

**ESTUDIO DE LA CAPACIDAD HIDRÍCA QUE SURTE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA POTABLE EL SALITRE DEL MUNICIPIO DE VIOTA.**

SUETLEN CATERINE CAMARGO RODRÍGUEZ

UNIVERISDAD PILOTO DE COLOMBIA
INGENIERIA, CUNDINAMARCA
INGENIERIA CIVIL, SECCIONAL ALTO MAGDALENA
GIRARDOT
2023

**ESTUDIO DE LA CAPACIDAD HÍDRICA QUE SURTE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA POTABLE EL SALITRE DEL MUNICIPIO DE VIOTÁ.**

SUETLEN CATERINE CAMARGO RODRÍGUEZ
SUETLEN-CAMARGO@UPC.EDU.CO

trabajo de grado

Ingeniero Abbad Jack Jimmink Murillo

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
INGENIERÍA, CUNDINAMARCA
INGENIERÍA CIVIL, SECCIONAL ALTO MAGDALENA
GIRARDOT
2023

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Girardot Cundinamarca, octubre 2023

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	8
2. ABSTRACT	8
3. INTRODUCCIÓN	9
4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.	11
6. OBJETIVOS	13
6.1 OBJETIVO GENERAL	13
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	13
7. MARCO REFERENCIAL	14
7.1 ANTECEDENTES CIENTÍFICOS	14
7.2 MARCO TEÓRICO	16
7.3 MARCO CONCEPTUAL	17
7.4 MARCO LEGAL	17
7.5 MARCO GEOGRÁFICO	21
7.6 MARCO DEMOGRÁFICO	22
7.7 MARCO INSTITUCIONAL	24
8. DELIMITACIÓN	27
9. DISEÑO METODOLÓGICO:	28
9.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	28
9.2 TIPO DE ESTUDIO	29
9.3 MÉTODO	30
9.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN:	30
9.5 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	31
9.5.1 Análisis de datos:	31
9.5.2 Evaluación de alternativas	31
9.5.3 Análisis de la población	32
9.6 ÁMBITO ESPACIAL	34
9.7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:	34
10. RECURSOS NECESARIOS	35
10.1 HUMANO	35
10.2 MATERIAL	35
11. PLAN DE TRABAJO	36

10. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	38
10.1 PROYECCIONES	38
10.1.1 Método aritmético	38
11.1.2 Método geométrico	38
11.1.3 Método logarítmico	39
11.1.4 Dotación neta	41
11.1.5 Dotación bruta	42
11.1.6 Caudal medio diario	42
11.1.7 Caudal máximo diario	42
11.1.8 Caudal máximo horario	43
11.1.9 Caudal de diseño	43
11.2 ANALISIS DE OTRA POSIBLE FUENTE DE ABASTECIMIENTO (RIO CALANDAIMA)	44
11.3 EFICACIA PLANTA DE TRATAMIENTO EL SALITRE	49
11.4 ANALISIS DE LAS FUENTES HÍDRICAS QUE ABASTECEN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO	52
11.4.1 Río lindo	52
11.4.2 Laguna del indio	55
12. CONCLUSIONES	57
13. RECOMENDACIONES	58
14. PRODUCTO DE INVESTIGACIÓN	59
15. BIBLIOGRAFÍA	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema -----	33
Tabla 2 Asignación del nivel de complejidad -----	33
Tabla 3 Recursos materiales -----	35
Tabla 4. Plan de trabajo -----	36
Tabla 5. Resultados proyecciones -----	40
Tabla 6 Dotación neta según la altura sobre el nivel del mar -----	41
Tabla 7 Caudales de diseño -----	43
Tabla 8 Distribución territorial dentro de la subcuenca del río Calandaima -----	45
Tabla 9 Características morfológicas de la subcuenca del río Calandaima -----	45
Tabla 10 Estaciones limnimétricas de la subcuenca del río Calandaima -----	47

Lista de figuras

Figura 1	Mapa de Viotá con su ubicación en Cundinamarca y a su vez en Colombia	22
Figura 2	Población por sexo	23
Figura 3	Población por sexo y grupos de edad	23
Figura 4	Población por nivel de escolaridad	24
Figura 5	Comparación de métodos	41
Figura 6	Sub cuenca del río Calandaima	44
Figura 7	Perfil del río Calandaima.....	46
Figura 8	Histograma de caudales	48
Figura 9	Oferta hídrica	48
Figura 10	Red acueducto de Viotá.....	50
Figura 11	Recurso hídrico	52
Figura 12	Parámetros morfológicos de la microcuenca del río lindo.....	53
Figura 13	Delimitación de la microcuenca del río lindo	54
Figura 14	Estaciones meteorológicas	54
Figura 15	Caudales máximos y mínimos del río lindo	55
Figura 16	Oferta hídrica río lindo	55
Figura 17	Laguna del indio.....	56

1. RESUMEN

En el municipio de Viotá el desabastecimiento de agua se a convertido en una problemática muy común ya que el recurso hídrico con el que se cuenta no es suficiente para abastecer a la población urbana que actualmente sirve la planta de tratamiento el salitre ni a las poblaciones futuras para todo esto se recopilo información de los afluentes que actualmente abastecen al municipio y nuevas posibles fuentes pudiendo identificar falencias tanto en el recurso hídrico. Es por esto que se quiere plantear la búsqueda de una nueva fuente hídrica del municipio las cuales no se están aprovechando y que pueden aportar al mejoramiento y la mitigación de esta problemática y obtener un desarrollo sostenible en Viotá, y de esta forma mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Palabras claves:

Recurso hídrico, población, demanda, mitigación.

2. ABSTRACT

In the municipality of Viotá, water shortages have become a very common problem since the water resource available is not enough to supply the urban population currently served by the saltpeter treatment plant or future populations. For all this, information was collected on the tributaries that currently supply the municipality and new possible sources, being able to identify shortcomings in both the water resource. This is why we want to consider the search for a new water source for the municipality which is not being used and which can contribute to the improvement and mitigation of this problem and obtain sustainable development in Viotá, and in this way improve the quality of life of the inhabitants.

Keywords:

Water resources, population, demand, mitigation

3. INTRODUCCIÓN

Además de su abundancia, el agua es uno de los elementos más importantes del planeta debido a la dependencia directa de los seres vivos de ella para sobrevivir. Entre el 50% y el 90% de la superficie de la Tierra está formada por él. Los primeros seres vivos surgieron del agua y se desarrollaron hasta poder asentarse en la Tierra. El hígado y el corazón (que constituyen entre el 70 y el 80 por ciento de todos los seres vivos) y el tejido nervioso (que constituye entre el 82 y el 94 por ciento de todos los seres vivos) son dos ejemplos de cuánta cantidad de esta sustancia está presente en todos los tejidos y órganos. Se reafirma así su función fundamental (Gómez, 2007).

Es preocupante que Colombia todavía no proporcione a todos sus ciudadanos acceso a agua potable y saneamiento básico, como recomienda el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6. En el municipio de Viotá, por ejemplo, 97 de cada 100 residentes tienen acceso a abastecimiento de agua potable, en comparación con sólo 74 de cada 100 en las zonas rurales. La Financiera de informa que lo mismo ocurre con los avances en salud, teniendo las zonas urbanas acceso al 85,2 por ciento de ellos y las rurales sólo al 67,9 por ciento.

Desarrollo Territorial (FINDETER, 2017). En los municipios de cuarta, quinta y sexta categoría esta situación es más notoria, propia de Viotá por ser un municipio de quinta categoría. Esto puede deberse a que existe una brecha importante entre las zonas rurales y urbanas del país (a favor de las urbanas) (FINDETER, 2017). Dado que Colombia ha ratificado numerosos acuerdos internacionales, se requiere adherirse a los Objetivos de Desarrollo Sostenible más recientes. Como tal, la meta 10 del objetivo 7 pretende reducir a la mitad para 2015 la proporción de personas que carecen de acceso sostenible al agua potable y al saneamiento básico (Organización Mundial de la Salud, 2016). Considerando lo anterior, queda claro que, a pesar de ser una meta de la OMS para 2015, todavía hay municipios en Colombia, como Viotá, que no tienen acceso a servicios confiables de agua potable, muchas veces ni siquiera en zonas urbanas, o que los servicios son inadecuados.

4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Dentro del contexto del municipio de Viotá, ubicado en Cundinamarca, Colombia, se observa una problemática significativa en relación con el acceso y el manejo adecuado del agua, un recurso vital fundamental. El clima cálido húmedo de la región, con temperaturas promedio de 21°C a 32°C y una altitud de 567 metros sobre el nivel del mar, exacerba la importancia de gestionar eficientemente el suministro de agua, especialmente durante la temporada de verano cuando la escasez es más evidente. La falta de conocimiento sobre el uso adecuado del agua ha llevado a situaciones de desperdicio y a una distribución insatisfactoria del recurso entre la población. La empresa de acueducto del municipio implementa racionamientos tanto en épocas de lluvias como en estaciones secas (diciembre a marzo y junio a agosto), debido a las variaciones en la disponibilidad de fuentes hídricas, como el Río Lindo y la Laguna del Indio.

La Constitución de Colombia reconoce el derecho al acceso al agua como un derecho fundamental y protege el medio ambiente y los recursos naturales. El acceso al agua y su uso sostenible están protegidos por disposiciones constitucionales que buscan garantizar su disponibilidad para las generaciones presentes y futuras. Sin embargo, en el contexto de Viotá, persisten desafíos en la implementación de estos principios constitucionales.

Pregunta de Investigación:

¿Cómo puede abordarse la insuficiencia de recursos naturales de agua en el suministro de agua potable de la planta de tratamiento El Salitre, en el municipio de Viotá, Cundinamarca, considerando un enfoque de protección constitucional y la exploración de alternativas sostenibles para incrementar su capacidad de suministro?

5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

El presente estudio se propone abordar una problemática crítica en el municipio de Viotá, Cundinamarca, Colombia, relacionada con el acceso y la gestión del agua en un contexto de cambio climático y creciente demanda. La disponibilidad de agua es esencial para la supervivencia humana, el desarrollo sostenible y el equilibrio ecológico. Sin embargo, a pesar de contar con una sólida base constitucional que reconoce el derecho al agua y la obligación de proteger los recursos naturales, la realidad en Viotá refleja una situación compleja donde la aplicación efectiva de estas disposiciones se enfrenta a desafíos prácticos y estructurales.

La justificación para este estudio se fundamenta en las siguientes razones:

El proyecto surge como respuesta a la apremiante necesidad de abordar la problemática crítica de acceso irregular al agua en el municipio de Viotá, Cundinamarca, Colombia. La insuficiencia en el suministro de agua potable y su gestión ineficiente impactan la calidad de vida de la población, poniendo en riesgo la sostenibilidad ambiental a largo plazo. La incoherencia entre los principios constitucionales que reconocen el derecho al agua y la preservación del medio ambiente, y la situación actual en Viotá, exige una evaluación profunda para desarrollar soluciones que aseguren un acceso equitativo y sostenible al recurso vital del agua.

La elección de Viotá como ubicación estratégica para este estudio se basa en su contexto geográfico y socioeconómico. El municipio presenta una combinación de clima cálido húmedo, variabilidad climática y altitud que intensifican la problemática del acceso al agua. Además, disposiciones constitucionales que protegen el acceso al agua y al medio ambiente otorgan un marco legal y ético para analizar cómo estas disposiciones se traducen en acciones concretas en el terreno. El estudio en esta ubicación permite abordar una problemática real y relevante, al tiempo que ofrece lecciones aplicables a áreas con desafíos similares.

La necesidad de satisfacer la demanda de agua en Viotá es crucial debido a su impacto directo en la salud, bienestar y calidad de vida de la población local. Además, el acceso constante y equitativo al agua es un derecho fundamental reconocido en la Constitución de Colombia. Satisfacer esta necesidad es una responsabilidad legal y ética que garantiza la dignidad de los residentes y el cumplimiento de los valores consagrados en la legislación del país. Abordar esta necesidad también contribuirá a la preservación del medio ambiente y la sostenibilidad de los recursos naturales en la región.

Los beneficios derivados de este proyecto son diversos y significativos. El acceso equitativo y sostenible al agua mejorará la calidad de vida de la población al reducir las dificultades asociadas con la escasez y el racionamiento de agua. La implementación efectiva de las recomendaciones del proyecto también contribuirá a la conservación del ecosistema local, mitigando el impacto negativo de la gestión inadecuada de las fuentes hídricas. Además, el proyecto establecerá un marco de referencia para la aplicación de los principios constitucionales en áreas con desafíos similares, fortaleciendo la gobernanza hídrica en el país.

La población beneficiada con el desarrollo de este proyecto es principalmente la comunidad residente en el municipio de Viotá. Esto incluye a los habitantes de la cabecera municipal y áreas circundantes. El acceso mejorado al agua potable y la gestión eficiente de los recursos hídricos tendrán un impacto directo en la salud, comodidad y calidad de vida de los residentes locales. Además, al generar recomendaciones y estrategias replicables, el proyecto tiene el potencial de beneficiar a otras poblaciones en Colombia que enfrentan desafíos similares de acceso al agua y manejo de recursos naturales.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Buscar la alternativa de solución más favorable, en línea con los principios de protección constitucional y sostenibilidad, para incrementar la capacidad de suministro de agua potable de la planta de tratamiento El Salitre en el municipio de Viotá, Cundinamarca.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Analizar la población a la cual se requiere abastecer para cumplir la demanda.
2. Estudiar la fuente hídrica alternativa que pueda utilizarse para incrementar la capacidad de suministro de la planta de tratamiento, considerando su alineación con los principios constitucionales de acceso equitativo al agua y conservación del entorno natural.
3. Identificar el caudal que actualmente está suministrando la planta de tratamiento a la población del municipio de Viotá.
4. Analizar el caudal de las fuentes hídricas que actualmente abastecen al municipio

7. MARCO REFERENCIAL

7.1 ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

En el contexto actual, donde la insuficiencia de recursos naturales de agua en el suministro de la planta de tratamiento El Salitre en el municipio de Viotá, Cundinamarca, representa una problemática apremiante, es fundamental establecer un sólido fundamento teórico que sustente la pregunta central de esta investigación. El presente estudio se propone analizar a fondo las alternativas para aumentar la capacidad de suministro de agua potable en la planta de tratamiento El Salitre y abordar así la escasez hídrica en el municipio. Para ello, es crucial exponer el razonamiento y los argumentos que justifican la búsqueda de evidencia que arroje luz sobre esta cuestión crítica.

