Ap: Área de paso

A8'': Área orificio ocho pulgadas

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 97

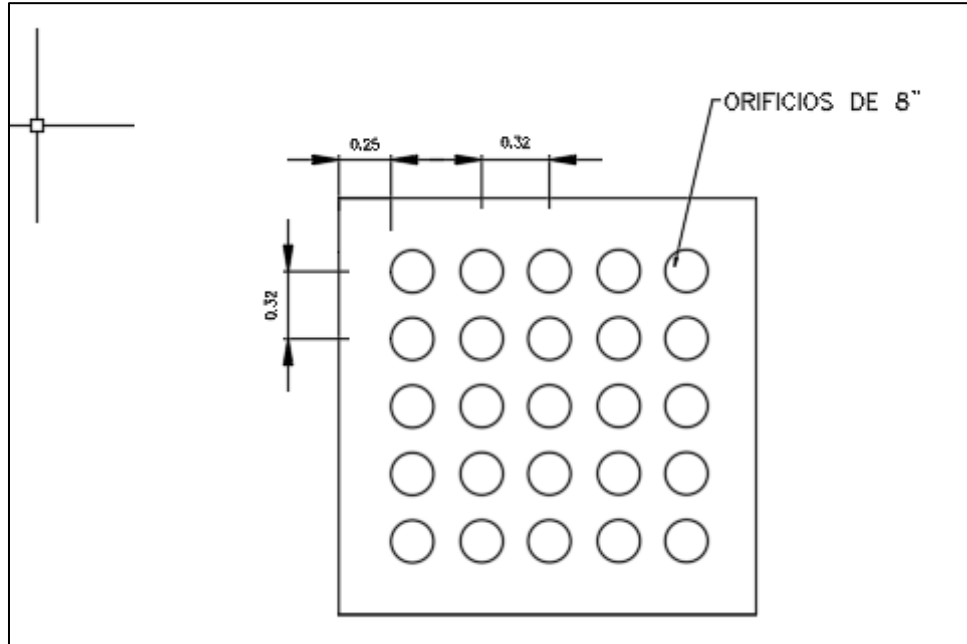
$$\#orif = \frac{0,8m^2}{0.032m^2} = 24.67 \approx 25$$

Para la distribución de los orificios se tiene en cuenta una separación de orificio de 0.30m mínimo entre el centro de estos.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 19

Representación grafica de la pantalla del desarenador



Nota. Elaboración propia

4.7 ZONA DE LODOS

Concentración de la arena en el agua = 150 unidades

Ecuación 98

$$W_{arena} = \frac{QD * Conc.arena * 86400 * 30 * \% remc}{1000000}$$
$$W_{arena} = \frac{14 \text{ lt/s} * 150 * 86400 * 30 * 0,8}{1000000} = 4333,052 \text{ kg/mes}$$
$$V_{arena} = \frac{W_{arena}}{\gamma_{arena}}$$
$$V_{arena} = \frac{4333,052 \text{ kg/mes}}{2650} = 1,635 \text{ m}^3$$

Se considera que el 30% es arena

Ecuación 99

$$V_{lodos} = \frac{V_{arena}}{0.3}$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$V_{\text{lodos}} = \frac{1.635m^3}{0.3} = 5,45m^3$$

Según la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 la pendiente mínima es del 5%. Para la zona de lodos el valor mínimo es de 0.75m y no superior a 1.5m, se asume h1 como 0.45m.

Ecuación 100

$$S = \frac{h_1}{\frac{L}{2}}$$
$$S = \frac{0.45m}{\frac{8m}{2}} = 0.11 = 11\%$$

Volumen 1

Ecuación 101

$$V_1 = \left(\frac{L \cdot h_1}{2}\right) * B$$
$$V_1 = \left(\frac{8m * 0.45m}{2}\right) * 2m$$
$$V_1 = 3.6m^3$$
$$V_2 = V_{\text{lodos}} - V_1$$

$$V_2 = 5,45m^3 - 3,6m^3$$

$$V_2 = 1.85m^3$$

$$h = \frac{V_2}{\text{Atrasversal}} = \frac{V_2}{L * B}$$

$$h = \frac{1.85m^3}{8m * 2m} = 0.1156m$$

Se toma el valor de h2 como 0,3 metros para completar el valor de 0,75 metros como valor mínimo.

4.7.1 Características del Vertedero

Altura en el vertedero

Ecuación 102

$$H_v = \left(\frac{Q}{1.84 * B}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_v = \left(\frac{0.014 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 2m}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_v = 0.024m$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Velocidad en el vertedero

Ecuación 103

$$Vv = \left(\frac{Q}{B * Hv} \right)$$

$$Vv = \left(\frac{0.014 \frac{m^3}{s}}{2m * 0.024m} \right)$$

$$Vv = 0.287 \frac{m}{s}$$

Alcance filo superior

Ecuación 104

$$Xs = 0.36 Vv^{\frac{2}{3}} + 0.60 Hv^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0.36 (0.287m/s)^{\frac{2}{3}} + 0.60 (0.024m)^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0.228m$$

Longitud de vertedero

Ecuación 105

$$Lv = Xs + 0.15$$

$$Lv = 0.228m + 0.15 = 0.378m \approx 0.38m$$

Pantalla de salida:

Ecuación 106

Profundidad	= $H/2$	= $\frac{2m}{2} = 1m$
Distancia al vertedero de salida	= $15Hv$	= $15 * (0.024m) = 0.36m$

Pantalla de entrada:

Profundidad	= $H/2$	= $\frac{2m}{2} = 1m$
Distancia a la cámara de aquietamiento	= $L/4$	= $\frac{8m}{4} = 2m$
Dist.pto. de salida a la cámara de aquietamiento	= $L/3$	= $\frac{8m}{3} = 2.7m$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Dist.pto. de salida al vertedero de salida	$= 2L/3$	$= \frac{2*8m}{3} = 5.3m$
Cámara de aquietamiento		
Profundidad	$= H/3$	$= \frac{2m}{3} = 0.67m$
Ancho	$= B/3$	$= \frac{2m}{3} = 0.67m$
Largo (adoptado) Le	$= 1m$	

Se adopta unas dimensiones para la cámara de aquietamiento de 1 metro de ancho y un 1 metro de largo para mayor facilidad en el mantenimiento.

