

Caracterización de la oferta hídrica de la quebrada Diamante de Villavicencio, para
suplir la necesidad de abastecimiento de agua cruda para el Acueducto Servitá

ÁLVARO EDUARDO CALDERÓN PERILLA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS, PECUARIAS Y DEL
MEDIO AMBIENTE. ECAPMA
ACACÍAS, META
2018

CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA DE LA QUEBRADA
DIAMANTE DE VILLAVICENCIO, PARA SUPLIR LA NECESIDAD DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA CRUDA PARA EL ACUEDUCTO SERVITÁ

ÁLVARO EDUARDO CALDERÓN PERILLA

Proyecto aplicado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Ángela Patricia Álvarez Rodríguez
Asesora

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS, PECUARIAS Y DEL
MEDIO AMBIENTE. ECAPMA
ACACÍAS, META
2018

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Acacías (Meta), 21 de abril de 2018

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a todos los investigadores del conocimiento, o que ya hayan declinado sus vidas en aras de la ciencia y la tecnología; a todos los hombres y mujeres que han dedicado sus conocimientos en pro de las Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente. A los altruistas han propendido por la sustentabilidad de los diferentes ambientes del planeta, para la equidad intergeneracional y a esta Alma Mater por su metodología y misión incluyente para todos los pueblos.

El autor

AGRADECIMIENTOS

A quien todo lo puede en su infinita sapiencia, a la UNAD por su innovadora metodología AVA que hizo posible esta realidad, a la Dra. Blanca Dilida Parrado por su excelente talento humano para la Dirección de este CEAD, a Maryoly Bobadilla, por su incansable trabajo en pro de los estudiantes y al Catedrático Óscar Andrés Benavides entre otros tantos que se destacaron por su maravillosa metodología y dedicación a sus grupos de estudio, al Topógrafo Edgar H. Robledo, a Roberto Torres quien me patrocinó, y a mis Hermanos: Clara Emilia, Edilbrando (QPD), Jonás, Raúl, Ernesto, Mauricio, Sandra (QPD) y María Nydia que con sus conocimientos previos contribuyeron en este proceso de formación.

El Autor

Contenido

INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 PROPUESTA	17
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.3 UNIDADES FISIOGRÁFICAS	19
1.4 GEOLOGÍA	19
2. OBJETIVOS	21
2.1 GENERAL	21
2.2 ESPECÍFICOS	21
3 MARCO REFERENCIAL	22
3.1 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	22
3.1.1 Unidades fisiográficas.	22
3.1.2 Geología.	22
3.1.4 La hidrología y el cambio climático.	23
3.1.6 Enfermedades de origen hídrico.	24
3.1.7 Sustancias tóxicas.	25
3.1.8 Caudal ecológico.	25
3.1.9 Diseño de plantas para purificación de agua.	26
3.1.10 Análisis del sistema de tratamiento de agua cruda.	26
3.1.11 Filtración del agua cruda para controlar los parámetros de turbidez.	27
3.1.12 Desinfección del agua cruda con cloro.	27
3.1.13 Componente social	29
3.1.14 Dimensión socioeconómica.	29
3.1.15 Turismo.	29

3.1.16 Demografía.	29
3.1.17 Impacto ambiental.	30
3.1.18 Reducción de la oferta hídrica en la quebrada Diamante.	30
3.2 MARCO HISTÓRICO	31
3.2.1 Caudal histórico en la bocatoma.	32
3.3 MARCO LEGAL AMBIENTAL	32
3.3.1 Acuerdos y normas internacionales.	33
3.3.2 De la servidumbre.	33
4 CARACTERIZACIÓN DE LA QUEBRADA DIAMANTE SOBRE LA COTA 1440 m.s.n.m.	34
4.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES	35
4.2 CARACTERÍSTICA FLUVIAL	35
4.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA CRUDA SEGÚN LA ENTOMOFAUNA LÓTICA	36
4.4 CARACTERIZACIÓN DEL CAUDAL AGUAS ARRIBA DE LA BOCATOMA	37
4.5 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA CRUDA PARA CONSUMO HUMANO	37
4.6 CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA SEGÚN LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CAPTADA	38
4.7 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE TIENEN EFECTO ADVERSO EN LA SALUD HUMANA	38
4.8 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE TIENEN CONSECUENCIAS ECONÓMICAS SOBRE LA SALUD HUMANA	38
4.9 ÍNDICE DE RIEGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (IRCA)	39