La urgente necesidad de abordar esta problemática se fundamenta en la discrepancia entre el reconocimiento constitucional del derecho al agua y la realidad de acceso irregular y deficiente en Viotá. El razonamiento subyacente es que esta situación no solo impacta negativamente la calidad de vida de la población, sino que también representa una amenaza para la sostenibilidad a largo plazo del entorno ambiental. Esta contradicción entre el marco legal y la realidad observada crea una motivación imperativa para investigar exhaustivamente las alternativas viables que podrían solventar esta brecha entre los principios y la práctica.

La búsqueda de soluciones se nutre de una exhaustiva revisión bibliográfica que abarca investigaciones y enfoques similares en otras regiones y contextos. La literatura ofrece una gama de enfoques tecnológicos, ambientales, legales y sociales para abordar la problemática de insuficiencia hídrica. A través de esta revisión, se busca construir un argumento sólido que respalde la exploración de alternativas y su viabilidad potencial en el contexto de Viotá. La intersección de los principios legales, las mejores prácticas y las experiencias en otras áreas es esencial para construir un enfoque integral y basado en evidencia para resolver la problemática local. (Vanegas, 2021)

En resumen, el presente estudio se propone analizar las alternativas para incrementar la capacidad de suministro de agua potable en la planta de tratamiento El Salitre de Viotá, Cundinamarca. El fundamento teórico es esencial para sustentar la pregunta central de investigación y proporcionar un razonamiento sólido para abordar la problemática de insuficiencia de recurso hídrico en el contexto legal, ambiental y social específico. La revisión exhaustiva de la bibliografía contribuirá a construir un argumento coherente y respaldado por la evidencia, que guiará el enfoque de la investigación y sus conclusiones.

Antecedentes Técnicos:

1. Estudios de Disponibilidad Hídrica: Investigaciones previas han documentado la variabilidad climática en la región de Viotá y su impacto en la disponibilidad de agua. Estudios hidrológicos han analizado los caudales de los cuerpos de agua locales, identificando los desafíos estacionales y la necesidad de una gestión más eficiente.

2. Gestión de Plantas de Tratamiento: Investigaciones técnicas han examinado el funcionamiento de plantas de tratamiento de agua en contextos similares, resaltando estrategias de optimización, tecnologías de tratamiento y medidas para aumentar la capacidad hídrica.
3. Conservación de Ecosistemas Hídricos: Investigaciones científicas han abordado la importancia de los ecosistemas acuáticos y su influencia en la calidad y cantidad del agua. Estudios de conservación han resaltado la necesidad de considerar el equilibrio ecológico al planificar proyectos de abastecimiento hídrico.

Síntesis de los Antecedentes:

Los antecedentes científicos del proyecto revelan la necesidad de abordar la problemática de acceso irregular al agua en Viotá desde una perspectiva técnica y jurídica. Los estudios técnicos resaltan la importancia de una gestión eficiente del agua y la optimización de las plantas de tratamiento. Los antecedentes jurídicos subrayan la protección constitucional del derecho al agua y la conservación del medio ambiente como imperativos legales. La combinación de estos enfoques enriquecerá la investigación y guiará la propuesta de soluciones efectivas y legalmente fundamentadas para incrementar la capacidad hídrica del suministro de agua potable en la planta de tratamiento El Salitre en Viotá, Cundinamarca.

A partir de esa aclaración, se encontró en la búsqueda de información estudios que hablan acerca de la calidad del agua como afluente hídrica y de los elementos que componen los procesos que se generan en la planta de tratamiento como asegura (Barahona Sánchez & Pardo Villamil, 2020), quienes en su estudio indican que Se realizó un estudio epidemiológico descriptivo transversal con el objetivo de determinar la relación entre las enfermedades transmitidas por el agua y la población atendida por el agua potable de la Empresa de Servicios Públicos Viotá-EPV y formular recomendaciones para futuras investigaciones. estrategias de prevención para los responsables de este problema. Esto fue posible gracias a los organismos encargados del monitoreo de la calidad del agua del municipio (Gobierno de Cundinamarca), la Alcaldía Municipal de Viotá y EPV. Estas organizaciones brindaron información sobre la calidad del agua del municipio y también otorgaron acceso a la planta de tratamiento de agua potable para que se pudieran tomar muestras de la calidad del agua en siete diferentes puntos de la red de distribución para verificar parámetros fisicoquímicos como color, pH y turbidez. coli. De manera similar, la comunidad aportó datos ayudando a diseñar encuestas que se realizaron en el área de cobertura de la EPV. Las muestras de calidad fueron guardadas y procesadas en el laboratorio de la Universidad Libre, y los resultados revelaron la presencia de agentes microbiológicos en dos de los puntos muestreados, lo que indica que el agua potable allí no cumple con los estándares de calidad de agua apta para el consumo. en la Resolución 1575 de 2007. Según los hallazgos, se formularon una serie de medidas preventivas y sugerencias de optimización para el gobierno municipal, la Empresa de Servicios Públicos de Viotá y la población local, con el objetivo de mejorar el desempeño de la planta, producir mejor calidad de agua para el consumo humano consumo y reducir el riesgo de enfermedad de la población.

Y el desarrollado por (López Puentes & Escarpetta Cruz, 2021) e indican que su proyecto tiene como objetivo evaluar el desempeño de la Planta Potabilizadora (PTAP) del municipio de Viotá Cundinamarca mediante pruebas fisicoquímicas al agua que ingresa a la PTAP y al agua que sale luego de pasar por los distintos procesos que allí se llevan a cabo. esto para determinar si es necesario desarrollar un plan de optimización para su mejora. La estructura del proyecto se concentra inicialmente en realizar una evaluación actual del funcionamiento de la PTAP y avanzar en la formulación de los procesos operativos adecuados para la potabilización del agua, tareas que demandaron un largo período de tiempo durante el cual se realizaron visitas periódicas a la planta. se hicieron. Teniendo los planos de la ubicación general, las ubicaciones y los diseños de los componentes que conforman la planta potabilizadora, se pasa a evaluar detalladamente la funcionalidad y calidad de los equipos que forman parte de ella porque, en algún momento, impiden su correcto funcionamiento y se requiere una modificación para hacerlo más efectivo.

7.2 MARCO TEÓRICO

El fundamento de esta investigación se cimienta en la comprensión y el análisis de conceptos esenciales relacionados con la escasez de recursos hídricos y las posibles estrategias de abastecimiento en el contexto específico de Viotá, Cundinamarca. Para abordar esta problemática, es esencial explorar nociones fundamentales como la carestía de agua, la equidad en su acceso, las fuentes de provisión y las tecnologías pertinentes.

Carestía de Agua y Equidad en el Acceso:

La carestía de agua alude a la deficiencia de recursos naturales hídricos para satisfacer las necesidades humanas y medioambientales. En el marco de Viotá, esta situación se manifiesta en la insuficiencia de agua potable y sus consecuencias para la población. Paralelamente, la equidad en el acceso al agua se refiere al principio de garantizar que todas las personas tengan la oportunidad de acceder al recurso de manera justa y en cantidades adecuadas. La inequidad en el acceso añade una dimensión social y legal a esta problemática.

Fuentes de Abastecimiento y Disponibilidad:

En el contexto de Viotá, las fuentes de abastecimiento de agua juegan un papel central. La disponibilidad y calidad del recurso están influidas por variables climáticas, geográficas y ambientales. Comprender estas fuentes, como ríos y lagunas, resulta esencial para evaluar la posibilidad de aumentar la provisión de agua potable a través de estas fuentes ya existentes.

Tecnologías de Captación y Distribución de Agua:

En la búsqueda de soluciones, las tecnologías de captación y distribución de agua desempeñan un rol primordial. Esto incluye sistemas de recolección de agua atmosférica como los atrapanieblas, métodos de captación de lluvia y enfoques para el almacenamiento y distribución. Investigar estas tecnologías y su adaptabilidad al contexto local permitirá explorar opciones para paliar la carestía hídrica.

Este marco conceptual se extiende también a consideraciones legales y ambientales en torno al acceso al agua y la gestión de recursos hídricos. Los cimientos legales, con principios que reconocen el derecho al agua y la protección del entorno, proporcionan el marco jurídico para abordar la problemática. Asimismo, la sostenibilidad ecológica y el balance entre las necesidades humanas y la preservación de los ecosistemas conforman componentes cruciales en la búsqueda de alternativas viables.

En resumen, el fundamento conceptual de esta investigación se enraíza en conceptos centrales como la carestía de recursos hídricos, la equidad en su acceso, las fuentes de provisión y las tecnologías aplicables. Estos fundamentos constituyen la base para entender y enfrentar la problemática de la escasez de agua en el contexto particular de Viotá, Cundinamarca. A su vez, orientarán el análisis de opciones factibles para incrementar la disponibilidad de agua potable en la planta de tratamiento El Salitre.

7.3 MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual de esta investigación se construye sobre un conjunto de conceptos esenciales que arrojan luz sobre la cuestión central: la escasez de agua en Viotá, Cundinamarca. Estos conceptos, extraídos de múltiples disciplinas, proporcionan una base sólida para analizar y abordar la problemática en toda su complejidad.

El primero, "Recursos Hídricos y Escasez de Agua", desglosa la importancia fundamental del agua como elemento vital y cómo su insuficiencia, agravada por factores climáticos y geográficos, incide en la escasez en Viotá. La "Sostenibilidad Ambiental" amplía la mirada hacia cómo soluciones deben diseñarse para satisfacer las necesidades humanas sin poner en riesgo el entorno natural.

Las "Tecnologías de Captación de Agua" abordan las diversas técnicas disponibles para recolectar agua de lluvia y niebla, evaluando su pertinencia en el contexto de Viotá. El "Derecho al Agua" explora cómo el acceso al agua está protegido legalmente, considerando los principios constitucionales y tratados internacionales.

La "Gobernanza del Agua" sopesa las políticas y regulaciones que impactan la gestión y distribución del recurso. "Cambio Climático y Variabilidad Climática" sopesa cómo las tendencias climáticas pueden afectar la disponibilidad de agua. La "Participación Comunitaria" subraya la importancia de involucrar a la comunidad en la búsqueda de soluciones.

Este entramado conceptual se convierte en la brújula que guía la investigación hacia una comprensión profunda de la problemática, y posteriormente hacia la formulación de soluciones bien fundamentadas y contextualmente informadas. En última instancia, este marco conceptual robusto abre caminos hacia la generación de conocimiento en un área crítica para el bienestar de Viotá y su entorno.

7.4 MARCO LEGAL

La Gestión Integral del Recurso Hídrico es el referente de la política sobre el agua en el país, basada en la idea de que los diferentes usos del recurso son excluyentes e interdependientes.

Surgió como respuesta a la crisis del agua expresada en la presión insostenible sobre el recurso hídrico, debida a la creciente demanda de agua, la contaminación y el crecimiento demográfico (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a, p.85). Para diseñar este esquema, el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (MAVDT) recopiló información de línea base alrededor de la oferta, la demanda, la calidad y los riesgos sobre el agua.

Por otra parte, su objetivo general quedó establecido así:

Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010b, p. 96)

La finalidad de la gestión del recurso hídrico en Colombia debe propender por una oferta adecuada para una demanda que haga usos eficientes del agua y que conserven sus ecosistemas. Ello debe lograrse con la gobernabilidad que implica la participación y el consenso de todos aquellos que toman parte de la definición de acciones. Posterior a esto, se apuntaron las estrategias e instrumentos para la consecución de las metas que se sintetizan en la gestión coordinada de los recursos hídricos y que puede verse en la figura 1., donde está la población en relación con la oferta, la demanda, el riesgo y la calidad del recurso hídrico. Como aspectos claves se destacan las problemáticas, conflictos, prioridades y se relacionan estrategias, metas e instrumentos. Toda vez que la planificación desempeña un rol fundamental para la gestión, en la figura 2 se esquematiza la forma en la cual esta tiene lugar y posibilita el desarrollo de las otras fases de la gestión. Por otra parte, es importante destacar el enfoque de cuenca para la planificación y el ordenamiento.

Solo para ilustrar y de acuerdo con la presentación del Estudio Nacional de Agua (ENA) 2018 (IDEAM, 2018) los sectores con mayor participación en el uso de agua en 2016 fueron el de agricultura con el 43%, seguido por el de hidroenergía con 23%. Los dos sectores suman más del 60% del uso del agua.

Por otra parte, resulta interesante analizar la dinámica de las concesiones de aguas. En un estudio realizado por Brown y Roa-García (2016) ellas sostienen que las concesiones parecen ser un mecanismo de exclusión, ya que sólo una minoría de usuarios tiene acceso y la distribución de los volúmenes entre ellos es extremadamente desigual. El coeficiente de Gini calculado con datos del año 2009 para las concesiones otorgadas con multas agrícolas fue de 0,90, destacando que más de la mitad de los departamentos presentan un mayor coeficiente de Gini para el agua que para la tierra, lo que sugiere que las concesiones de agua son tan desigualmente distribuidas como la tierra.