Rebose de la cámara de aquietamiento:

Caudal de excesos

Ecuación 107

$$Q_{exc} = Q_o - QD$$

$$Q_{exc} = 0.01978 \frac{m^3}{s} - 0.014 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{exc} = 0.006 \frac{m^3}{s}$$

Altura de excesos

Ecuación 108

$$He = \left(\frac{Q}{1.84 * Le} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$He = \left(\frac{0.006 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 1} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$He = 0.013m$$

Velocidad de excesos

Ecuación 109

$$Ve = \left(\frac{Q}{Le * He} \right)$$

$$Ve = \left(\frac{0.006 \frac{m^3}{s}}{1m * 0.013m} \right)$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$Ve = 0.444 \frac{m}{s}$$

Alcance filo superior

Ecuación 110

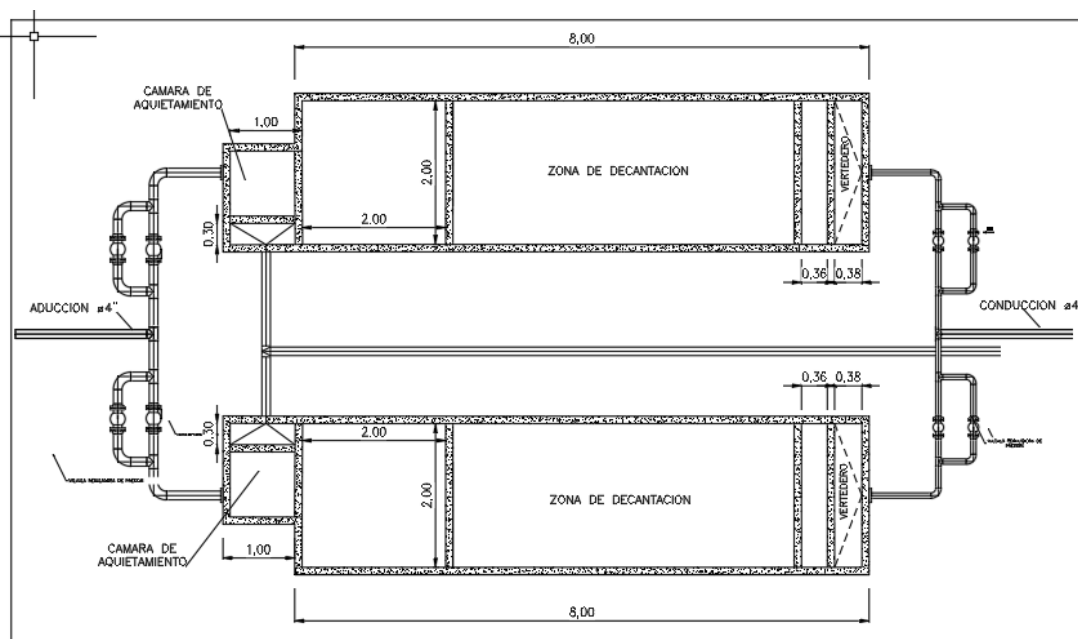
$$Xs = 0.36 Ve^{\frac{2}{3}} + 0.60 He^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0.36 (0.444m/s)^{\frac{2}{3}} + 0.60 (0.013m)^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0.26m$$

Figura 19

Representación gráfica de los desarenadores ubicados de forma paralela, según la norma



Nota. Elaboración propia

Cotas en el desarenador

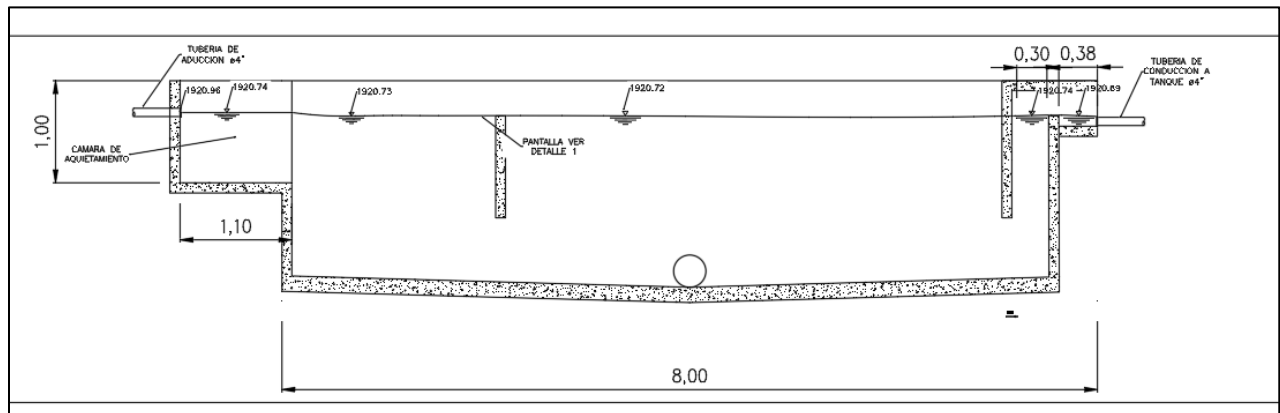
Cota de la lámina de agua a la llegada al desarenador = 1920.96
 Cota de la lámina de agua perdidas en la cámara = 1920.96 – 0.221 = 1920.741
 Cota de la lámina de agua antes de la pantalla = 1920.741 – 0.01 = 1920.731

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Cota de la lámina de agua después de la pantalla = $1920.731 - 0.01 = 1920.721$
Cota de la lámina de agua cresta del vertedero = $1920.721 + 0.024 = 1920.745$
Cota de la lámina de agua final del vertedero = $1920.721 - 0.024 = 1920.697$

Figura 20

Representación gráfica del desarenador de perfil



Nota. Elaboración propia

Es valioso resaltar, que a lo largo de los cálculos de diseño que componen el presente capítulo, se tuvo en cuenta los parámetros establecidos a grosso modo por la norma, en la resolución 0330 de 2017 y puntualmente el Título B Sistemas de acueducto (2010), y para la implementación de las fórmulas, se consideraron los ejemplos dados por el libro de López Cualla, en el capítulo 6 “*obras de captación*” (Elemento de diseño para acueductos y alcantarillados. P. 83-90).

4.8 CONDUCCIÓN

Para la conducción se tiene en cuenta los parámetros iniciales del diseño como el caudal, la longitud de la tubería del desarenador al tanque, la diferencia de alturas entre los dos puntos, El coeficiente de rugosidad para PVC, gravedad, alargamiento topográfico. Así mismo se asumen valores de pérdidas menores, cabeza del tanque y se calcula la altura disponible.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$Q = 0.014m^3/s$	Caudal de diseño
$L = 1783m$	Longitud
$h = 88 m$	Diferencia de altura
$ct = 1m$	Cabeza del tanque
$prm = 2m$	Perdidas menores
$alartop = 0.05$	Alargamiento topográfico %
$g = 9.81m/s^2$	gravedad
$hdis = ?$	Altura disponible

Ecuación 111

$$Hdis = h - (ct + prm)$$

$$Hdis = 88m - (1m + 2m)$$

$$Hdis = 85m$$

Longitud total

Ecuación 112

$$LT = L + (L * 5\%)$$

$$LT = 1783m + (1783m * 0.05)$$

$$LT = 1872.15m$$

Pendiente piezométrica

Ecuación 113

$$J = \frac{h}{LT}$$

$$J = \frac{85m}{1872.15m}$$

$$J = 0.0454$$

Diámetro de la tubería de conducción.