5 DISEÑO METODOLÓGICO	40
5.4 PUNTOS DE MUESTREO PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS	46
5.5 IDENTIFICACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL DE AGUA Y SU PROYECCIÓN AL AÑO 2032	46
5.6 IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ACUEDUCTO SERVITÁ	49
5.7 PASOS PARA LEGALIZAR LA CAPTACIÓN DE AGUAS	48
5.7.1 Autorización sanitaria para la captación de aguas cruda	50
5.8 DESCRIPCIÓN HISTÓRICA	50
6 ANÁLISIS DE RESULTADOS	50
7 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	53
8. ESTUDIO FINANCIERO	55
9. CONCLUSIONES	56
10. RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58
Referencias bibliográficas.	58
ANEXOS	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Proceso de tratamiento preliminar y purificación del agua	26
Tabla 2: Características químicas del agua.	27
Tabla 3: Características microbiológicas del agua potable.	27
Tabla 4: Características del desinfectante.	28
Tabla 5: Desinfección de agua cruda, contaminada, usando cloro de 2 mg/L	29
Tabla 6: Intensidad de lluvias hasta marzo de 2017	35
Tabla 7: Los caudales han sido medidos volumétricamente, con los siguientes aforados.	37
Tabla 8: Características químicas del agua	39
Tabla 9: Valores del IRCA.	41
Tabla 10: Caudal aforado aguas arriba de la bocatoma.	44
Tabla 11: Caudal de agua aforado que entra al tanque desarenador.	45
Tabla 12: Caudal de agua aforado a 8 m aguas abajo de la bocatoma.	45
Tabla 13: Sitios de muestreo.	47
Tabla 14: Valores comparativos en 3 años diferentes.	47
Tabla 15: Parámetros de cumplimiento del IRCA.	51
Tabla 16: Concepto del análisis microbiológico.	52
Tabla 17: Recursos necesarios.	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Intensidad de lluvias en la vereda Servitá	Pág. 35
--	------------

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Ubicación política de la vereda Servitá	62
Anexo B: Imagen del mapa para llegar a la bocatoma	62
Anexo D: Ubicación general de la red del Acueducto de la Vereda Servitá	63
Anexo E: Informe de análisis de agua para consumo humano	63
Anexo F: Análisis microbiológico del agua al final de la tubería	64
Anexo H: Plano topográfico de la bocatoma, georreferenciado	65
Anexo I: Matriz DOFA	66
Anexo J: Imágenes fotográficas	67
Anexo K: Diagrama de flujo de caudales.	68
Anexo L: Recibido del Proyecto en Cormacarena	69

GLOSARIO

ACUÍFERO: formación geológica que contiene agua y que permite su movimiento a través de sus poros bajo la acción de la aceleración gravitatoria o de diferencias de presión.

AFORO: es la técnica para medir la cantidad de un fluido en la unidad de tiempo.

AGUA CRUDA: agua superficial o subterránea en estado natural, es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

AGUA POTABLE: es aquella cuyo uso y consumo no causa efectos nocivos al ser humano, para lo cual debe cumplir con requisitos legalmente establecidos.

AGUA PURIFICADA: es aquella que ha sido sometida a un tratamiento previo de filtrado y cloración, está destinada a ser potabilizada para el consumo humano.

CAPACIDAD DEL ACUÍFERO: volumen de agua que puede producir el acuífero.

CAUDAL ECOLÓGICO, se define como la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para mantener el hábitat del río y su entorno en buenas condiciones.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA: habitualmente se piensa que el agua natural que conocemos es un compuesto químico de fórmula H_2O , pero no es así, debido a su gran capacidad disolvente, toda el agua que se encuentra en la naturaleza contiene diferentes cantidades de diversas sustancias en solución y hasta en suspensión, lo que corresponde a una mezcla. El agua químicamente pura es un compuesto de fórmula molecular H_2O .

CAUDAL ESPECÍFICO DE DISTRIBUCIÓN: caudal de distribución medio que se presenta o se estima en un área específica y definido en términos de caudal por unidad de longitud de tubería de distribución instalada o proyectada en el área de diseño.

CAUDAL MÁXIMO DIARIO: es el consumo máximo durante 24 horas.

CAUDAL MÁXIMO HORARIO: es el consumo máximo durante una hora.

CLORO RESIDUAL: concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.

COLIFORMES: Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO_2) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

DOSIS LETAL MEDIA DL₅₀: Es el color que presenta el agua en el momento de su recolección sin haber pasado por un filtro de 0.45 micras.