Las asignaciones de agua para uso doméstico, agrícola y de generación hidroeléctrica indican una falta de coherencia en los criterios de asignación entre las regiones. Las características volumétricas y administrativas de las concesiones de agua en Colombia no tienen en cuenta los caudales ambientales ni las preocupaciones por los grupos marginados de la sociedad que tienen acceso limitado a este mecanismo. La asignación del agua asumida como un asunto de especialistas, de transparencia limitada y aislado del escrutinio público, no contribuye a la

solución de los crecientes conflictos en torno al agua (Brown y Roa-García, 2016). Todo ello a pesar de la existencia de la GIRH y de toda una estructura de planificación en el sector.

Por otra parte, la Contraloría General de la República (2014) señaló algunas de las falencias de la PNGIRH que bien vale la pena tener en cuenta para evaluar la forma en la cual fue diseñada esta estrategia y los resultados que ha arrojado.

El primero de estos elementos tiene que ver con el cuidado de enfoque de derechos humanos con la que se concibe la gestión del agua. Ya se ha hecho alusión a que, en el país, acceder al agua no es un derecho fundamental y que la Corte Constitucional ha reconocido esta prerrogativa, solo en los casos en los cuales se demande y estas peticiones estén sustentadas en hechos similares a los de las sentencias que reconocieron el mínimo vital de agua.

Pues bien, en lo que tiene que ver con el aseguramiento de la oferta en la gestión integral del recurso hídrico, es menester priorizar en el consumo humano y desarrollar estrategias para que el acceso sea una realidad.

El acceso al agua potable sigue siendo un desafío para el país que afecta solo a apartados y pequeños centros poblados y áreas rurales, de cerca de 970 municipios, solo el 31 por ciento de ellos, es decir 400, cumple los requisitos mínimos de potabilidad. , así mismo, ciudades capitales como Yopal o Santa Marta no cuentan con agua o su cobertura es minoritaria y en cuanto a calidad los resultados no son mejores: el 30.49 % de la población presumiblemente se abastece de agua con alguna deficiencia en su calidad dentro de los niveles de riesgo medio hacia arriba según la norma (medio, alto e inviable sanitariamente), según lo establece el Censo de Población realizado por el DANE durante 2005. (Contraloría General de la República, 2014, p. 13)

El consumo humano también se ve debilitado por la preponderancia que tienen otros usos de agua sobre este y por los conflictos que ello genera. Ante lo anterior, la Contraloría –en el marco de la ya mencionada auditoría– verificó que las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible no disponen de información actualizada sobre los usuarios, los vertimientos y, por tanto, la cantidad y la calidad del agua en el país. Asimismo, que no implementan mecanismos de gestión que resulten eficaces frente a catástrofes naturales o impactos generados por actividades económicas como la sísmica para la extracción de hidrocarburos.

La política de servicios públicos en Colombia históricamente ha tenido períodos diferenciados desde el modo privado de provisión local (1875-1930), el modo centralista de gestión local (1910-1950), el modo estatal asistencialista (1945-1988), el descentralizado de provisión de los servicios públicos y el de privatización (1980-1994) (Jaramillo, 1995).

Concretamente en lo que tiene que ver con el agua, el 11 de Julio de 1994 el Congreso sancionó la Ley 142 que desarrolla el Régimen de Servicios Públicos Domiciliarios. Esta legislación introdujo transformaciones en el sector hídrico del país, pues fomentó la libre competencia en materia de prestación de servicios públicos domiciliarios. Con ello, se posicionó la nueva perspectiva del agua como servicio público.

En el artículo 14 de esta ley que trata de las “Definiciones”, en el punto 14.22, se estipula el servicio público domiciliario de acueducto como:

Llamado también servicio público domiciliario de agua potable. Es la distribución municipal de agua apta para el consumo, incluida su conexión y medición. También se aplica esta ley a las actividades complementarias tales como la captación de agua y su procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y transporte (Congreso de la República de Colombia, 1994, p. 34). Adquiriendo el agua el carácter de servicio, presenta los siguientes atributos (Manrique et al., 2008)

1. Una actividad explotable económicamente de la cual se obtiene beneficio económico para el privado, dada la producción del bien o del servicio que realiza en el mercado.
2. Esto permite concluir que si esta utilidad no se percibiera no sería viable que un tercero tuviera motivaciones para llevarla a cabo.
3. Una actividad que pueda concesionarse: este es el elemento principal que define el servicio público, puesto que la prestación del servicio de agua potable se encontraba antes bajo la titularidad del Estado.
4. Una actividad vigilada: la continuidad, la regularidad y la eficacia son supervisadas, puesto que esto garantiza que el particular cumple con la misión que tiene el Estado.

El Estado tiene la obligación de garantizar el acceso de sus ciudadanos a este líquido, pero con la condición de que sea a través de la fijación de un parámetro que posibilite el disfrute de la oferta, este parámetro es la tarifa.

Si bien, con anterioridad a la Ley 142 de 1994, el Estado no garantizaba que una buena parte de su población pudiera abastecerse del líquido vital, la delegación de funciones estatales en actores del sector privado y la modificación del esquema tampoco generaron ni aportaron a la solución de fondo para las problemáticas de acceso al agua.

Por otra parte, la satisfacción de esta necesidad en el mercado se efectúa partiendo de inequidades que, aunque traten de resolverse a través de mecanismos como los subsidios, revelan falencias del principio de la igualdad en la garantía de los mínimos básicos para la vida humana.

Como se ve, se construye una figura jurídica que circunscribe la vinculación de los ciudadanos a esta actividad, al ámbito del control social y no a la toma de decisiones. En términos de cómo se entiende la gobernanza del agua como servicio público, esto tiene dos implicaciones. La primera, que el prestador determinará las condiciones en las cuales entregará el producto al interesado y, la segunda, que el ciudadano es un cliente y, por tanto, tendrá que presentar reclamaciones en caso de no satisfacción por el servicio que adquirió, pero si tiene inconformidad general podrá elegir otro prestador de servicio público.

En ese esquema, las tarifas se encuentran en un segundo lugar. Posteriormente, recursos del Sistema General de Participaciones. Otras fuentes son los dineros de regalías y de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible. Existe también la posibilidad de realizar préstamos, de recibir donaciones internacionales y, más recientemente, de dar cabida a las alianzas público – privadas.

En contravía a lo que se pretendía con la revolución del sector agua potable en el país, las fuentes de financiamiento de esta actividad, en primer lugar, hijo de la Nación que en los últimos años ha hecho una mayor inversión para la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado, lo que ha posibilitado su evolución (Cardona, 2012) y no por el ingreso de la empresa privada. Entre 2010-2014 se terminaron 603 proyectos de acueducto, alcantarillado y aseo con una inversión superior a los \$775.000 millones. Además, se ejecutaron 90 obras por \$4,2 billones en los 32 departamentos del país (CRA, 2014). Sin embargo, Colombia no alcanzó la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) sobre agua potable entre 1990 y 2015, la cual era reducir a la mitad la proporción de la población sin acceso a una fuente de agua mejorada.

Por esa razón, dentro de las principales normatividades están:

- Constitución política de Colombia

Donde a partir del derecho a la vida, se incluyen las necesidades básicas como es el caso del agua potable y saneamiento básico. Con soporte en la Ley 9 de 1979, que habla de las medidas sanitarias.

Ley 142/94: Asegurar que se presten a sus habitantes, de manera eficiente, los servicios domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, y telefonía pública básica conmutada, por empresas de servicios públicos de carácter oficial, privado o mixto, o directamente por la administración central del respectivo municipio en los casos previstos en el artículo siguiente.

Res 0330/2017: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009.

Res 199/2021: Por medio del cual se adoptan medidas de reactivación económica segura con ocasión de la emergencia sanitaria producida por el SARS-Co V-2 COVJD-1 9 en la ciudad de Bogotá D.C. y se dictan otras disposiciones.

7.5 MARCO GEOGRÁFICO

Viotá es un municipio colombiano del departamento de Cundinamarca, ubicado en la Provincia de Tequendama; se encuentra a 86 km de Bogotá. Su clima es cálido.

Este municipio se encuentra al occidente del Departamento, sobre las colinas de la Cordillera Oriental, limita al oriente con el Municipio de Granada, Silvania y parte de Tibacuy; al Occidente con los Municipios de Tocaima y Apulo; al norte con los Municipios de Apulo, Anapoima y Mesitas de El Colegio; al sur con los Municipios de Tibacuy y Nilo.

Figura 1 Mapa de Viotá con su ubicación en Cundinamarca y a su vez en Colombia



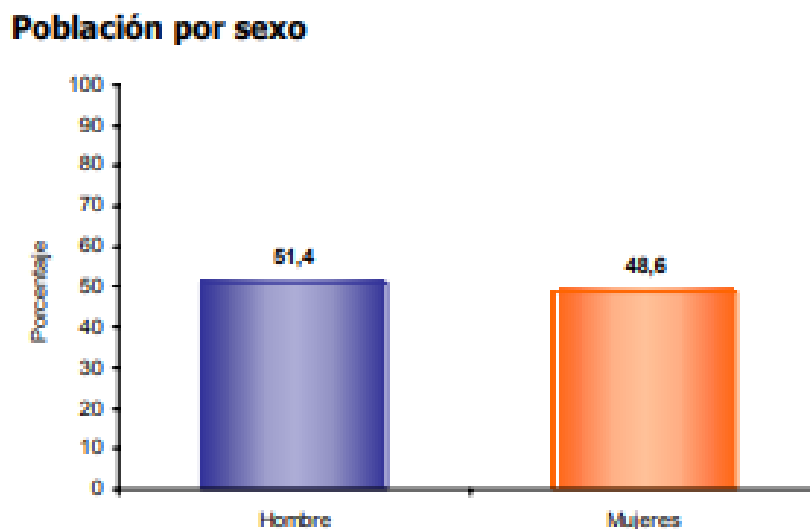
(Wikipedia, 2023)

A Viotá se llega desde Soacha por la Avenida Indumil pasando por la variante de Mondoñedo que parte hacia Tena hasta las cercanías de Tocaima pasa al oriente hacia la frontera con Apulo hasta llegar al casco urbano viotuno. También desde la Autopista Sur en Soacha se llega por el Corregimiento 2, vereda El Charquito y el Salto del Tequendama pasando por el centro poblado de Santandercito en San Antonio del Tequendama y El Colegio hasta dicho casco urbano.

7.6 MARCO DEMOGRÁFICO

Viotá es uno de los 116 municipios del departamento de Cundinamarca, Colombia. De acuerdo con las proyecciones del DANE, en 2023 Viotá tiene 15,255 habitantes

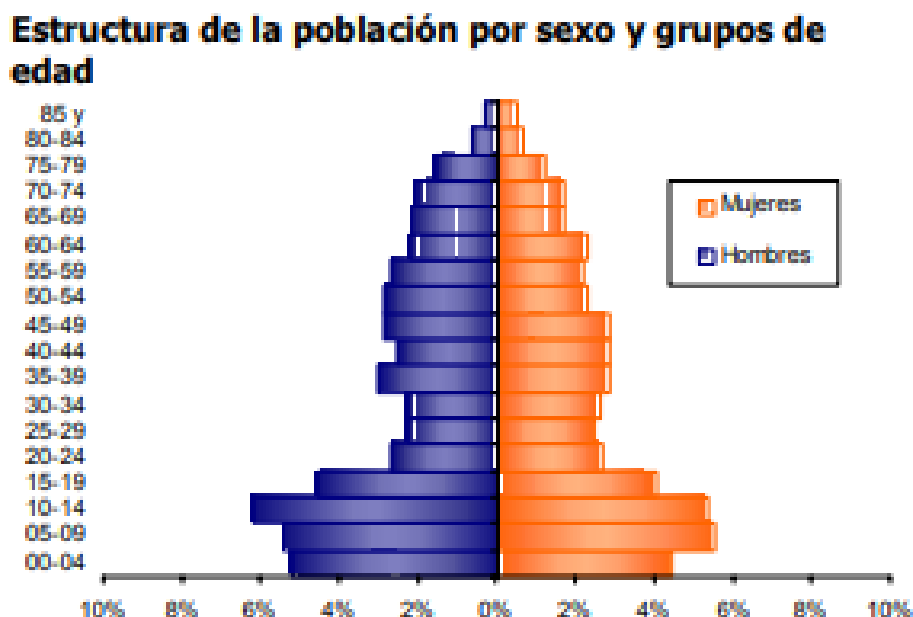
Figura 2 Población por sexo



(DANE , 2005)

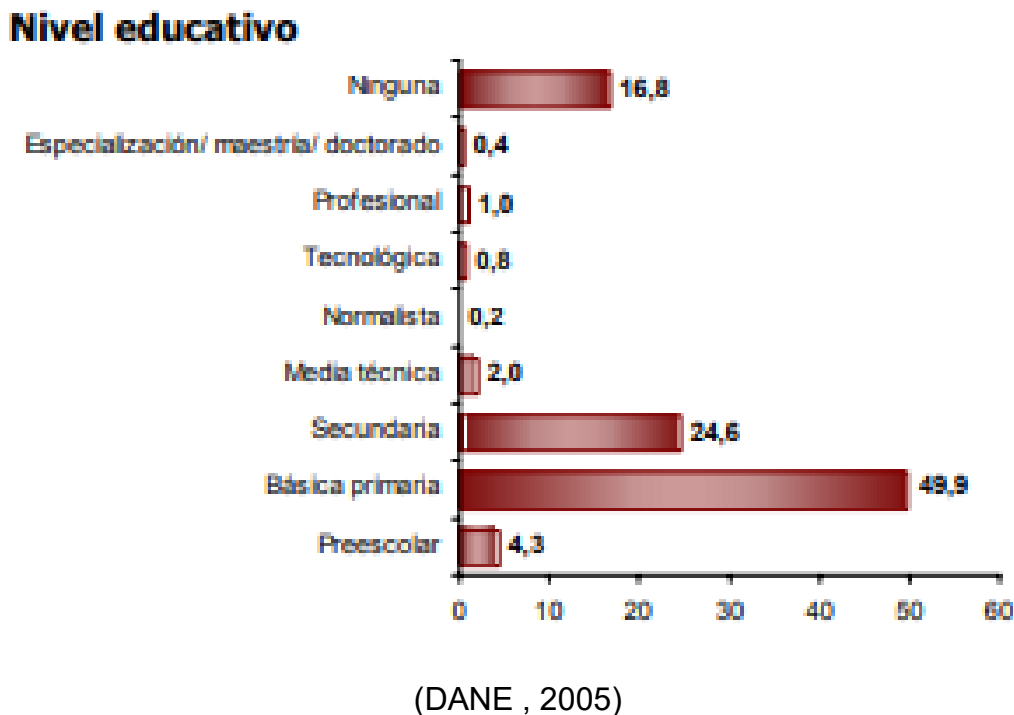
Del total de la población de Viotá el 51,4% son hombres y el 48,6% mujeres.