Ecuación 114

$$D = \left(\frac{QD}{0.28 * C * J^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

Lo cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

Donde:

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Q_{exc} : Caudal de diseño

D : Diámetro del tubo

C : Coeficiente de rugosidad

J : Pendiente piezométrica

Ecuación 115

$$D = \left(\frac{0.014 m^3/s}{0.28 * 150 * 0.0454^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

$$D = 0.0897 m$$

$$D = 0.0897 m * 3.28 * 12 = 3.5'' \approx 4''$$

Área para cuatro pulgadas

Ecuación 116

$$A = \frac{3.14 * 0.1016^2}{4}$$
$$A = 0.0081073 m^2$$

Velocidad en el tubo

Ecuación 116

$$V = \frac{QD}{A}$$

$$V = \frac{0.014 m^3/s}{0.008173 m^2}$$

$$V = 1.7183 m/s$$

Cabeza de velocidad tubería cuatro pulgadas

Ecuación 117

$$Cv = \frac{V^2}{2 * g}$$
$$Cv = \frac{(1.7183 m/s)^2}{2 * 9.81 m/s^2}$$
$$Cv = 0.150488 m$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

La cantidad de accesorios se tiene en cuenta según los cambios de dirección de la tubería y los elementos recomendados por la resolución 0330 del 08 de junio 2017, donde se especifica determinada distancia para colocar accesorios para el buen funcionamiento de la tubería.

Para el calculo de las perdidas por accesorios se tiene en cuenta la cantidad de accesorios según el trazado de la tubería, debido a la dirección y pendiente que pueda presentar. Se toma los valores de coeficientes de pérdidas de algunos accesorios (K) tabla 10.6 del libro López Cualla, el cual se multiplica por la cabeza de velocidad del tubo y respectivamente por la cantidad de cada accesorio.

Tabla 10
Cálculos de las tuberías

CALCULOS						
Accesorio	Cantidad Accesorios \emptyset		Cabeza vel. Tubo 1	.K	ha	
	0				4	
Ampliación gradual			0,15049	0,30	0,0000	
Compuerta abierta				1,00	0,0000	
Entrada a borde				1,00	0,0000	
Entrada normal a tubo	1			0,50	0,0752	
Reducción gradual				0,15	0,0000	
Salida a Tubo	1			1,00	0,1505	
Te paso lateral				1,30	0,0000	
Te paso bilateral				1,80	0,0000	
Te paso directo	4			0,60	0,3612	
Válvula de Angulo				5,00	0,0000	
Válvula de compuerta	3			0,20	0,0903	
Válvula de Globo				10,00	0,0000	
Válvula de pie				1,75	0,0000	
Válvula de retención				2,50	0,0000	
Codo	90			0,250	0,0000	
Codo	45	3		0,177	0,0798	
Codo 22 ^{1/2}	22,5	4		0,125	0,0752	
Codo 11 ^{1/4}	11,25	4		0,088	0,0532	
Sumatoria					0,8855	

Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Se tiene en cuenta los accesorios del diseño, los valores en blanco se deben a que este no pertenece en el tramo de la tubería. Para verificar el diseño se realiza la sumatoria de las pérdidas por accesorios, este valor debe ser inferior al valor adoptado al inicio del cálculo.

$$0.8855m < 2m$$

Si este valor es mayor se debe recalcular el diseño.

A su vez, para el diseño se deja a criterio de la ejecución de las obras si se emplea la planta de tratamiento existente o en caso de realizar un nuevo diseño y construcción, se puede implementar una caseta de cloración de acuerdo con la norma.

4.9 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Se profundizó en los usos horarios en donde el consumo de agua aumenta, debido a las condiciones socioeconómicas específicas del casco urbano; en este sentido es posible identificar en la tabla (11), como el consumo de agua aumenta a partir de las 5 am hasta las 9 am, debido a que a partir de esa hora suelen despertarse los trabajadores del sector, como maestros rurales, los cuales se preparan para su día laboral y obreros que laboran en el campo. Sobre el medio día también hay un aumento del consumo que obedece a la preparación de las comidas en cada domicilio y en restaurantes del sector, y a partir de esa hora hasta la tarde hay un consumo constante que se encuentra relacionado con las labores cotidianas hasta el regreso del personal que sale a laborar.

Se tiene en cuenta el método analítico de suministro por gravedad continuo por las 24 horas libro López Cualla tabla 12.2 pag 226.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