LÓTICO: perteneciente a los ecosistemas de los ríos, arroyos manantiales y que interactúa con las plantas, animales y microorganismos.

MEDICIÓN DE FLUJOS: es el sistema destinado a registrar o totalizar la cantidad de un flujo agua transportada por el conducto natural o artificial.

PARÁMETROS HIDROBIOLÓGICOS: permite interrelacionar los aspectos fisicoquímicos del agua con la parte ecológica, que de acuerdo con sus componentes biológicos se puede inferir el estado de su calidad en un punto determinado. Pueden causar interferencias en los procesos de tratamiento, causar olores, sabores, toxicidad y carga orgánica en las redes de distribución, que pueden ser: zooplancton (protozoarios, copépodos, crustáceos, nemátodos) y fitoplancton (algas verdes, algas azules Cyanoficesas y cianobacterias que producen olor, sabor y toxicidad) y diatomáceas.

POBLACIÓN SERVIDA O ATENDIDA: Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua.

PREVALENCIA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS: Son las sustancias químicas presentes en el agua para consumo humano, que permanecen en forma periódica o continua.

VALOR ACEPTABLE: Es el establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua para consumo humano no representa riesgos conocidos a la salud.

RESUMEN

Este proyecto está enfocado en la caracterización de la oferta hídrica de la Quebrada Diamante, correspondiente a la cuenca hidrográfica de Río Negro, aguas arriba de la bocatoma, que surte el Acueducto Servitá en los próximos 15 años, en cumplimiento a los objetivos de la ONU, se está contribuyendo al desarrollo sostenible para alcanzar la equidad intergeneracional del desarrollo socioeconómico y cultural de este tejido social y que se pueda aplicar a otras comunidades de acuerdo con las normas legales vigentes, dando lugar al conocimiento de la capacidad hídrica y su estabilidad a mediano plazo. Este es un factor determinante en la calidad de vida de los seres humanos.

Promueve la conservación y mejoramiento de los ecosistemas de la microcuenca y la detección de agentes contaminantes naturales o antrópicos a través del reconocimiento topográfico.

La purificación de estas aguas superficiales se hace con filtro de alta presión, un dispensador de cloro y tanques de almacenamiento, para luego ser distribuida entre los usuarios quienes finalmente terminan el proceso de potabilización en cumplimiento de las normas legales.

La metodología se enmarca en la investigación cuantitativa, cualitativa la descripción de los requisitos para la legalización de captación de estas aguas.

Palabras clave:

Acueducto, Caracterizar, Intergeneracional, Caudal, Parámetros de calidad de agua potable, Caudal ecológico, Aforo, Oferta hídrica, Tratamiento de aguas superficiales.

Summary

This Project is approached into the characterization about hydrological Quebrada Diamante corresponding to the Rio Negro river basin. It is so close to the intake to provide to Servitá's aqueduct in the next 15 years taking to account the ONU's objectives that contribute to the sustainable environmental development towards to intergenerational equity, socioeconomic and cultural advance. It will be interesting to develop this project in other communities according to the legal standards getting place to the hydrological capacity knowledge and its medium-term stability determining as a factor from the quality of life of human beings.

This Project promotes the conservation and improvement about ecosystems of the micro watershed and detection of natural contaminating agents or anthropic through to the topographic survey.

The refining of those surface waters work with a pression filter, a chlorine dispenser and storage tanks to be distributed among users who at the end of this process of water purification in compliance of the legal standards.

The methodology of this research project takes the quantitative and qualitative description for all the requests for the legalization of this water collection.

INTRODUCCIÓN

La Quebrada Diamante tiene su nacimiento sobre la cota 1500 m.s.n.m en una estribación de la Cordillera Oriental denominada *Loma de Servitá*, dentro de un bosque secundario alterado con una variedad de suelos entre oxisoles y ultisoles.

El proyecto *Caracterización de la oferta hídrica de la Quebrada Diamante de Villavicencio*, aguas arriba de la bocatoma del Acueducto de la Vereda Servitá, se diseña para conocer y estabilizar la demanda hídrica a un mediano plazo de 15 años y que permita calcular la cantidad de agua para esta comunidad.

Por razones de saneamiento ambiental y en cumplimiento de las normas legales vigentes en la materia, Resolución 2115 de 2007 y RAS 2000 Título A, es imperante diseñar un proyecto para legalizar la captación de estas aguas, su conducción y adecuación para el uso doméstico y posteriormente hacerle el proceso de potabilización, para así mismo, poder complementar el presente estudio de oferta hídrica.