Figura 3 Población por sexo y grupos de edad



(DANE , 2005)

Figura 4 Población por nivel de escolaridad



El 49,9% de la población residente en Viotá, ha alcanzado el nivel básico primaria y el 24,6% secundaria; el 1,0% ha alcanzado el nivel profesional y el 0,4% ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado. La población residente sin ningún nivel educativo es el 16,8%.

7.7 MARCO INSTITUCIONAL

El estudio se realiza en el Ptart Salitre Viotá, el cual es administrado por Empresa de Servicios Públicos de Viotá S.A.S E.S.P. Cuya misión es:

Para el 2024 buscar el continuo liderazgo en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, manteniendo los parámetros de calidad y respetando el medio ambiente, garantizando la satisfacción del estatus de sus suscriptores como el constante mejoramiento de su calidad de vida (Empresa de Servicios Públicos de Viotá S.A.S E.S.P. , 2023).

De tal manera que su objeto social es:

La Empresa tiene como objeto principal la prestación de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo, y sus actividades complementarias de acuerdo con lo contemplado en las Leyes 142 de 1994 y 689 de 2001 y las demás disposiciones que las reglamenten, modifiquen, complementen o sustituyan.

La empresa en cumplimiento de su objeto social está autorizada para desarrollar entre otras, las siguientes actividades:

Atender la prestación y/o administración de otros servicios públicos domiciliarios, ya sea de manera directa o a través de convenios y/o contratos con otras entidades territoriales o empresas prestadoras de servicios públicos.

Celebrar todos los contratos, acuerdos, convenios y los demás actos necesarios para la prestación de los servicios públicos domiciliarios a su cargo.

Participar en sociedades o celebrar contratos de asociación para la prestación de los servicios públicos a su cargo.

Prestar servicios públicos domiciliarios en otros municipios cuando las condiciones generales así lo recomienden y ameriten.

Ejecutar a través de contratos y/o convenios con otras entidades de naturaleza pública, recursos destinados a los sectores de Agua Potable y Saneamiento Básico, conservación de áreas estratégicas y áreas de reserva forestal para la preservación de los recursos hidrológicos existentes en su jurisdicción, así como las demás actividades relacionadas con la optimización, ampliación y operación de los servicios públicos domiciliarios a su cargo.

Promover y participar en la constitución de empresas de servicios públicos o asociaciones de empresas de servicios públicos domiciliarios

Prestar servicios de asesoría y consultoría en materias relacionadas con su objeto social.

Celebrar convenios, consorcios uniones temporales con terceros para la ejecución de actividades inherentes a su objeto social, previo el análisis de viabilidad y conveniencia y las autorizaciones respectivas.

Prestar los servicios de análisis físico químico y bacteriológico de laboratorio, en agua potable y agua residual, de acuerdo con las tarifas que establezca la Gerencia por acto administrativo.

Alquiler de maquinaria relacionada con la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, de acuerdo con las tarifas que establezca la Gerencia por acto administrativo.

Prestar los servicios de calibración de medidores, una vez se acredite el Laboratorio de Medidores de la EAAAY, de acuerdo con las tarifas que establezca la Gerencia por acto administrativo.

Prestar directamente o contratar con terceros las ejecuciones de actividades inherentes a los servicios que presta la empresa, tales como facturación en sitio, recaudo y en general, celebrar contratos especiales para la gestión de los servicios públicos a su cargo.

Prestar los servicios de facturación conjunta y efectuar el recaudo de dineros a otras empresas, por medio de los sistemas de información (Empresa de Servicios Públicos de Viotá S.A.S E.S.P, , 2023)

8 DELIMITACIÓN

La investigación que se llevará a cabo se enmarca en un estudio mixto de tipo exploratorio y descriptivo. Se utilizarán elementos cualitativos y cuantitativos para explorar en profundidad la problemática del suministro de agua potable en la planta de tratamiento El Salitre en el municipio de Viotá, Cundinamarca, y para describir detalladamente las alternativas de solución propuestas en relación con la capacidad de suministro de agua. El enfoque exploratorio permitirá una comprensión más completa de la situación y posibles enfoques, mientras que el carácter descriptivo facilitará la presentación objetiva de los hallazgos y recomendaciones.

El interés central y delimitado de esta investigación se enfoca en abordar la problemática específica del suministro de agua potable en la planta de tratamiento El Salitre, ubicada en el municipio de Viotá, Cundinamarca. El objetivo principal es analizar alternativas de solución que permitan incrementar la capacidad de suministro de agua potable para satisfacer la demanda de la población urbana de Viotá.

De tal manera que lo que se espera obtener son alternativas de solución que permitan tanto suplir la demanda en la población del líquido vital desde dos alternativas, por un lado oportunidades de ahorro del líquido por parte de la población por medio de la recolección de agua lluvia y reutilización, de tal manera que la demanda disminuya y por el otro lado la forma en que se aumente la capacidad de producción de la planta de tratamiento con la intención de que se llegue al equilibrio entre la oferta y la demanda.

9 DISEÑO METODOLÓGICO:

9.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El diseño metodológico de esta investigación se basa en un enfoque descriptivo. a través de este enfoque, se busca proporcionar una comprensión detallada y precisa de la situación actual en el municipio de Viotá en relación con el acceso y la gestión del agua.

En primer lugar, se recopilarán datos cuantitativos y cualitativos relacionados con la disponibilidad de recursos hídricos, la demanda de agua potable, la infraestructura de la planta de tratamiento el Salitre y las alternativas de incremento de capacidad. Esto incluirá datos históricos sobre caudales, registros de consumo de agua, análisis de la infraestructura existente y opiniones de expertos y la comunidad local.

Luego, se llevará a cabo un análisis cuantitativo de los datos recopilados para evaluar la disponibilidad de agua en diferentes períodos del año, identificar tendencias y establecer la relación entre la oferta y la demanda. Esto permitirá una descripción numérica precisa de la situación actual.

Paralelamente, se realizará un análisis cualitativo de los datos obtenidos a través de entrevistas, encuestas y opiniones de la comunidad. Esto permitirá una comprensión en profundidad de las percepciones, preocupaciones y expectativas de los residentes y otros actores clave en relación con el acceso al agua.

La descripción detallada de la infraestructura de la planta de tratamiento El Salitre, incluyendo sus procesos de purificación y distribución, se llevará a cabo para comprender su estado actual y su eficacia.

Asimismo, se identificarán y describirán diversas alternativas para aumentar la capacidad de suministro de agua potable, considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales. Estas alternativas se describirán en términos de su viabilidad y posibles beneficios.

Además, se analizará cómo las soluciones propuestas se alinean con los principios constitucionales relacionados con el acceso al agua como un derecho fundamental y la protección del medio ambiente. Esto incluirá una evaluación de la coherencia legal y ética de las alternativas.

También, se describirá el impacto ambiental de las alternativas propuestas y se evaluará su viabilidad económica en el contexto del municipio de Viotá. Se considerarán los costos asociados con la implementación y el mantenimiento de estas soluciones.

Finalmente, se destacará la importancia de la participación de la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con el acceso al agua y se describirán las perspectivas de la comunidad local en relación con las problemáticas y las soluciones propuestas.

En resumen, este enfoque descriptivo tiene como objetivo proporcionar una base sólida para la identificación de soluciones viables y contextualmente informadas que aborden los desafíos

específicos que enfrenta el municipio de Viotá en relación con el acceso y la gestión del agua. (Torregrosa Jiménez & Torregrosa Jiménez, 2015)

9.2 TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación adopta un enfoque multidisciplinario que abarca tres dimensiones fundamentales: ambiental, técnica y científica. Esta convergencia de perspectivas permite abordar de manera integral la problemática de la escasez de agua en Viotá, Cundinamarca, y desarrollar soluciones sustentadas y efectivas.

Desde la perspectiva ambiental, la investigación se adentra en el análisis de las condiciones ecológicas y climáticas de Viotá. Se explora la relación entre la disponibilidad de recursos hídricos y la preservación del entorno natural. La revisión exhaustiva de literatura y la recopilación de datos en campo permiten comprender cómo los factores climáticos y geográficos influyen en la escasez de agua. Esta dimensión resalta la necesidad de soluciones que no solo aborden la demanda de agua, sino que también mantengan el equilibrio con el ecosistema local.

La perspectiva técnica desempeña un papel esencial en la búsqueda de soluciones prácticas. Se analiza la viabilidad y eficacia de diversas tecnologías y enfoques de captación y distribución de agua. A través de la revisión bibliográfica y la consulta con expertos, se examinan las mejores prácticas en sistemas de recolección de agua atmosférica y se identifican las infraestructuras necesarias para una gestión hídrica óptima. Esta dimensión técnica comprende la evaluación de alternativas y la adaptación de soluciones existentes a las condiciones particulares de Viotá. (Lezaca Sánchez, 2011)

La dimensión científica sustenta la investigación con un análisis riguroso de datos cualitativos y cuantitativos. Encuestas, entrevistas y análisis documental se someten a enfoques de análisis de contenido y estadístico para identificar patrones, tendencias y relaciones. Esta perspectiva científica proporciona la base para la toma de decisiones informadas y la formulación de recomendaciones sólidas. La sinergia entre estas dimensiones –ambiental, técnica y científica– no solo aborda la problemática actual, sino que también establece un fundamento para la gestión sostenible y equitativa del recurso hídrico en Viotá, con repercusiones positivas en el bienestar de la comunidad y la preservación del entorno.

Por otro lado, la perspectiva técnica desempeña un papel esencial en la búsqueda de soluciones prácticas. Se analiza la viabilidad y eficacia de diversas tecnologías y enfoques de captación y distribución de agua. A través de la revisión bibliográfica y la consulta con expertos, se examinan las mejores prácticas en sistemas de recolección de agua atmosférica y se identifican las infraestructuras necesarias para una gestión hídrica óptima. Esta dimensión técnica comprende la evaluación de alternativas y la adaptación de soluciones existentes a las condiciones particulares de Viotá.

Finalmente, la dimensión científica aporta un enfoque basado en la investigación rigurosa. Se recopilan datos y se aplican metodologías científicas para analizar en profundidad la problemática de la escasez de agua. Esto incluye la recopilación de datos cuantitativos y

cualitativos, así como el análisis estadístico y cualitativo de los mismos. Esta perspectiva científica asegura que las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación estén respaldadas por evidencia sólida y metodológicamente válida.

En resumen, este enfoque multidisciplinario combina las dimensiones ambientales, técnica y científica para abordar de manera integral la problemática de la escasez de agua en Viotá, Cundinamarca. Cada perspectiva contribuye a la comprensión profunda de la situación y a la formulación de soluciones efectivas y contextualmente informadas.

9.3 MÉTODO

En esta investigación, se emplearán tanto el método deductivo como el inductivo para abordar de manera integral la problemática de la escasez de agua en el área de estudio en Viotá, Cundinamarca. La estrategia de investigación combina el estudio de casos particulares con la aplicación de conceptos y teorías relevantes para recopilar y analizar datos característicos del contexto.

El método deductivo se utilizará para partir de principios generales y teorías relacionadas con la gestión del agua, los derechos constitucionales al agua y la sostenibilidad ambiental. A partir de estos fundamentos, se desarrollarán hipótesis y se plantearán posibles soluciones que se ajusten a los principios teóricos. Este enfoque deductivo permitirá establecer un marco teórico sólido que guiará la investigación y la formulación de recomendaciones.

Por otro lado, se aplicará el método inductivo para recopilar datos empíricos específicos relacionados con la problemática de la escasez de agua en Viotá. Esto incluirá el estudio de casos particulares que analizarán la situación en la población local y en el área de estudio. A través de encuestas, entrevistas y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, se recopilará información detallada sobre la disponibilidad de recursos hídricos, la demanda de agua potable y las percepciones de la comunidad.

La combinación de estos dos métodos, deductivo e inductivo, permitirá una aproximación integral a la investigación. El método deductivo proporcionará una base teórica sólida para la formulación de hipótesis y recomendaciones, mientras que el método inductivo permitirá la recopilación de datos empíricos que respalden y enriquezcan la comprensión de la problemática específica en el área de estudio. Esta estrategia metodológica se alinea con el enfoque multidisciplinario de la investigación y busca generar conocimiento riguroso y contextualmente informado. (Torregrosa Jiménez & Torregrosa Jiménez, 2015)

9.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN:

Se utilizarán técnicas de estudio de casos, observaciones directas en el área, y la recopilación y análisis de documentos y archivos gubernamentales. Estos datos proporcionarán información sustancial para comprender la magnitud de la problemática y proponer soluciones adecuadas.