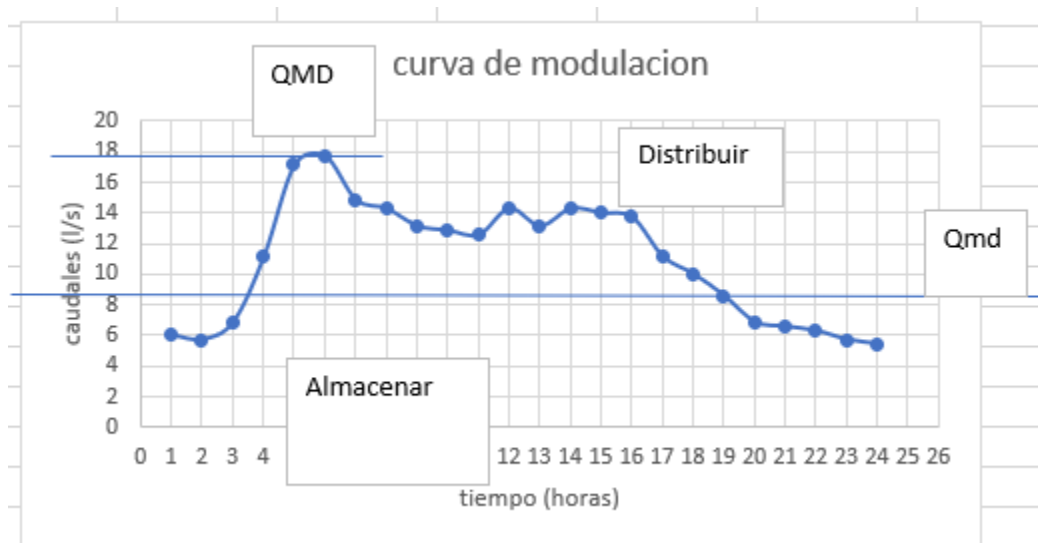
Tabla 11

Intensidad del consumo conforme al uso horario

Metodo grafico											
HORAS	BASE	COSUMO (LPS)	consumo (%)	suministro (%)	Consumo acumulado (%)	Suministro acumulado (%)	Suministro (%) - consumo (%)	Suministro (%) - consumo (%) acumulado	operación del tanque	Volumen util del tanque (%)	
12-1 AM	1	0,66666667	1,00%	4,17%	1,00%	4,17%	3,17%	3,17%	ALMACENANDO	1,83%	
1-2 AM	1	0,66666667	1,00%	4,17%	2,00%	8,33%	3,17%	6,33%	ALMACENANDO	5,00%	
2-3 AM	1	0,66666667	1,00%	4,17%	3,00%	12,50%	3,17%	9,50%	ALMACENANDO	8,17%	
3-4 AM	1	0,66666667	1,00%	4,17%	4,00%	16,67%	3,17%	12,67%	ALMACENANDO	11,33%	
4-5 AM	2	1,33333333	2,00%	4,17%	6,00%	20,83%	2,17%	14,83%	ALMACENANDO	13,50%	
5-6 AM	4	2,66666667	4,00%	4,17%	10,00%	25,00%	0,17%	15,00%	ALMACENANDO	13,67%	
6-7 AM	9,5	6,33333333	9,50%	4,17%	19,50%	29,17%	-5,33%	9,67%	ALMACENANDO	8,33%	
7-8 AM	8	5,33333333	8,00%	4,17%	27,50%	33,33%	-3,83%	5,83%	ALMACENANDO	4,50%	
8-9 AM	7	4,66666667	7,00%	4,17%	34,50%	37,50%	-2,83%	3,00%	ALMACENANDO	1,67%	
9-10 AM	4	2,66666667	4,00%	4,17%	38,50%	41,67%	0,17%	3,17%	ALMACENANDO	1,83%	
10-11 AM	3	2	3,00%	4,17%	41,50%	45,83%	1,17%	4,33%	ALMACENANDO	3,00%	
11-12 AM	5,5	3,66666667	5,50%	4,17%	47,00%	50,00%	-1,33%	3,00%	ALMACENANDO	1,67%	
12-13 PM CV	9	6	9,00%	4,17%	56,00%	54,17%	-4,83%	-1,83%	DISTRIBUYENDO	-3,17%	
13-14 PM	5	3,33333333	5,00%	4,17%	61,00%	58,33%	-0,83%	-2,67%	DISTRIBUYENDO	-4,00%	
14-15 PM	3	2	3,00%	4,17%	64,00%	62,50%	1,17%	-1,50%	DISTRIBUYENDO	-2,83%	
15-16 PM	2,5	1,66666667	2,50%	4,17%	66,50%	66,67%	1,67%	0,17%	ALMACENANDO	-1,17%	
16-17 PM	3	2	3,00%	4,17%	69,50%	70,83%	1,17%	1,33%	ALMACENANDO	0,00%	
17-18 PM	3,5	2,33333333	3,50%	4,17%	73,00%	75,00%	0,67%	2,00%	ALMACENANDO	0,67%	
18-19 PM	5	3,33333333	5,00%	4,17%	78,00%	79,17%	-0,83%	1,17%	ALMACENANDO	-0,17%	
19-20 PM	9	6	9,00%	4,17%	87,00%	83,33%	-4,83%	-3,67%	DISTRIBUYENDO	-5,00%	
20-21 PM	8,5	5,66666667	8,50%	4,17%	95,50%	87,50%	-4,33%	-8,00%	DISTRIBUYENDO	-9,33%	
21-22 PM	2	1,33333333	2,00%	4,17%	97,50%	91,67%	2,17%	-5,83%	DISTRIBUYENDO	-7,17%	
22-23 PM	1,5	1	1,50%	4,17%	99,00%	95,83%	2,67%	-3,17%	DISTRIBUYENDO	-4,50%	
23-24 PM	1	0,66666667	1,00%	4,17%	100,00%	100,00%	3,17%	0,00%	DISTRIBUYENDO	-1,33%	

Nota. Elaboración propia. Adaptado del método analítico. López Cualla.

Gráfica 8



Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$V_{emerg} = 0.25 * (31.488m^3 + 72m^3)$$

$$V_{emerg} = 25.87m^3$$

Volumen total del tanque

Ecuación 119

$$VT = V_{emer} + V_{almc}$$

$$VT = 25.87m^3 + 31.488m^3$$

$$VT = 57.36m^3$$

Para las dimensiones del tanque se tiene en cuenta la tabla 12.1 del libro López Cualla donde establece para un k para volúmenes menores a $300m^3$ de 2.0.

Alto del tanque

Ecuación 120

$$h = \frac{V\%}{3} + k$$
$$h = \frac{0.5736}{3} + 2$$
$$h = 2.1912m \approx 2.20m$$

Área

Ecuación 121

$$A = \frac{V}{h}$$

$$A = \frac{57.36m^3}{2.20m}$$

$$A = 26.18m^2$$

Base del tanque

Ecuación 122

$$B = \sqrt{\frac{26.18m^2}{2}}$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$B = 3.6178m \approx 4m$$

Largo del tanque

Ecuación 123

$$L = B * 2$$

$$L = 4m * 2 = 8m$$

Se realizan los cálculos de acuerdo con los datos obtenidos por el caudal de diseño, y al identificar que los resultados del tanque almacenamiento arroja un índice inferior a la capacidad de los tanques existentes, es posible mantener el tanque redondo ubicado en la parte alta del municipio para abastecer la red de distribución.

4.10 ANCLAJES

Para el calculo de los anclajes se tiene en cuenta los accesorios utilizados para la red teniendo en cuenta para este caso, codo de 45°, 22.5°, 11.25°, se considera el caudal inicial 14lt/s, una altura de 80m.c.a (esta no puede ser mayor a 150m.c.a), una carga portante de 1Kg/ cm², la gravedad como 9.81m/s² y el peso específico del agua como 1000 Kg/m³. Se tiene un terreno con material arena arcillosa con un coeficiente de fricción del 0.4.

Tabla 12

Coeficiente de fricción según el terreno

Terreno	U
Arcilla húmeda	0,3
Arcilla seca	0,35
Arena arcillosa	0,4
Arena sin lomo ni arcilla	0,5
Grava	0,6

Nota. Elaboración propia. Adaptado de "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados". López Cualla

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Codo 45°

Área del tubo 4" = 0.008m²

Velocidad

Ecuación 124

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

$$V = \frac{0.014m^3}{0.008m^2}$$

$$V = 1.727m/s$$

Empuje total

Ecuación 125

$$ET = 2 * \delta * A * \left(H + \frac{V^2}{g} \right) * \sin \frac{\theta}{2}$$

Donde:

ET: Empuje total

δ : Peso específico del agua

A: Área

H: Metros columna de agua

V: Velocidad

g: Gravedad

θ : Angulo

Ecuación 126

$$ET = 2 * 1000 \frac{kg}{m^3} * 0.008m^2 * \left(85 + \frac{1.727 \frac{m}{s}}{9.81 \frac{m}{s^2}} \right) * \sin \frac{45^\circ}{2}$$

$$ET = 498.29kg$$

Codo Horizontal – Embebido a la mitad

Ecuación 127

$$h = d + (0.1 * 2)$$

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$h = 0.1016 + (0.1 * 2) = 0.3016m$$

$$B = 0.1016m$$

$$ET = W * u + (h * L \frac{CP}{4})$$

Donde:

ET: Empuje total

W: Peso

u: Coeficiente de fricción

h: Altura del anclaje

L: Longitud del anclaje

CP: Carga portante

Ecuación 128

$$W = \delta * B * h * L$$

Donde:

δ : Peso específico del agua

W: Peso

h: Altura del anclaje

L: Longitud del anclaje

B: Base del anclaje

Se reemplaza el valor de *W* en la primera ecuación para obtener el valor de *L*.