La Junta de Acción Comunal de la vereda tramita los recursos financieros representados en los respectivos materiales para adecuación del acueducto, en aras de una mejor calidad de vida para esta comunidad y como tal, ésta hace los aportes de la mano de obra, de un topógrafo y un ingeniero ambiental en formación para el diseño del proyecto de acción solidaria en la región, para sustentar los estudios de oferta hídrica y hacer los trámites pertinentes ante la Corporación Autónoma Regional Cormacarena.

La acción de éste se refleja en un espacio físico con la ocupación y el uso del suelo, dando así una dimensionalidad para la identificación de la Escuela rural, una capilla, el comercio y sus habitantes que se articulan con los elementos ambientales rurales y urbanos, los cuales se deben proteger. Esto permite evaluar el impacto sobre los recursos naturales, las actividades productivas de la población y la factibilidad de un desarrollo sustentable en equilibrio con la naturaleza y la presión social sobre el medio ambiente en el buen manejo del agua como fuente vital para la supervivencia.

“Entonces es importante, pensar en una vereda sostenible y sustentable entendiéndose como lo plantea Strauss (1996): *se requiere conocer el territorio y sus características para determinar su capacidad de carga con relación a las diferentes actividades y sus niveles de resiliencia frente a demandas concretas, una vez conocidas esas características se requiere la definición de criterios ordenadores en el uso del territorio, tanto en el ámbito urbano como rural. Criterios que deben responder a ciertas condiciones de sustentabilidad económico-ecológicas, de equidad y a una mejoría en la calidad de vida en los asentamientos humanos*”¹.

¹ POT. Síntesis diagnóstica Norte Plan de Ordenamiento Territorial. pdf. Villavicencio. 2013. Secretaría de Planeación Municipal. p.10

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ubicación del problema motivo de este proyecto, se desarrolla en la Quebrada Diamante ubicada en una estribación de la cordillera Oriental, denominada *Loma Servitá a una altura 1.440 m.s.n.m. y coordenadas 4°10'37.22" N, 73°39'58.44" W*. Ver anexo A y B.

El Acueducto de la Vereda Servitá capta las aguas superficiales de la quebrada Diamante de manera ilegal y por ende Cormacarena como la autoridad competente, adelanta el proceso pertinente ante esta irregularidad.

En los estudios previos de caudales y la observación de los mismos se verifica que la Quebrada Diamante ha disminuido en un 75% en 30 años, esto quiere decir, que para el año 2032 el caudal o la oferta hídrica habrá decrecido drásticamente y que el aprovisionamiento de agua para la comunidad servitense sería de la tercera parte de la actual y no supliría las necesidades para el consumo humano a 15 años.

Este problema tiene una interacción directa con el cambio climático, la severidad de la erosión, el tipo de suelos, la presencia de la Falla Geológica Servitá - la cual haría que las aguas de esta Quebrada se profundicen y, además, la intervención antrópica de estos bosques ocasionaría graves daños a la fuente hídrica y a los ecosistemas.

Otra eventualidad que afecte el caudal del agua está enmarcada en los movimientos telúricos de una intensidad media a alta, totalmente irremediable e impredecible.

1.1 PROPUESTA

Ante el inminente problema la JAC_ Servitá, debe asesorarse para diseñar el proyecto de captación de las aguas superficiales en la quebrada Diamante.

En razón a la problemática, se le propone a la Junta de Acción Comunal en primer lugar; buscar otras fuentes de captación de agua en la cota superior a la 1500 m.s.n.m., dadas las necesidades futuras de abastecimiento y teniendo en cuenta que en una extensión superior a 4,0 ha no hay intervenciones antrópicas ni fuentes contaminantes de tipo natural.

En segundo lugar, establecer controles para evitar la intervención humana en esos bosques y diseñar proyectos ejecutables de reforestación aguas arriba de la bocatoma y en un área de influencia mayor a 1,0 ha de la bocatoma aguas arriba del cauce de la Quebrada, para garantizar el equilibrio hídrico en un periodo de tiempo no menor a 15 años.

Asimismo, y en razón a la problemática de impactos ambientales negativos en la zona, se le propone adelantar estudios de otras fuentes hídricas ubicadas en la Vereda La Libertad y que resultaría una excelente opción debido a la muy buena accesibilidad vial, se asumen menos riesgos para el Fontanero y el tiempo de recorrido sería equivalente a la mitad del que se transcurre hasta la Quebrada Diamante.