9.5 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

En esta investigación, se utilizarán diversas técnicas de recolección de información para abordar la problemática de la escasez de agua en Viotá, Cundinamarca, de manera integral. Estas técnicas incluyen el estudio de casos, observaciones directas en el área y la recopilación y análisis de documentos y archivos gubernamentales. A través del estudio de casos, se analizarán situaciones específicas relacionadas con el acceso y la gestión del agua. Las observaciones directas proporcionarán información de primera mano sobre la disponibilidad de recursos hídricos y la infraestructura de tratamiento de agua. Además, se analizarán documentos gubernamentales, como informes de gestión hídrica, regulaciones y políticas, para contextualizar la problemática y evaluar la eficacia de las acciones gubernamentales. Estas técnicas de recolección de información garantizarán una comprensión profunda de la problemática y respaldarán la formulación de soluciones adecuadas basadas en datos concretos y evidencia sólida.

9.5.1 Análisis de datos:

Los datos cualitativos y cuantitativos recopilados se someterán a análisis independientes y complementarios:

Análisis Cualitativo: Las respuestas de las entrevistas y encuestas se analizarán mediante técnicas de análisis de contenido. Se identificarán patrones y temas emergentes relacionados con la problemática, las percepciones comunitarias y las posibles soluciones.

Análisis Cuantitativo: Los datos cuantitativos obtenidos de las encuestas se analizarán mediante técnicas estadísticas descriptivas. Esto permitirá obtener una visión cuantitativa de las percepciones de la comunidad y establecer tendencias en las respuestas.

9.5.2 Evaluación de alternativas

En esta fase de la investigación, se llevará a cabo la evaluación de alternativas para abordar la problemática de la escasez de agua en Viotá, Cundinamarca. Las alternativas se analizarán desde múltiples perspectivas, considerando su viabilidad técnica, sostenibilidad ambiental, viabilidad económica y su impacto social. Se evaluará la factibilidad técnica de cada alternativa, teniendo en cuenta la infraestructura disponible y la adaptación de tecnologías. Además, se considerará el impacto ambiental de las soluciones propuestas para garantizar la conservación del entorno natural. La viabilidad económica se examinará mediante la evaluación de costos de inversión y operativos, y se buscarán soluciones económicamente viables.

Además, se analizará cómo cada alternativa afectaría a la comunidad local, mejorando la calidad de vida y promoviendo la equidad en el acceso al agua. Finalmente, se asegurará que las soluciones propuestas estén en consonancia con los principios constitucionales relacionados con el acceso al agua como un derecho fundamental en Colombia. La evaluación de alternativas respaldará la identificación de soluciones adecuadas y efectivas que se convertirán en la base de las recomendaciones finales para mejorar el suministro de agua en el área de estudio.

9.5.3 Análisis de la población

Para el análisis de la población se utilizarán los siguientes métodos como lo son:

9.5.3.1 Método aritmético

El modelo aritmético o de crecimiento lineal consiste en considerar que el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de ésta. Este tipo de crecimiento solo es válido para cortos espacios de tiempo y rara vez se da el caso de una población que presenta este tipo de crecimiento.

$$Pf = puc + \frac{puc - pci}{Tuc - Tci} * (Tf - Tuc) = h$$

Pf= Población correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.

Puc= Población correspondiente al último año censado por el DANE.

Pci = Población correspondiente al censo inicial por el DANE

Tuc = Año correspondiente al último censo por el DANE.

Tci = Año correspondiente al censo inicial por el DANE.

Tf = Año al cual se va a realizar la proyección

9.5.3.2 Método Geométrico

El modelo geométrico consiste en considerar que a iguales periodos de tiempo el mismo porcentaje de incremento de la población, es decir, un crecimiento de la población de tipo exponencial. Para el cálculo de este incremento se utiliza la formula del interés compuesto.

$$Pf = puc * (1 + r)^{(Tf - Tuc)} = h$$

Pf= Población correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.

Puc= Población correspondiente al último año censado por el DANE.

Pci = Población correspondiente al censo inicial por el DANE

Tuc = Año correspondiente al último censo por el DANE.

Tci = Año correspondiente al censo inicial por el DANE.

Tf = Año al cual se va a realizar la proyección

R= es la tasa de crecimiento.

9.5.3.3 Método Logarítmico

El modelo de crecimiento logarítmico consiste en considerar que el aumento de la población es proporcional al tamaño de ésta. El modelo geométrico consiste en considerar que a iguales periodos de tiempo el mismo porcentaje de incremento de la población, es decir, un crecimiento de la población de tipo exponencial.

$$Pf = Pci * e^{kgm*(Tf-Tci)}$$

Pf= Población correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.

Puc= Población correspondiente al último año censado por el DANE.

Pci = Población correspondiente al censo inicial por el DANE

Tuc = Año correspondiente al último censo por el DANE.

Tci = Año correspondiente al censo inicial por el DANE.

Tf = Año al cual se va a realizar la proyección

La RAS 2000 indica puntualmente según cual es el método que se debe emplear según el tamaño de la población urbana que se va a estudiar según la complejidad como lo indica la siguiente tabla:

Tabla 1 Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema

Método por emplear	Nivel de complejidad del sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	alto
Aritmético	X	X		
Geométrico	X	X	X	X
Wappaus	X	X	X	X
Grafico	X	X	X	
Exponencial	X	x	X	
Detallar por zonas			X	X
Detallar densidades			X	X

(Ministerio de vivienda de Colombia RAS 0330, 2017)

Tabla 2 Asignación del nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	<2.500	Baja
Medio	2.501 a 12.500	Baja
Medio alto	12.501 a 60.000	Media
Alto	>60.000	Alta

(Ministerio de vivienda de Colombia RAS 0330, 2017)

9.6 ÁMBITO ESPACIAL

El estudio se llevará a cabo principalmente en la cabecera municipal de Viotá, donde se concentra la población afectada y se evidencian las problemáticas relacionadas con el suministro de agua potable. El enfoque espacial se centra en esta área para lograr una comprensión detallada de la situación y las posibles soluciones.

Por consiguiente, La presente investigación tiene como objetivo analizar alternativas para incrementar la capacidad de suministro de agua potable en la planta de tratamiento El Salitre, en el municipio de Viotá, Cundinamarca. Para alcanzar este propósito, se empleará un enfoque metodológico mixto que combina elementos cualitativos y cuantitativos. El proceso de investigación se desarrollará en diversas etapas, desde la recopilación de información hasta el análisis y la presentación de resultados en la recolección de datos se llevará a cabo a través de dos enfoques complementarios:

Investigación Documental: Se realizará una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con la escasez de agua, alternativas de suministro y tecnologías de captación. Esta revisión bibliográfica permitirá fundamentar teóricamente la investigación y contextualizar la problemática en Viotá.

Investigación de Campo: Se realizarán encuestas y entrevistas semiestructuradas a residentes de Viotá y a expertos en gestión de recursos hídricos. Las encuestas recogerán datos sobre las percepciones de la comunidad acerca de la escasez de agua y las posibles soluciones. Las entrevistas permitirán obtener información detallada de expertos sobre las condiciones locales, las fuentes hídricas y las tecnologías de captación viables.

9.7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

Los hallazgos cualitativos y cuantitativos se presentarán de manera coherente y comprensible. Se utilizarán gráficos, tablas y narrativas para mostrar las percepciones de la comunidad, las evaluaciones de las alternativas y las recomendaciones resultantes.

En resumen, la metodología de investigación combina la investigación documental con la recopilación de datos en campo para abordar la problemática de la escasez de agua en Viotá. A través de análisis cualitativos y cuantitativos, se busca comprender la magnitud de la situación y proponer soluciones viables y sostenibles para incrementar el suministro de agua potable en la planta de tratamiento El Salitre.

10. RECURSOS NECESARIOS

10.1 HUMANO

- Suetlen Caterine Camargo Rodriguez (Investigadora)
- Ingeniero Abbad Jack Jimmink Murillo (Asesor)
- Ingeniero Maicol Steven Pulido (Encargado de la planta)

10.2 MATERIAL

Tabla 3 Recursos materiales

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Computador DELL latitud E7250 con procesador core i7 y una RAM de 8 GB	1
2	Documentos aportados por la empresa de servicios públicos y demás material que se encuentre en el proceso de investigación	No aplica
3	Celular Smartphone	1
3	Internet de 200 MB	1

Fuente: elaboración propia

11. PLAN DE TRABAJO

Tabla 4. Plan de trabajo

OBJETIVO	ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	FECHA FINAL
Identificar que tan eficaces son los sistemas de aducción de la planta de tratamiento el salitre.	- Realizar los cálculos pertinentes para saber exactamente que caudal está siendo suministrado. - Recopilar información por parte de la empresa de servicios públicos del municipio.	16 de agosto de 2023	25 de agosto de 2023
Analizar el caudal de las fuentes hídricas que actualmente abastecen al municipio.	- Hacer una visita de campo a las fuentes hídricas que actualmente surten a la planta y las que se van a analizar para ampliar la cobertura del servicio. - Hacer los cálculos respectivos para identificar el caudal con el que cuentan los afluentes	16 de agosto de 2023	25 de agosto de 2023
Analizar la población a la cual se requiere	Recopilar datos de	28 de agosto de 2023	30 de agosto de 2023

abastecer para cumplir la demanda.	fuentes oficiales tales como el DANE. • Realizar las proyecciones de la población implementando los diferentes métodos.		
Análisis de resultados	• Proponer soluciones viables para las problemáticas halladas a través del análisis de datos.	01 de septiembre de 2023	05 de septiembre de 2023

Fuente: elaboración propia.

10. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

10.1 PROYECCIONES

10.1.1 Método aritmético

$$Pf = puc + \frac{puc - pci}{Tuc - Tci} * (Tf - Tuc) = h$$

Pf= Población correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.

Puc= Población correspondiente al último año censado por el DANE.

Pci = Población correspondiente al censo inicial por el DANE

Tuc = Año correspondiente al último censo por el DANE.

Tci = Año correspondiente al censo inicial por el DANE.

Tf = Año al cual se va a realizar la proyección

$$Pf = puc + \frac{puc - pci}{Tuc - tci} * (Tf - Tuc) = h$$

Puc=4286

Pci= 4041

Tuc= 2018

Tci= 2005

Tf= 2048

$$Pf = 4286 + \frac{4286 - 4041}{2018 - 2005} * (2048 - 2018) = 4852 \text{ habitantes}$$

Con este método se puede evidenciar que para el año 2048 el incremento de la población es de 566 habitantes.

11.1.2 Método geométrico

$$Pf = puc * (1 + r)^{(Tf - Tuc)} = h$$

Pf= Población correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.

Puc= Población correspondiente al último año censado por el DANE.

Pci = Población correspondiente al censo inicial por el DANE

Tuc = Año correspondiente al último censo por el DANE.

Tci = Año correspondiente al censo inicial por el DANE.

Tf = Año al cual se va a realizar la proyección

R= es la tasa de crecimiento.

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

Puc=4286

Pci= 4041

Tuc= 2018

Tci= 2005

Tf= 2048

$$r = \frac{4286}{4041}^{\left(\frac{1}{2018-2005}\right)} - 1$$

$$r = 0.004$$

$$Pf = puc * (1 + r)^{(Tf-Tuc)} = h$$

$$Pf = 4286 * (1 + 0.004)^{(2048-2018)} = 4831 \text{ habitantes}$$

Con este método se puede evidenciar que para el año 2048 el crecimiento de la población es de 545 habitantes.

11.1.3 Método logarítmico

$$Pf = Pci * e^{kgm*(Tf-Tci)}$$

Pf= Población correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.

Puc= Población correspondiente al último año censado por el DANE.

Pci = Población correspondiente al censo inicial por el DANE

Tuc = Año correspondiente al último censo por el DANE.

Tci = Año correspondiente al censo inicial por el DANE.

Tf = Año al cual se va a realizar la proyección

$$kgm = \frac{\ln Pcp - \ln Pca}{Tcp - Tca}$$

Kgm= Taza de crecimiento logarítmico promedio

Ln= Logaritmo natural

Pcp= Población del censo posterior

Pca= Población del censo anterior

Tcp= Año censo posterior

Tca= Año censo anterior

Censo	Población
2005	4041
2018	4286

$$kg1 = \frac{\ln Pcp - \ln Pca}{Tcp - Tca}$$

$$kg1 = \frac{\ln 4286 - \ln 4041}{2018 - 2005} = 0.004$$

$$Pf = Pci * e^{kgm*(Tf-Tci)}$$

$$Pf = 4041 * e^{0.004*(2048-2005)} = 4799 \text{ Habitantes}$$

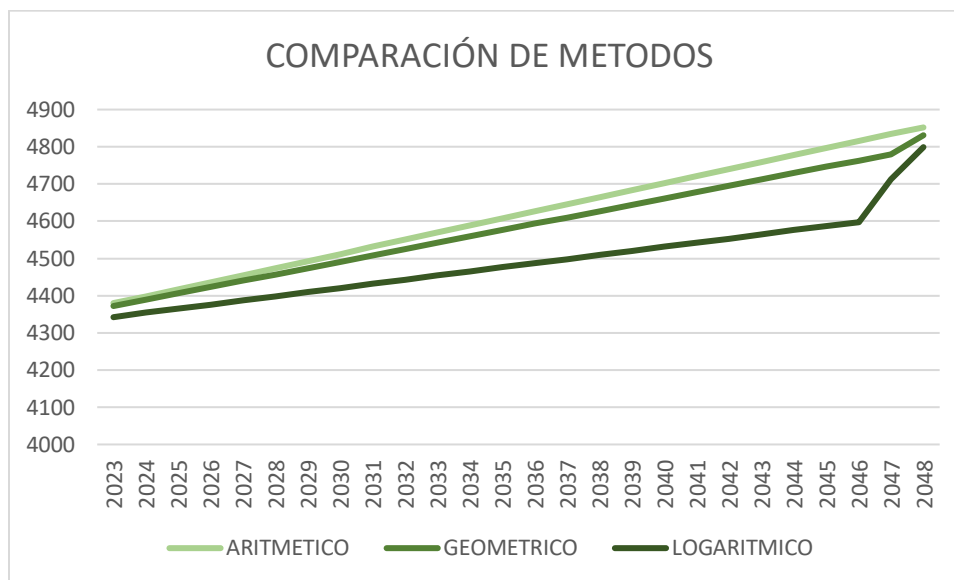
Con este método podemos evidenciar que para el año 2048 la población tiene un crecimiento de 513 habitantes.