Ecuación 129

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

$$ET = (\delta * B * h * L) * u + (h * L * \frac{CP}{4})$$

$$498.29kg = (1000 \frac{kg}{m^3} * 0.1016m * 0.3016m * L) * 0.4 + (0.3016m * L * \frac{10000}{4})$$

$$L = 0.65m$$

Codo Vertical – Embebido a la mitad

Ecuación 130

$$h = 0.1016m$$

$$B = d + (0.1 * 2)$$

$$B = 0.1016 + (0.1 * 2) = 0.3016m$$

$$W + ET = B * L * CP$$

Se reemplaza el valor W por la ecuación dada anteriormente.

Ecuación 131

$$(\delta * B * h * L) + ET = B * L * CP$$

$$(1000 \frac{kg}{m^3} * 0.3016m * 0.1016m * L) + 498.29kg = 0.3016m * L * 10000$$

$$L = 0.167m$$

Para los anclajes del codo de 22.5° y 11.25° se tiene en cuenta el procedimiento anterior, obteniendo los siguientes resultados.

Codo 22.5°

Tabla 13

Área	0,008	m2
Velocidad	1,727	m/s
ET	254,03	Kg

Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Tabla 14

Codo horizontal		
Embebido a la mitad		
H	0,3016	m
B	0,1016	m
L	0,332	m

Nota. Elaboración propia

Tabla 15

Codo Vertical		
Embebido a la mitad		
H	0,1016	m
B	0,3016	m
L	0,085	m

Nota. Elaboración propia

Codo 11.25°

Tabla 16

A	0,008	m²
V	1,727	m/s
ET	127,63	Kg

Nota. Elaboración propia

Tabla 17

Codo horizontal		
Embebido a la mitad		
H	0,3016	m
B	0,1016	m
L	0,167	m

Nota. Elaboración propia

Tabla 18

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Codo Vertical		
Embebido a la mitad		
H	0,1016	m
B	0,3016	m
L	0,043	m

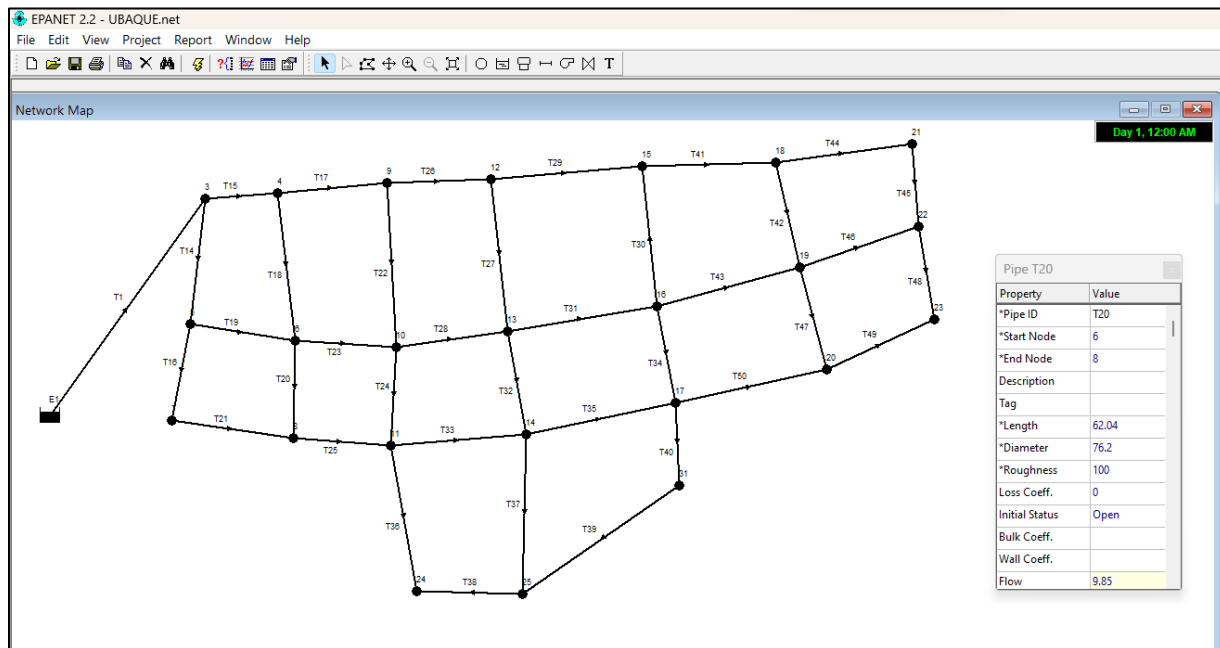
Nota. Elaboración propia

Red de Distribución cabecera municipal Ubaque Cundinamarca

Se realizó la modelación de la red de distribución en el programa Epanet, según los datos obtenidos por el fontanero del acueducto actual del municipio. El modelo se realiza según plano de referencia del municipio ubicando los diferentes nodos en cada unas de las vías que se encuentran en el municipio.

Figura 21

Modelación de la red de distribución en la cabecera municipal de Ubaque Cundinamarca

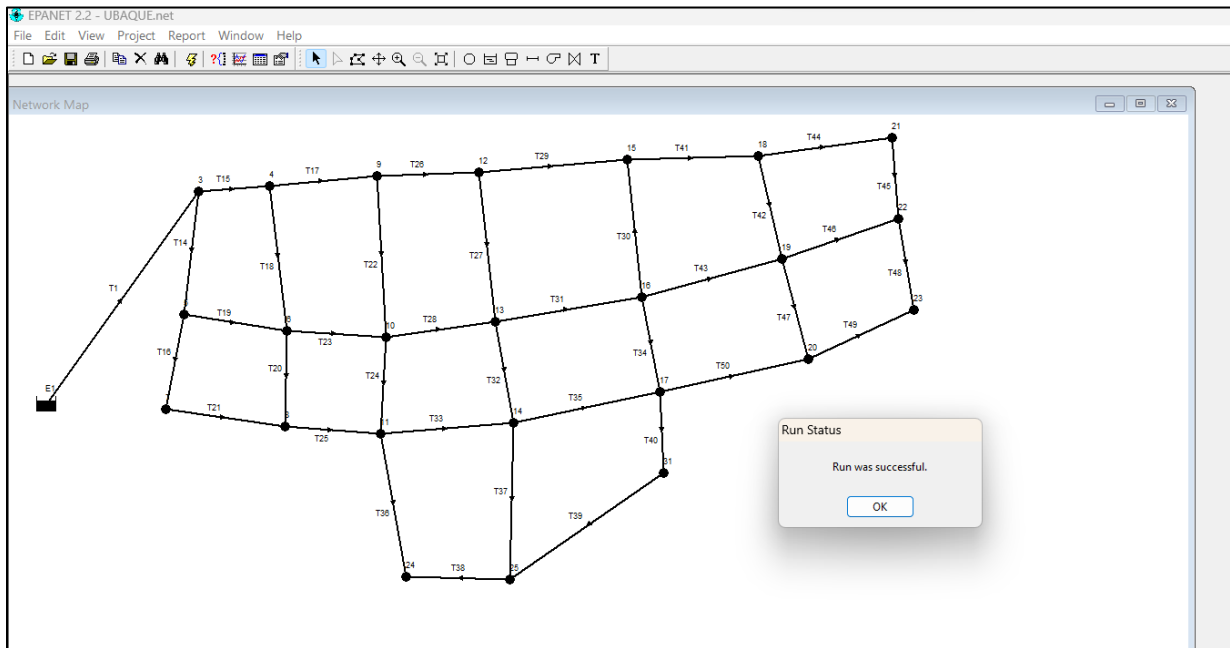


Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Se realiza cada alineamiento de tubería según los diámetros dados para cada vía de la cabecera municipal, se coloca la altura de cada nodo y tanque según la topografía del municipio. En el programa se usa la ecuación de Darcy Weisbach para las perdidas de carga por fricción.