Y por último se propone que se legalice la interconexión del sistema de abastecimiento de agua con el Acueducto de la Vereda Buenavista.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La oferta hídrica, es un factor determinante en la calidad de vida de todos los seres humanos, por tal razón, se hace prioritario, realizar estudios sostenibles y sustentables en busca de la conservación del recurso hídrico, este trabajo, está encaminado en aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación profesional y a su vez, crear soluciones a la población respecto a los temas de sistemas de abastecimiento de aguas.

Es una exigencia del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), desde el marco legal y en concordancia con la Constitución Política en su Capítulo III que trata sobre los “Derechos colectivos y Medio Ambiente”, que las captaciones de las diferentes fuentes hídricas deben ajustarse a los requerimientos normativos.

A su vez se justifica porque se está aprovechando el acompañamiento que hace el Estado a todos los procesos ambientales mencionados en el Artículo 80 de la Constitución Política, que reza: “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.” De esta manera se proyecta la captación de aguas para los próximos 15 años.

Por consiguiente, el cambio de tuberías justifica el proyecto desde el punto de vista de la modernización y ajuste a la normatividad vigente (RAS 2000 Título B), para mejorar la calidad de vida de los usuarios, la conservación y mejoramiento de los ecosistemas en la Quebrada Diamante.

No obstante, con las anteriores justificaciones se reducen los índices porcentuales de morbilidad y mortalidad infantil, debido a las enfermedades de origen hídrico y a la disminución de la oferta hídrica, y esto quiere decir, que solucionando estas problemáticas podemos lograr una significativa reducción de costos en Salud Pública.

La aplicación de este proyecto se justifica fundamentalmente en su dimensión social como la trascendencia en el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios ya que ellos hacen uso de su derecho constitucional.

Desde la dimensión económica justifica el proyecto en razón a la excelente calidad de agua que se le brinda a los usuarios en general, ya que una comunidad en el cumplimiento constitucional es próspera y saludable.

Desde la óptica institucional, el proyecto se justifica en cuanto que la Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD, propende con la carrera de Ingeniería Ambiental, formar y calificar profesionales competentes que contribuyan al mejoramiento del Medio Ambiente.

Para finalizar, el proyecto se justifica como la herramienta que acredita al autor para optar el título como Ingeniero Ambiental en pro del medio ambiente y el cumplimiento Ético aprendido en la universidad a través de los maestros.

1.3 UNIDADES FISIAGRÁFICAS

“Corresponden a una estribación de la Cordillera oriental, en las cuales las rocas del basamento más antigua de Colombia se pueden identificar tres regiones geológicamente diferentes (Oriental, Central y Occidental); la región Central está delimitada por la sutura del borde llanero al E y por la sutura de Romeral al W, e incluye el basamento de las cordilleras Oriental y Central, parte SE del basamento de la Sierra Nevada de Sta. Marta, basamento de la Sierra del Perijá y los Andes de Mérida.

La región Central está compuesta por rocas metamórficas de alto grado como granulitas y neises del Precámbrico, rocas metamórficas del Paleozoico temprano como filitas, esquistos, cuarcitas y migmatitas, y rocas plutónicas del Paleozoico y del Mesozoico; la Región Central incluye las unidades litoestratigráficas como: el Neis de San Lucas, Neis de Bucaramanga, Grupos de Cajamarca y Quetame entre otros”².

Esta ruralidad forma parte de la cuenca del río Guayuriba y que está antes de la desembocadura del río Manzanares de se denomina Río Negro.

1.4 GEOLOGÍA

Geológicamente la vereda Servitá está relacionada con los procesos evolutivos de la joven Cordillera Oriental, que es fuente de sedimentos y materiales consolidados que constituyen los sabanales de su influencia debido a los factores del clima, el relieve, el tiempo y los

² CABALLERO, Víctor; PARRA, Mauricio y MORA BOHÓRQUEZ, Andrés Roberto. Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno tardío- Oligoceno temprano: proveniencia sedimentaria en el sinclinal de Nuevo Mundo, cuenca valle medio del Magdalena. Bucaramanga. 2010. Boletín de geología. Vol 32 N° 1. p.46-47.

organismos vivos. Su morfología es abrupta estructuralmente y muy compleja, con fallas de cabalgamiento y deslizamientos laterales que han ocasionado levantamiento y plegamiento de rocas metamórficas y sedimentarias.