Tabla 5. Resultados proyecciones

METODO	AÑO	POBLACION
ARITMETICO	2048	4852
GEOMETRICO	2048	4831
LOGARITMICO	2048	4799

Fuente: Propia

Figura 5 Comparación de métodos



Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la gráfica y los resultados de las proyecciones podemos evidenciar que el método en el cual se ve un mayor crecimiento de la población es el método aritmético.

11.1.4 Dotación neta

Tabla 6 Dotación neta según la 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

(Ministerio de vivienda de Colombia RAS 0330, 2017)

Fuente: RAS 0330-2017

El municipio de Viotá se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 567 msnm esto quiere decir que la dotación neta máxima es de 140 L/H*D Según la resolución 0330 de 2017.

11.1.5 Dotación bruta

La fórmula para el cálculo de la dotación bruta se realiza de la siguiente manera:

$$D_{bruta} = \frac{D_{neta}}{(1 - \%P)}$$

Dneta = Dotación neta.

%P = Porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño. El porcentaje de pérdida técnicas máximas en la ecuación anterior engloba el total de pérdidas esperadas en todos los componentes del sistema (como conducciones, aducciones y redes), así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable, y no deberá superar el 25%. (Resolución 0330, 2017, pág. 34)

$$D_{bruta} = \frac{140}{(1 - 25\%)} = 186.667$$

11.1.6 Caudal medio diario

El caudal medio diario se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{md} = \frac{D_{bruta} * P_{ob}}{86400}$$

Dbruta= Dotación bruta

Pob = Población

$$Q_{md} = \frac{186.667 * 4852}{86400}$$

$$Q_{md} = 10.48 \text{ L/S}$$

11.1.7 Caudal máximo diario

El caudal máximo diario se calcula de la siguiente forma:

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

K1= 1.3

Qmd = Caudal medio diario

$$QMD = 1.3 * 10.48$$

$$QMD = 13.62 \text{ L/S}$$

11.1.8 Caudal máximo horario

El caudal máximo horario se calcula de la siguiente forma:

$$QMH = (K2) * (QMD)$$

K2= 1.3

QMD = Caudal máximo diario

$$QMH = 1.3 * 13.62$$

$$QMH = 17.71 \text{ L/S}$$

11.1.9 Caudal de diseño

Tabla 7 Caudales de diseño

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

(Ministerio de vivienda de Colombia RAS 0330, 2017)

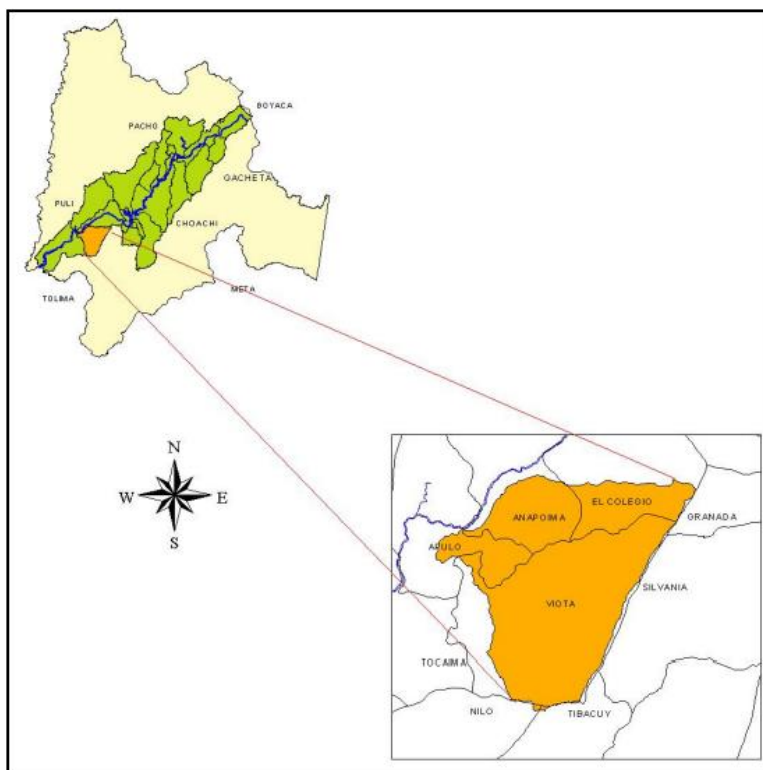
$$Q_{\text{diseño}} = QMH$$

$$Q_{\text{diseño}} = 17.71 \text{ L/S}$$

11.2 ANALISIS DE OTRA POSIBLE FUENTE DE ABASTECIMIENTO (RIO CALANDAIMA)

La subcuenca del Río Calandaima se localiza en la vertiente izquierda de la parte baja de la Cuenca del río Bogotá; el gradiente altitudinal oscila entre 2800 m.s.n.m a 450 m.s.n.m por lo que se presenta condiciones climáticas variables. Recibe las aguas de las quebradas Campos, La Palma, La Sanjuana, Colorada, Modelia, Azufrada y La Ruidosa. La zona de estudio nace en la Cuchilla de Peñas Blancas y desemboca en el río Bogotá; (Cardenas, 2014, pág. 3)

Figura 6 Sub cuenca del rio Calandaima



(CAR, 2006)

El río Calandaima cruza por los Municipios de El colegio, Viotá, Anapoima y Apulo aportando al recurso hídrico de cada uno de estos municipios donde se distribuye de la siguiente forma:

Tabla 8 Distribución territorial dentro de la subcuenca del río Calandaima

Municipio	Area			
	Total	Urbana*		Rural
		Continua	Discontinua	
Viota	16867,41	42,40	114,330	16710,68
El Colegio	3908,71			3908,71
Anapoima	3897,14			3897,14
Apulo	2135,64			2135,64
Silvania	16,16			16,16
Granada	11,46			11,46
Nilo	2,43			2,43
Tibacuy	0,78			0,78

(CAR, 2006)

Teniendo en cuenta la tabla anterior podemos evidenciar que en el municipio de Viotá es donde se encuentra la extensión más grande de la subcuenca del río Calandaima haciendo un gran aporte a la riqueza hídrica del municipio.

La cuenca del río Calandaima presenta las siguientes características morfométricas calculadas, tales como las cotas mayor y menor, el área tributaria, la pendiente media de la subcuenca, la longitud del cauce principal, el perímetro, la densidad de drenajes, índice de compacidad, etc. (Cardenas, 2014)

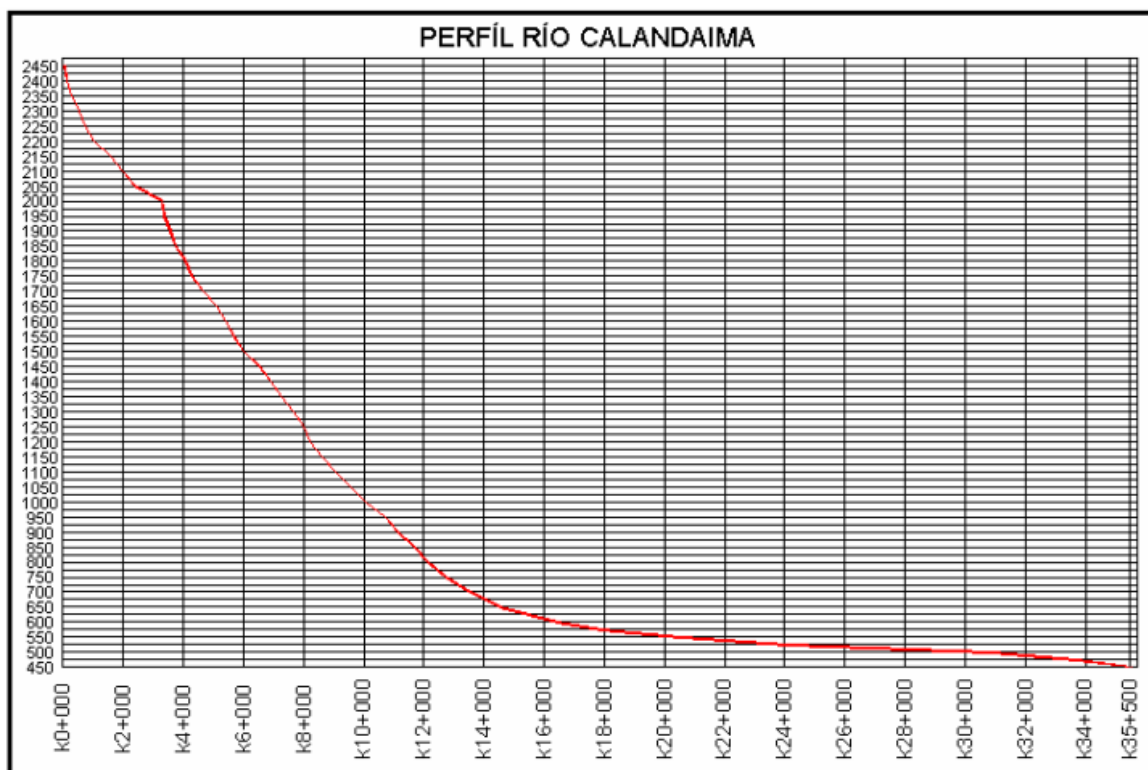
Tabla 9 Características morfológicas de la subcuenca del río Calandaima

CUENCA	PENDIENTE MEDIA			AREA (Km ²)	PERIMETRO (Km)	PATRON DE DRENAJE*	LONGITUD DE DRENAJES (Km)	DENSIDAD DE DRENAJE (m/Km ²)	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (Km)	PENDIENTE MEDIA CUENCA (m/Km)	ALTURA MEDIA CUENCA (m)	FORMA DE LA CUENCA			INDICE DE TORRENCIALIDAD	Tc (minutos)	Velocidad (m/s)
	COTA MAYOR (m)	COTA MENOR (m)	PENDIENTE MEDIA (m/m)									LONGITUD AXIAL CUENCA (m)	ANCHO CUENCA (m)	INDICE DE GRAVELIUS			
RIO CALANDAIMA	2.800	450	0,14	268	78	Sp	641	2.387	25	17,26	1.625	17.085	15.608	1,34	2,43	212	1,93

(CAR, 2023)

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se puede decir que la cuenca es de tipo redondeado, encontrándose sus cabeceras sobre la cota 2.800 m.s.n.m., y su cota más baja sobre los 450 m.s.n.m. la altura media está en los 1.625 m.s.n.m. presentando un drenaje superficial rápido y de tipo sinuoso. (Cardenas, 2014)

Figura 7 Perfil del río Calandaima



(CAR, 2006)

Los estudios se llevarán a cabo para determinar el régimen de caudales en la subcuenca, estableciendo los valores medios mensuales a través de la distribución temporal de los caudales medios, los valores máximos y mínimos, por medio de la serie de valores extremos anuales, para establecer para establecer las probabilidades de ocurrencia para diferentes periodos de retorno y las curvas de duración de los caudales medios y mínimos mensuales, esta última para establecer el caudal ecológico el cual es el caudal mínimo necesario, que debe permanecer en un determinado cauce, y el balance hídrico oferta demanda, información básica para determinar la disponibilidad de agua de la subcuenca. (CAR, 2006)

En la subcuenca del río Calandaima se encuentran varias estaciones limnimétricas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10 Estaciones limnimétricas de la subcuenca del río Calandaima

Código	Cat	Nombre Estación	Corriente	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación msnm	Instalación
2120888	LM	PTE BOCAS	CALANDAIMA	VIOTA	4°28'N	74°32'W	520	15/01/1987
2120886	LM	JAVA	CALANDAIMA	VIOTA	4°31'N	74°25'W	2000	15/08/1988
2120887	LM	PTE SAMPER MENDOZA	CALANDAIMA	VIOTA	4°29'N	74°34'W	500	15/07/1989
2120889	LM	PUEBLO DE PIEDRA	CALANDAIMA	VIOTA	4°28'N	74°30'W	610	15/04/1990
2120895	LM	POLA LA	LINDO	VIOTA	4°28'N	74°38'W	1120	15/01/1987
2120896	LM	VIOTA	LINDO	VIOTA	4°27'N	74°31'W	600	15/01/1987
2120900	LM	PTE SAENZ	Q SAN JUANA	VIOTA	4°26'N	74°31'W	600	15/01/1987
2120893	LM	PTO BRASIL	Q LA MONA	VIOTA	4°24'N	74°29'W	1170	15/08/1988
2120897	LM	CASCADA LA	Q MODELIA	VIOTA	4°29'N	74°27'W	1300	15/08/1988
2120901	LM	SAN PAULUNA	Q SAN PAULUNA	VIOTA	4°30'N	74°26'W	1510	15/08/1988
2120932	LM	PTE BRASIL	Q RUICITO	VIOTA	4°24'N	74°29'W	1150	15/08/1988
2120894	LM	NEPTUNA LA	Q AL NEPTUNA	VIOTA	4°29'N	74°30'W	600	15/09/1988
2120899	LM	FLORIDA LA	Q RUISITO	VIOTA	4°24'N	74°29'W	1170	15/09/1988
2120903	LM	ENTRERRIOS	Q RUISITO	VIOTA	4°27'N	74°29'W	950	15/03/1989
2120914	LM	CARACOLI	Q CAMPOS	ANAPOIMA	4°32'N	74°31'W	690	15/01/1985
2120900	LM	PTE SAENZ	Q SAN JUANA	VIOTA	4°26'N	74°31'W	600	15/01/1987
2120928	LM	VICTORIA	CAMPOS	EL COLEGIO	4°32'N	74°24'W	1825	15/07/1994