Figura 22

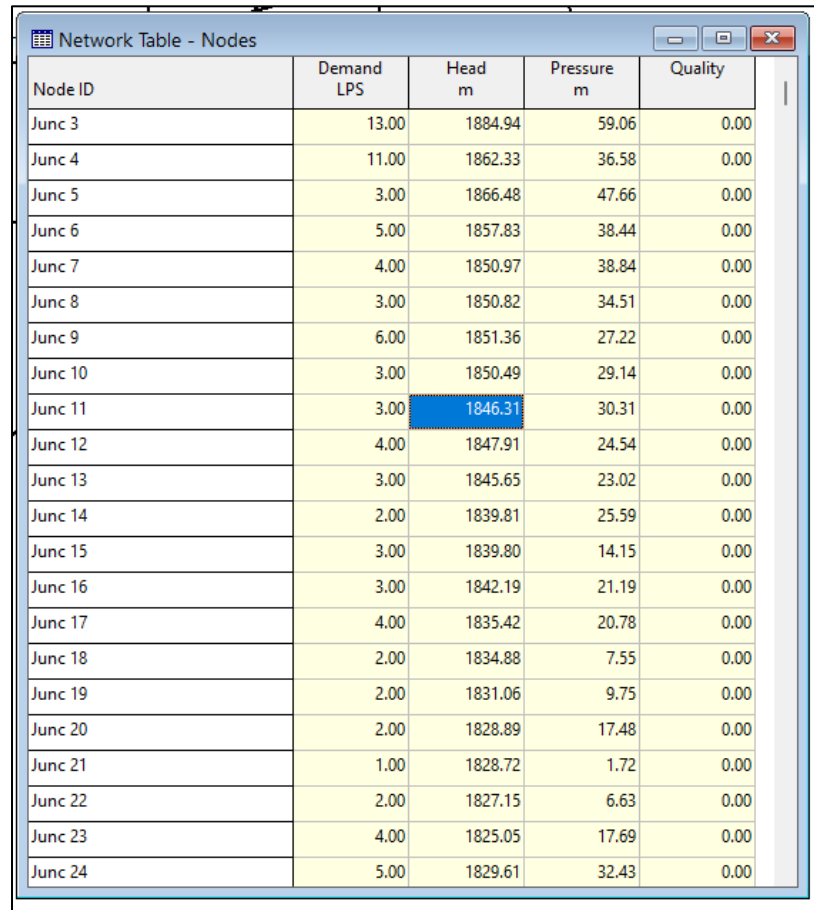


Nota. Elaboración propia

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 23

Características de los nodos. Demanda, Altura y distancia.



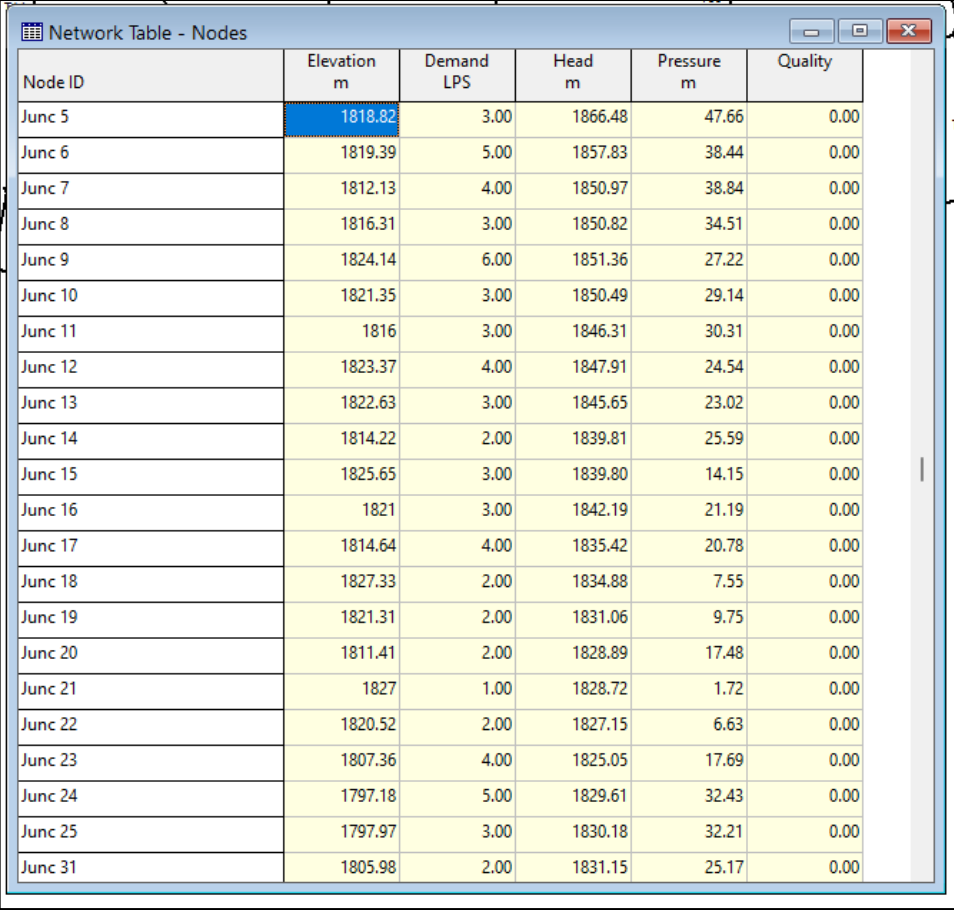
Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m	Quality
Junc 3	13.00	1884.94	59.06	0.00
Junc 4	11.00	1862.33	36.58	0.00
Junc 5	3.00	1866.48	47.66	0.00
Junc 6	5.00	1857.83	38.44	0.00
Junc 7	4.00	1850.97	38.84	0.00
Junc 8	3.00	1850.82	34.51	0.00
Junc 9	6.00	1851.36	27.22	0.00
Junc 10	3.00	1850.49	29.14	0.00
Junc 11	3.00	1846.31	30.31	0.00
Junc 12	4.00	1847.91	24.54	0.00
Junc 13	3.00	1845.65	23.02	0.00
Junc 14	2.00	1839.81	25.59	0.00
Junc 15	3.00	1839.80	14.15	0.00
Junc 16	3.00	1842.19	21.19	0.00
Junc 17	4.00	1835.42	20.78	0.00
Junc 18	2.00	1834.88	7.55	0.00
Junc 19	2.00	1831.06	9.75	0.00
Junc 20	2.00	1828.89	17.48	0.00
Junc 21	1.00	1828.72	1.72	0.00
Junc 22	2.00	1827.15	6.63	0.00
Junc 23	4.00	1825.05	17.69	0.00
Junc 24	5.00	1829.61	32.43	0.00

Nota. Adaptado de Epanet

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 24

Características de los nodos. Demanda, Altura.



Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m	Quality
Junc 5	1818.82	3.00	1866.48	47.66	0.00
Junc 6	1819.39	5.00	1857.83	38.44	0.00
Junc 7	1812.13	4.00	1850.97	38.84	0.00
Junc 8	1816.31	3.00	1850.82	34.51	0.00
Junc 9	1824.14	6.00	1851.36	27.22	0.00
Junc 10	1821.35	3.00	1850.49	29.14	0.00
Junc 11	1816	3.00	1846.31	30.31	0.00
Junc 12	1823.37	4.00	1847.91	24.54	0.00
Junc 13	1822.63	3.00	1845.65	23.02	0.00
Junc 14	1814.22	2.00	1839.81	25.59	0.00
Junc 15	1825.65	3.00	1839.80	14.15	0.00
Junc 16	1821	3.00	1842.19	21.19	0.00
Junc 17	1814.64	4.00	1835.42	20.78	0.00
Junc 18	1827.33	2.00	1834.88	7.55	0.00
Junc 19	1821.31	2.00	1831.06	9.75	0.00
Junc 20	1811.41	2.00	1828.89	17.48	0.00
Junc 21	1827	1.00	1828.72	1.72	0.00
Junc 22	1820.52	2.00	1827.15	6.63	0.00
Junc 23	1807.36	4.00	1825.05	17.69	0.00
Junc 24	1797.18	5.00	1829.61	32.43	0.00
Junc 25	1797.97	3.00	1830.18	32.21	0.00
Junc 31	1805.98	2.00	1831.15	25.17	0.00

Nota. Adaptado de Epanet

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 25

Características de la tubería. Longitud, diámetro, velocidad, factor de fricción.

Link ID	Length m	Diameter mm	Velocity m/s	Friction Factor	Quality	Status
Pipe T1	111.1	101.6	11.47	0.027	0.00	Open
Pipe T14	80.15	101.6	3.80	0.032	0.00	Open
Pipe T15	41.24	101.6	6.07	0.030	0.00	Open
Pipe T16	64.82	50.8	2.51	0.038	0.00	Open
Pipe T17	70.16	101.6	3.08	0.033	0.00	Open
Pipe T18	93.72	101.6	1.63	0.036	0.00	Open
Pipe T19	65.99	101.6	2.80	0.033	0.00	Open
Pipe T20	62.04	76.2	2.16	0.036	0.00	Open
Pipe T21	82.06	76.2	0.24	0.050	0.00	Open
Pipe T22	103.74	101.6	0.63	0.041	0.00	Open
Pipe T23	64.34	101.6	2.60	0.034	0.00	Open
Pipe T24	63.72	76.2	1.61	0.038	0.00	Open
Pipe T25	59.53	76.2	1.74	0.037	0.00	Open
Pipe T26	65.69	101.6	1.71	0.036	0.00	Open
Pipe T27	96.96	50.8	0.71	0.046	0.00	Open
Pipe T28	71.84	101.6	1.96	0.035	0.00	Open
Pipe T29	95.88	76.2	1.85	0.037	0.00	Open
Pipe T30	89.93	50.8	0.76	0.045	0.00	Open
Pipe T31	95.08	101.6	1.40	0.037	0.00	Open
Pipe T32	67.03	50.8	1.45	0.041	0.00	Open
Pipe T33	82.65	76.2	1.78	0.037	0.00	Open
Pipe T34	61.99	50.8	1.64	0.040	0.00	Open

Nota. Adaptado de Epanet

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 26

Características de la tubería. Longitud, diámetro, velocidad, factor de fricción.

Link ID	Length m	Diameter mm	Velocity m/s	Friction Factor	Quality	Status
Pipe T1	111.1	101.6	11.47	0.027	0.00	Open
Pipe T14	80.15	101.6	3.80	0.032	0.00	Open
Pipe T15	41.24	101.6	6.07	0.030	0.00	Open
Pipe T16	64.82	50.8	2.51	0.038	0.00	Open
Pipe T17	70.16	101.6	3.08	0.033	0.00	Open
Pipe T18	93.72	101.6	1.63	0.036	0.00	Open
Pipe T19	65.99	101.6	2.80	0.033	0.00	Open
Pipe T20	62.04	76.2	2.16	0.036	0.00	Open
Pipe T21	82.06	76.2	0.24	0.050	0.00	Open
Pipe T22	103.74	101.6	0.63	0.041	0.00	Open
Pipe T23	64.34	101.6	2.60	0.034	0.00	Open
Pipe T24	63.72	76.2	1.61	0.038	0.00	Open
Pipe T25	59.53	76.2	1.74	0.037	0.00	Open
Pipe T26	65.69	101.6	1.71	0.036	0.00	Open
Pipe T27	96.96	50.8	0.71	0.046	0.00	Open
Pipe T28	71.84	101.6	1.96	0.035	0.00	Open
Pipe T29	95.88	76.2	1.85	0.037	0.00	Open
Pipe T30	89.93	50.8	0.76	0.045	0.00	Open
Pipe T31	95.08	101.6	1.40	0.037	0.00	Open
Pipe T32	67.03	50.8	1.45	0.041	0.00	Open
Pipe T33	82.65	76.2	1.78	0.037	0.00	Open
Pipe T34	61.99	50.8	1.64	0.040	0.00	Open

Nota. Adaptado de Epanet

CAPÍTULO 3

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Es posible determinar que la elaboración de los cálculos pertinentes para la propuesta de diseño eran necesarios, ya que tras la visita inicial en campo y la consulta con el trabajador del lugar, el sistema de captación de agua actual era producto de una iniciativa empírica de la comunidad, de modo que, no tenían en cuenta consideraciones técnicas según la Resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021, necesarias para asegurar la calidad y continuidad del servicio de tratamiento y abastecimiento de agua potable, de modo que, a pesar de que la comunidad no reconoció como un problema las condiciones de suministro de agua, desde una evaluación técnica se estima que hay falencias que pueden mejorar, por ende se adjuntó los cálculos necesarios para analizar la demanda de agua y los cálculos del sistema de captación de agua en el capítulo 2.