(CAR, 2006)

Las estaciones seleccionadas de la subcuenca del río Calandaima, se puede observar que el limnómetro de la estación pueblo de piedra ubicada en el municipio de Viotá que fue instalada en el año 1990 y cuneta con información desde el año 1992 lo cual para el año de estudio se tenía información de 12 años y esta fue utilizada para la generación de los caudales. Donde se solicitaron los caudales medios mensuales los máximos y los mínimos para proceder a la verificación y análisis. (CAR, 2006)

De acuerdo con lo anterior, se estableció la siguiente relación, para la generación de los caudales:

$$Q1 / A1 = Q2 / A2$$

Donde:

Q1: Caudal río Calandaima estación Pueblo de Piedra (m3/s)

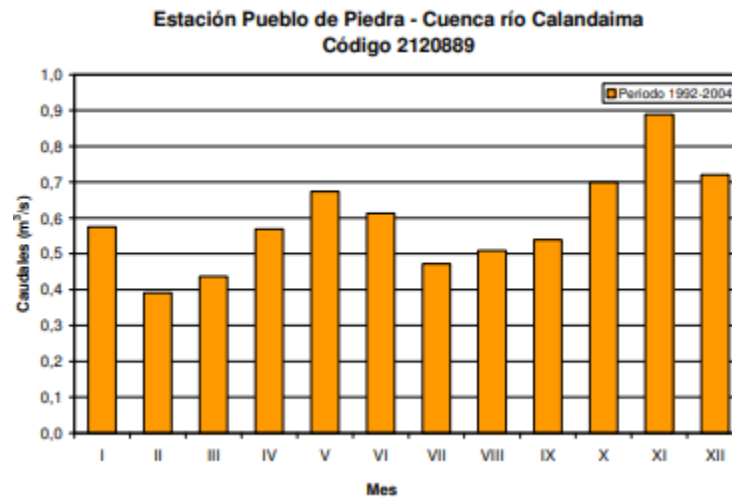
Q2: Caudal total cuenca del río Calandaima (m3/s)

A1: Área de la cuenca del río Calandaima estación Pueblo de Piedra Km2

A2: Área total de la cuenca del río Calandaima (Km2)

La distribución temporal de los caudales es al igual que la de la precipitación, de tipo bimodal para la cuenca, presentando los valores máximos en los meses de abril, mayo y junio, en el primer semestre del año, siendo mayo el mes con el mayor registro, con un valor de 0.7 m3 /s y octubre, noviembre y diciembre en el segundo, con un registro de 0.9 m3/s en el mes de noviembre. El período donde la cuenca sufre de déficit del recurso hídrico, es a principios del año en los meses de febrero y marzo, con un menor valor en el mes de febrero de 0.4 m3/s. En el segundo semestre se observa una disminución de los caudales en los meses de julio, agosto y septiembre. En general, el segundo semestre del año presenta valores sensiblemente más altos que el primero. El valor promedio anual es de 0.6 m3/s. (Cardenas, 2014)

Figura 8 Histograma de caudales



(CAR, 2006)

Teniendo en cuenta lo anterior podemos saber cual es la oferta hídrica que tiene el río Calandaima para las dos temporadas del año tanto tiempo seco como tiempo húmedo.

Para el primer escenario contemplado, y considerado el crítico (período seco), definido por el promedio de los caudales mensuales que se encuentran por debajo del valor medio anual multianual y el segundo escenario (período húmedo), que incluye el promedio de los 12 valores mensuales que están por encima de la media anual.

A nivel medio anual, el caudal máximo estimado a partir de los registros, es de 14.87 m³/s, el medio multianual es de 1.74 m³/s y el mínimo de 0.09 m³/s. El caudal máximo estimado, para un período de retorno de 100 años, es de 49.10 m³/s y el valor mínimo, para el mismo período de retorno, es de 0.02 m³/s. (Cardenas, 2014)

Figura 9 Oferta hídrica



(Cardenas, 2014)

Como anteriormente se menciona el caudal ecológico es el caudal mínimo que debe tener algún afluente para el río Calandaima la CAR (corporación autónoma regional) teniendo en cuenta los caudales ya determinados se determino que el caudal ecológico es de 0,05 m³/s.

De acuerdo con el índice de escasez, definido por el IDEAM, se tiene que la cuenca tiene en la época de verano, un índice Medio Alto y en el período húmedo, un índice igualmente Medio Alto. En cuanto a la oferta hídrica de la cuenca, se presenta en el gráfico circular con los respectivos resultados. (CAR, 2006)

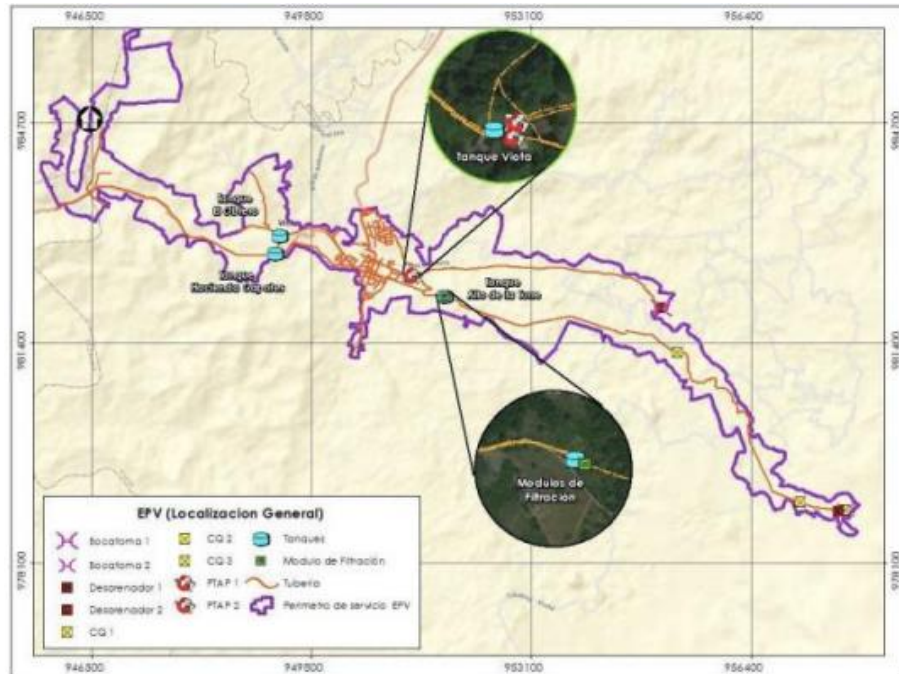
11.3 EFICACIA PLANTA DE TRATAMIENTO EL SALITRE

Actualmente el acueducto municipal de Viotá, capta sus aguas del río Lindo y la quebrada el indio, cuyas aguas provienen del Río Ruicito. El sistema encargado de captar el agua en el río Lindo es una bocatoma lateral y se encuentra ubicada en la margen derecha del río, 20 metros arriba de donde confluyen los ríos Lindo y Ruicito, su cota es de 982.17 msnm, pero debido a que aguas más arriba existen múltiples tomas de particulares, esta fuente no se utiliza ya que no se puede contar con un régimen constante de caudal en el momento de la captación. La segunda fuente de captación que es la laguna del indio, está compuesta por una bocatoma de fondo que se ubica a los 1.637 msnm en la vereda el Palmar. Este sistema cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable a donde llega un caudal total de 16 l/s. Cada una de estas plantas trata 8 l/s, estas plantas son de tipo compactas con proceso de dosificación de productos químicos, mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración. Además de esto, existen dosificadores para cloro, sulfato y soda. Los cilindros de las unidades de tratamiento tienen un diámetro de 5.20 metros y su altura es de 4.60 metros y sobre las tuberías de llegada podemos encontrar dos válvulas las cuales van a permitir el paso directo del agua hacia los tanques y la operación de una sola de las unidades o de las dos en forma simultánea.

El sistema de acueducto urbano se encuentra compuesto por los siguientes componentes:

- 2 Bocatomas.
- 2 Desarenadores.
- 1 Estructura de filtro rápido.
- 2 PTAP.
- 4 Tanques de almacenamiento. (Silva & Ayala Gongora, 2019)

Figura 10 Red acueducto de Viotá



(Silva & Ayala Gongora, 2019)

Compuesto por tuberías en pvc de 6", 4" y 3 " con longitudes 15 km de distancia desde la bocatoma de la laguna del indio y 5 km desde la bocatoma del rio lindo en estos tramos la aducción de ninguna de las dos fuentes esta en buen estado ya que se encuentran irregularidades en las tuberías y esto no permite un adecuado funcionamiento del sistema de acueducto. Para la conducción del agua desde el desarenador hasta la planta de tratamiento, pudimos evidenciar problemas ya que tenemos conexiones ilegales que realizan las personas de las fincas por donde pasa esta tubería. También hay tuberías que se encuentran expuestas las cuales están cristalizadas por causa del sol. (Silva & Ayala Gongora, 2019)

Actualmente el sistema de acueducto de Viotá administrado por la Empresa de servicios públicos de Viotá (EPV) para el año 2023 sirve 2.800 usuarios con un caudal de 8 l/s, con un funcionamiento 24h al día donde la captación del agua es por gravedad, aunque en estos meses de tiempo seco el caudal que se está suministrando es de 3 l/s mucho menos de la mitad del caudal que se suministra normalmente ya que las fuentes hídricas como lo son el rio lindo y la laguna del indio sus niveles de agua son muy bajos escaseando el preciado liquido. lo que quiere decir que para el año 2048 el suministro de agua a la población urbana será ineficiente ya que según las proyecciones realizadas por el método aritmético la población urbana será de 4852 habitantes con un caudal de diseño para esta población de 17,71 l/s.

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 100 - \left(\left(\frac{\left(\frac{Q_s * 86400}{1000} \right)}{\left(\frac{Q_p * 86400}{1000} \right)} \right) * 100 \right)$$

Qp= caudal de proyección

Qs= caudal tiempo seco

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 100 - \left(\left(\frac{\left(\frac{3 * 86400}{1000} \right)}{\left(\frac{17,71 * 86400}{1000} \right)} \right) * 100 \right)$$

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 100 - \left(\left(\frac{259,2}{1,530} \right) * 100 \right)$$

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 100 - (0,1694 * 100)$$

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 100 - 16,94$$

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 83,06$$

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 100 - \left(\left(\frac{\left(\frac{Q_h * 86400}{1000} \right)}{\left(\frac{Q_p * 86400}{1000} \right)} \right) * 100 \right)$$

Qp= caudal de proyección

Qh= caudal tiempo seco

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 100 - \left(\left(\frac{\left(\frac{8 * 86400}{1000} \right)}{\left(\frac{17,71 * 86400}{1000} \right)} \right) * 100 \right)$$

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 100 - \left(\left(\frac{691,2}{1,530} \right) * 100 \right)$$

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 100 - (0,4517 * 100)$$

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 100 - 45,17$$

$$DEFICIT \text{ tiempo seco} = 54,83$$

Con estos resultados obtenidos se evidencia una alta deficiencia del servicio de agua para la población urbana en el año 2048.

11.4 ANALISIS DE LAS FUENTES HÍDRICAS QUE ABASTECEN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO

El municipio de Viotá se encuentra ubicado entre las cuencas hidrográficas del río Lindo, Bogotá, Apulo y Calandaima, además, entre las quebradas Caachimbulo, Chorro de la Ladera, De Alto Grande, Del Gris, Grande, Guamuchal, Guanbana, Honda, La Caucha, La Juana, La Máquina, La María, La Modelia, La Mona, La Neptuna, La Ruidosa, La San Juana, La Soledad, La Torcaza, Pilama, Ruicito 1, Ruicito 2, Ruidosa, Seca, Tubno y Santa Isabel, lo que es un aspecto positivo debido a que el municipio cuenta con varias fuentes de ingreso de agua. A continuación, se muestra la longitud y desembocadura de cada río y quebrada.