De igual forma, se realizó un análisis más profundo acerca de la intensidad horaria en la que hay mayor demanda de agua potable, dado que los tanques existentes ya cuentan con la capacidad necesaria, pero era necesario complementarlo con datos que permitan potenciar su uso, de modo que, la información ofrecida es importante, ya que le permite a los administradores y trabajadores del sistema de captación de agua de Ubaque, prepararse para los horarios de mayor demanda, en busca de prevenir cualquier corte o reducción del suministro y en caso de ser necesario, proyectar revisiones y cortes en los horarios de la noche, ya que es el rango horario en donde hay menor demanda. Teniendo en cuenta que, el propósito de realizar esta revisión y desarrollar los cálculos, es proponer estudios que orienten la posible remodelación del sistema actual, el cual ha sido efectivo hasta el momento, pero podría mejorar en los aspectos ya mencionados y por medio de la implementación de un tanque de cloración.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras realizar el análisis de las condiciones actuales del sistema de captación de agua, y profundizar en la percepciones de la comunidad con respecto a la calidad y frecuencia del suministro de agua, se obtuvieron algunas conclusiones relevantes que dan respuesta a una propuesta de diseño de un sistema de captación de agua que responda a las necesidades de cobertura para la población de la cabecera municipal de Ubaque, Cundinamarca; tal como se planteó en la hipótesis inicial, al hacer la visita técnica en el territorio fue posible confirmar las precarias condiciones del sistema actual de captación de agua; puesto que, no existe una bocatoma conforme a los establecido por la resolución 0330 de 2017 y a su vez, las condiciones actuales del desarenador no cumplen con las especificaciones técnicas para su buen funcionamiento.

Por lo tanto, dentro de la propuesta de diseño, se plantea la reforma de la bocatoma, desarenador y la implementación de anclajes, como parte del proceso inicial de captación y filtración de agua, ya que las condiciones y capacidades de los tanques para el proceso de tratamiento de agua y distribución, cuenta con las características suficientes para dar respuesta a las necesidades de cobertura de la comunidad.

Conjuntamente, se puede concluir que la proyección de población estimada refleja los datos suministrados por el DANE y no se tiene en cuenta los datos del SUJ, ya que no hay muchos datos y tienden a decrecer, haciéndolos poco confiables para el diseño, de igual forma, dentro del cumplimiento de este objetivo se insistió en la percepción de la comunidad, la cual da cuenta de una normalización de las condiciones desfavorables y cambiantes en el suministro de agua. De igual importancia, se evidencia que las dificultades propias de la ausencia de una bocatoma y de un desarenador según la norma ha

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

traído inconvenientes para los trabajadores del sistema de captación de agua (fontaneros) durante el proceso de mantenimiento y en épocas de lluvia, no obstante, la comunidad no percibe las afectaciones.

De modo que, se realizan unos planos de desarenador, bocatoma y plano planta perfil como propuesta de diseño para el mejoramiento de la distribución y calidad del agua, con miras a el aumento de la calidad de vida de la población presente del municipio de Ubaque y considerando el crecimiento comercial y poblacional propio del pasar de los años.

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

7. LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA

Acueducto. (2023). Sistemas de abastecimiento. Acueducto.

[https://www.acueducto.com.co/wpsportal/wps/portal/EAB2/Home/acueducto-y-alcantarillado/lainfraestructuraAcueducto/sistemasabastecimiento#:~:text=Los%20sistemas%20de%20abastecimiento%20est%C3%A1n,producci%C3%B3n%20\(plantas%20de%20tratamiento\).](https://www.acueducto.com.co/wpsportal/wps/portal/EAB2/Home/acueducto-y-alcantarillado/lainfraestructuraAcueducto/sistemasabastecimiento#:~:text=Los%20sistemas%20de%20abastecimiento%20est%C3%A1n,producci%C3%B3n%20(plantas%20de%20tratamiento).)

Albuja, C., Pinos, C., Samaniego, J. (s.f). Uso de desarenadores en abastecimiento de agua potable.

Universidad Cuenca, escuela de ingeniería civil, revista Galileo.<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30010/1/172-631-1-PB.pdf>

Botello, C. L. (2017, febrero). Optimización de la red de acueducto y abastecimiento mediante análisis

hidrológico del río el palmar en el municipio de ubaque – Cundinamarca. Universidad Libre.

https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11183/Proyecto_de_grado_Gesti%C3%B3n_integral_del_recurso_h%C3%ADrico_2017_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cárdenas, D.L, Patiño, F.E. (2010, octubre). Estudios y diseños definitivos del sistema de agua potable de

la comunidad de tutucán, cantón paute, provincia del Azuay. Universidad de Cuenca, facultad de

ingeniería.<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>

Comisión Nacional de Agua México. (2007). Red de distribución. Manual de agua potable, alcantarillado

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

y

saneamiento.

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%20potable.pdf

Departamento Nacional de Planeación. (s,f). Ficha de caracterización municipio Ubaque. Gobernación de Cundinamarca.

https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Fichas%20Caracterizacion%20Territorial/Cmarca_Ubaque%20ficha.pdf

Escuela Superior de Administración Pública. (s,f). Plan de desarrollo municipal 2008-2011 “Nuestro compromiso es Ubaque”. Repositorio cdim ESAP.

<https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/12767/11159-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Felices, A. (2003). La bocatoma, estructura clave en un proyecto de aprovechamiento hidráulico.

https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF

GOV.CO. (2019, Julio). Mapas Nacionales Población Cundinamarca 2017. Datos Abiertos.

<https://www.datos.gov.co/Mapas-Nacionales/Poblacion-Cundinamarca-2017/ggy4-gvse>

Huerta Ramírez, V.H. (2016). Operación y mantenimiento de sistemas de riego- Modulo I. Programa

Subsectorial de Irrigaciones, gobierno de Perú. <http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/1.pdf>

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2002). Aducción y conducción. Guía Ambiental para Sistemas de Acueducto.

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005574/cartillas/sistemasacueducto/Sistemasacueducto2.pdf>

Ley 0330/17, junio 08, 2017. Diario Oficial. [D.O.]: 50267. (Colombia). Obtenido el 16 de mayo de 2023.

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf>

López, C. (2007). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de ingeniería.

Ludwigson, M. (2020). Tanques de almacenamiento de agua. SunCam.

<https://www.suncam.com/miva/downloads/docs/379.pdf>

Ministerio de Salud. (2007). ¿Qué es el agua potable o agua para consumo humano? .ABECÉ del agua y saneamiento básico.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/abc-agua.pdf>

Moreno Méndez, J. O. (2020). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. Revista De Ingeniería, 1(49), 28–37. <https://doi.org/10.16924/revinge.49.5>

Titulo B. (2010). Sistemas de Acueducto. Ministerio de vivienda ciudad y territorio.

<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf>

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

ANEXOS

Adicionalmente se anexa los planos en formato PDF y el desglose de cada uno de los cálculos en una hoja de cálculo, por medio de una carpeta drive.

https://drive.google.com/drive/folders/13TPRkwl1MIGqNvuMa_EBRKSoU5A4Erge?usp=sharing