Figura 11 Recurso hídrico

NOMBRE	LONGITUD (m)	DESEMBOCA EN
Río Lindo	13352	Río Calandaima
Río Calandaima	-	Río Bogotá
Q. Cachimbulo	-	-
Q. Chorro de la Ladera	4008	Río Lindo
Q. de Alto Grande	1119	Río Lindo
Q. del Gis	1163	-
Q. Grande	5478	Río Calandaima
Q. Guachumal	2092	Q. La Ruidosa
Q. Guanabana	-	-
Q. Honda	-	-
Q. La Caucha	2637	Q. Grande
Q. La Juana	4956	Río Lindo
Q. La Máquina	4424	Río Lindo
Q. La María	1905	-
Q. La Modelia	3517	Q. Grande
Q. La Mona	5290	-
Q. La Neptuna	7380	Q. Tuno
Q. La Ruidosa	6527	Río Calandaima
Q. La San Juana	930	-
Q. La Soledad	6111	Río Lindo
Q. La Tocaza	1401	-
Q. Pilama	6672	Río Lindo
Q. Ruicito 1	1972	-
Q. Ruicito 2	3385	Q. Chorro de la Ladera
Q. Ruidosa	6983	Q. La Máquina
Q. Seca	4846	Río Calandaima
Q. Tuno	6173	Río Calandaima
Q. Santa Isabel	2891	Río Calandaima

(Silva & Ayala Gongora, 2019)

11.4.1 Río lindo

La micro cuenca Rio Lindo, se encuentra ubicada en el municipio de Viotá en Cundinamarca y sus aguas drenan en el cauce principal de la sub cuenca del Rio Calandaima, perteneciente a la parte alta de la cuenca del rio Bogotá; La micro cuenca, se encuentra dentro de un ecosistema de bosque andino y alto andino en la cuchilla de peñas blancas y su gradiente altitudinal oscila entre 2200 msnm y 500 msnm, favoreciendo la variedad de pisos térmicos que van desde cálido hasta frio en

la cuchilla de peñas Blancas, abastece el acueducto del municipio de Viotá, sus aguas son utilizadas para riego de cultivos, como receptoras de aguas residuales, entre otros. No obstante, el recurso hídrico en el municipio ha presentado problemas por contaminación; afectación por la ubicación de asentamientos urbanos; deterioro paisajístico y de la cobertura vegetal, contaminación con agro químicos y variaciones intensivas de la oferta del recurso hídrico en épocas de sequía. (Cortes, 2017)

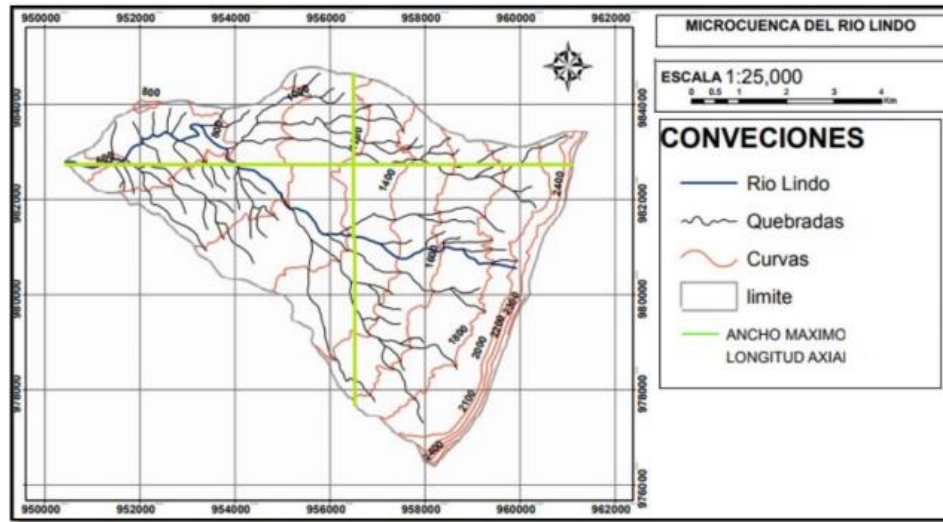
Figura 12 Parámetros morfológicos de la microcuenca del río lindo

Parámetro (unidad)	Símbolo	Valor
Características morfométricas		
Área (Km ²)	A	44,70
Perímetro (Km)	Lo	31,37
Longitud Axial (Km)	L Max	10,66
Longitud del cauce principal (Km)	L princ	11,60
Ancho Máximo (Km)	B máx	6,80
Forma de la Cuenca		
Índice de Compacidad (adimensional)	Ad	1,32
Factor de Forma (adimensional)	Ad	0,33
Índice de alargamiento (adimensional)	Ad	1,56
Índice de Asimétrico (adimensional)	Ad	1,09
Elevación de la Cuenca		
Pendiente Media de la Cuenca %	Sm	31%
Coefficiente orográfico (adimensional)	Co	0,040

(Cortes, 2017)

El cuerpo de agua del Rio Lindo, pertenece a una microcuenca dado que su area es de 44.74 Km² y se encuentra dentro de un rango de 20-100 Km², su factor de forma es bajo, indicando baja susceptibilidad a avenidas o crecientes; la micro cuenca es relativamente alargada según el índice de alargamiento y su sistema de drenaje es dendrítico, indicando una alto grado de evolución del sistema, suelos homogéneos, capacidad de absorber mejor una alta precipitación sin generar crecientes de grandes proporciones y presenta resistencia a fenómenos de erosión. Otros índices que sustentan las afirmaciones anteriores, es el índice asimétrico, el cual presento un valor de 1, señalando que existe una distribución uniforme de las vertientes izquierda y derecha con respecto al cauce principal y por ende los volúmenes de escorrentía de ambas vertientes son similares. (Cortes, 2017)

Figura 13 Delimitación de la microcuenca del río lindo



(Cortes, 2017)

Teniendo en cuenta que esta fuente hídrica es una de las que abastece la planta de tratamiento el salitre se cuenta con estaciones para hacer estudios hidrológicos y así poder identificar el comportamiento de la microcuenca del río lindo para esto se cuenta con las siguientes estaciones meteorológicas:

Figura 14 Estaciones meteorológicas

Código	Categoría	Estación	Corriente	Norte	Este
2120886	LM	JAVA	CALANDAIMA	991500	964100
2120887	LM	PTE SAMPER MADRID	CALANDAIMA	988700	948100
2120888	LM	PTE BOCAS	CALANDAIMA	984900	949800
2120889	LM	PUEBLO DE PIEDRA	CALANDAIMA	987860	953570
2120893	LM	PTO BRASIL	Q. LA MONA	978475	954540
2120894	LM	LA NEPTUNA	Q. LA NEPTUNA	986930	952750
2120895	LM	LA POLA	LINDO	981630	955636
2120896	LM	VIOTA	LINDO	982700	951000
2120901	LM	SANPABLUNA	Q. SANPABLUNA	989770	961290
2120914	AF	CARACOLI	Q. CAMPOS	993200	956600
2120928	LM	LA VICTORIA	Q. CAMPOS	993380	963230
2120929	LM	EL TRIUNFO	Q. CAMPOS	992850	955440
2120932	LM	PTE BRASIL	Q. RUISITO	978230	954310

(Silva & Ayala Gongora, 2019)

En la microcuenca del río lindo se encuentran dos estaciones meteorológicas que son las de Viotá y la de la pola la cual registran los caudales máximos y mínimos mensuales.

Figura 15 Caudales máximos y mínimos del río lindo

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MÁX	3,231	4,076	3,381	3,652	3,82	3,471	0,794	0,542	0,669	2,456	4,138	3,482
MIN	0,005	0,003	0,085	0,013	0,019	0,005	0	0	0	0	0,075	0,011
MED	1,618	2,0395	1,733	1,8325	1,9195	1,738	0,397	0,271	0,3345	1,228	2,1065	1,7465

(Silva & Ayala Gongora, 2019)

La oferta neta del recurso hídrico en la micro cuenca fue de 1,175 m³ /s por determinación de caudales. Sin embargo, debido a la mala calidad de las aguas, se aplica un factor de reducción de 25% por calidad de aguas y una reducción por caudal ecológico, estableciendo así una oferta neta del recurso de 0,71 m³ /s. (Cortes, 2017)

Figura 16 Oferta hídrica río lindo

	Caudal estación Pola	Caudal estación Viotá	Total caudal medio puntual
Total caudales	0,68 m ³ /s	1,67 m ³ /s	1,175 m ³ /s
Reducción por caudal ecológico	0,11	0,23	0,17 m ³ /s
Reducción por calidad	0.17	0,42	0,295
TOTAL OFERTA HIDRICA = 0,71 m³/s			

(Cortes, 2017)

Con lo anterior se tiene que para el año 2017 el río lindo contaba con una oferta neta 0,71 m³/s pero con factores como la contaminación, invasión urbana y el constante cambio climático se puede decir que al año según el ingeniero Maicol Pulido encargado de la planta de tratamiento “Tiempo seco río lindo 1 litros por segundo y en húmedo 8 litros por segundo” en el año 2023.

11.4.2 Laguna del indio

El ecosistema de la laguna del indio se localiza en el municipio de Viotá en la vereda alto palmar a una altura de 1892 msnm, es un ecosistema léntico que en ciertos puntos presenta intermitencia en la columna y espejo de agua, lo que convierte en un ambiente pulsante en su grado de productividad. (CAR, 2006)

“Aunque en la actualidad este cuerpo de agua ya no es una laguna ya que a causa del cambio climático y el verano de 2015 quedó reducido a un humedal.” (Quiroga, 2021) .

Figura 17 Laguna del indio



(Quiroga, 2021)

De este cuerpo de agua no se tiene mucha información ya que en el no se cuenta con estaciones meteorológicas para poder medir el comportamiento de esta, pero con la ayuda del ingeniero Maicol Pulido encargado de la planta de tratamiento pudimos obtener los siguientes datos “Tiempo seco laguna del indio 2 litros por segundo y en húmedo 10 litros por segundo” con lo anteriormente mencionado se puede evidenciar que la laguna del indio se ha visto fuertemente afectada por el cambio climático y ya no aporta la misma cantidad de agua para para el suministro a la población tanto rural como urbana.

12. CONCLUSIONES

- El municipio de Viotá se encuentra atravesando por uno de los tiempos secos más fuertes en los últimos 5 años y con la información recopilada se tiene constancia que el caudal que esta llegando a la planta de tratamiento es de solo 3 l/s esto a llevado al municipio a declararse en alerta roja ya que la situación es muy precaria, es por esto necesario contar con otra fuente hídrica que tenga una estabilidad en sus caudales tanto en tiempo seco y como en húmedo y así poder cubrir las necesidades hídricas del municipio en cualquier época del año.
- Se identifica un déficit de suministro de agua potable para la población proyectada al año 2048 tanto en tiempo seco como en tiempo húmedo es bastante considerable de esta forma pudiendo afirmar que el municipio carece de recursos hídricos.
- En el sistema de acueducto se encontraron varias inconsistencias y esto también conlleva a que la aducción y conducción del agua no se realice de manera correcta, también generando desperdicio del líquido y por esto no se pueda satisfacer adecuadamente la demanda de la población urbana que se sirve.
- Las fuentes hídricas que actualmente abastecen al municipio se encuentran afectadas por los malos hábitos de la comunidad viotuna tanto en la parte rural como en la urbana como lo son las invasiones de la ribera del río, el arrojar desechos al mismo, entre otras prácticas que no son beneficiosas.
- Se puede evidenciar que el río Calandaima cuanta con una oferta hídrica de gran importancia en la región gracias a sus características morfológicas teniendo estabilidad en su caudal en todas las épocas del año ya que a pesar de la disminución de su caudal en tiempo seco esta no es tan considerable en comparación con otras fuentes hídricas de la región.
- El río Lindo y la laguna del indio aportan 18 l/s en tiempo húmedo a la población urbana del municipio de Viotá, pero teniendo en cuenta que el cambio climático a través de los años se agudiza mas para el año 2048 puede ser posible que el caudal de estas fuentes hídricas disminuya considerablemente ya que años atrás estos se encontraban en mejores condiciones.

13.RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer estudios de factibilidad para poder aumentar la oferta hídrica del municipio ya que evidentemente este carece del preciado liquido tanto en tiempo seco como húmedo sabiendo que con el recurso hídrico que cuenta actualmente no satisface la demanda actual ni las futuras.
- Es necesario el mejoramiento de la infraestructura que compone el sistema de acueducto para así prestar un servicio eficiente a la comunidad.
- Idear estrategias de sensibilización y capacitación a la comunidad para poder preservar los recursos hídricos y el medio ambiente realizando campañas de limpieza de los afluentes, reforestación entre otras actividades que aporten a un mejoramiento del medio ambiente.
- El río Calandaima cuenta con características morfológicas favorables para ver este como una buena opción para el aumento de la capacidad hídrica del municipio.

14. PRODUCTO DE INVESTIGACIÓN

El producto de resultado es de tipo GNC de tipo D lo que quiere decir que es un artículo investigativo publicado en revistas o revista que se encuentran en dos o más bases bibliográficas.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Barahona Sánchez, K. J., & Pardo Villamil, M. D. (2020). Relación entre la calidad del agua distribuida por la Empresa de Servicios Públicos de Viotá (EPV), las enfermedades gastrointestinales y recomendaciones para el mejoramiento del servicio de acueducto, en el municipio de Viotá (Cundinamarca). *Repositorio Universidad Libre. Universidad Libre*.
- CAR. (2006). Elaboración del diagnostico, prospectiva y formulación de la cuenca del río Bogotá subcuenca del río Calandaima. 7.
- Cardenas, L. I. (2014). ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL . 3.
- Cortes, C. J. (2017). CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA Y DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HIDRICO DEL RÍO LINDO EN EL MUNICIPIO DE VIOTÁ CUNDINAMARCA.
- DANE . (2005). *DANE PERFIL VIOTA CENSO 2005*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/cundinamarca/viota.pdf>
- Empresa de Servicios Públicos de Viotá S.A.S E.S.P, . (2023). Entidad.
- Lezaca Sánchez, J. (2011). *Metodologia para la elaboracion en proyectos ambientales escolares- PRAE*. BOGOTÁ: UNIVERSIDAD LIBRE.
- López Puentes, D. M. (s.f.).
- López Puentes, D. M., & Escarpetta Cruz, J. (2021). Evaluación y diseño del plan de optimización de la planta de tratamiento de agua potable en Viotá – Cundinamarca. *Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia*.
- Ministerio de vivienda de Colombia RAS 0330. (6 de junio de 2017). *MINVIVIENDA*. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>
- Quiroga, O. H. (Dirección). (2021). *Laguna del indio las memorias d emi pueblo Viotá* [Película].
- Silva, D. F., & Ayala Gongora, E. A. (2019). DIAGNÓSTICO DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE VIOTÁ DESDE LAS .
- Torregrosa Jiménez, N., & Torregrosa Jiménez, R. (2015). *ABC del articulo científico*. BOGOTÁ: universidad libre.
- Vanegas, M. (2021). Análisis de los componentes físicos y ambientales para la captación de agua niebla como complemento de abastecimiento para zonas rurales del departamento de Cundinamarca. *Universidad Católica de Colombia*, 87.
- Wikipedia. (8 de agosto de 2023). *Wikipedia* . Obtenido de https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Colombia_-_Cundinamarca_-_Viot%C3%A1.svg