Los principales fenómenos en esta vertiente son los deslizamientos asociados con carcavamientos y en menor escala con respecto a los anteriores está la erosión Laminar, aspectos que se deben tener en cuenta en el desarrollo del proyecto porque morfodinámicamente se presentan procesos erosivos³.

Geológicamente es una vereda insegura debido a la “falla tectónica existente en el subsuelo de las vertientes montañosas altas al norte y por las colinas del piedemonte al sur con grandes depresiones y que están disectadas por las quebradas La Argentina y Negra que enmarcan la Falla de Servitá al Nordeste y la de Buenavista al sudeste, entre estas está la Falla Restrepo-Servitá”⁴

⁴KAMMER, A; TÁMARA, J. y ROBLES, W. Pliegues sobrepuestos en el anticlinal de Buenavista, piedemonte llanero. pdf. Bogotá. 2007. Boletín de geología Vol. 29 N°2. p.87

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Realizar el estudio de la oferta hídrica en la Quebrada Diamante, para la adquisición de la *concesión de aguas* y su mejoramiento para el Acueducto la Vereda Servitá a un mediano plazo de 15 años.

2.2 ESPECÍFICOS

1. Realizar estudios de la oferta hídrica de la Quebrada Diamante, para garantizar el caudal de abastecimiento hasta el año 2032.
2. Caracterizar la Quebrada Diamante aguas arriba de la bocatoma, para determinar las precipitaciones en la cuenca hidrográfica, la entomofauna lítica y biótica, el clima y sus caudales.
3. Ubicar topográficamente la bocatoma, para determinar los factores de contaminación y las condiciones actuales del sistema de acueducto.
4. Definir la metodología, para determinar el algoritmo del problema.
5. Establecer los análisis de resultados, vulnerabilidades, para concluir y definir las recomendaciones del proyecto.
6. Diseñar el estudio financiero, para determinar los costos del proyecto.

3 MARCO REFERENCIAL

3.1 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1.1 Unidades fisiográficas.

“Corresponden a una estribación de la Cordillera oriental, en las cuales las rocas del basamento más antigua de Colombia se pueden identificar tres regiones geológicamente diferentes (Oriental, Central y Occidental); la región Central está delimitada por la sutura del borde llanero al E y por la sutura de Romeral al W, e incluye el basamento de las cordilleras Oriental y Central, parte SE del basamento de la Sierra Nevada de Sta. Marta, basamento de la Sierra del Perijá y los Andes de Mérida.

La región Central está compuesta por rocas metamórficas de alto grado como granulitas y neises del Precámbrico, rocas metamórficas del Paleozoico temprano como filitas, esquistos, cuarcitas y migmatitas, y rocas plutónicas del Paleozoico y del Mesozoico; la Región Central incluye las unidades litoestratigráficas como: el Neis de San Lucas, Neis de Bucaramanga, Grupos de Cajamarca y Quetame entre otros”⁵.

Esta ruralidad forma parte de la cuenca del río Guayuriba y que está antes de la desembocadura del río Manzanares de se denomina Río Negro.

3.1.2 Geología.

Geológicamente la vereda Servitá está relacionada con los procesos evolutivos de la joven Cordillera Oriental, que es fuente de sedimentos y materiales consolidados que constituyen los sabanales de su influencia debido a los factores del clima, el relieve, el tiempo y los organismos vivos. Su morfología es abrupta estructuralmente y muy compleja, con fallas de cabalgamiento y deslizamientos laterales que han ocasionado levantamiento y plegamiento de rocas metamórficas y sedimentarias.

Los principales fenómenos en esta vertiente son los deslizamientos asociados con carcavamientos y en menor escala con respecto a los anteriores está la erosión Laminar, aspectos que se deben tener en cuenta en el desarrollo del proyecto porque morfodinámicamente se presentan procesos erosivos⁶.

Geológicamente es una vereda insegura debido a la “falla tectónica existente en el subsuelo de las vertientes montañosas altas al norte y por las colinas del piedemonte al sur con grandes depresiones y que están disectadas por las quebradas La Argentina y Negra que enmarcan la

⁵ CABALLERO, Víctor; PARRA, Mauricio y MORA BOHÓRQUEZ, Andrés Roberto. Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno tardío- Oligoceno temprano: proveniencia sedimentaria en el sinclinal de Nuevo Mundo, cuenca valle medio del Magdalena. Bucaramanga. 2010. Boletín de geología. Vol 32 N° 1. p.46-47.

Falla de Servitá al Nordeste y la de Buenavista al sudeste, entre estas está la Falla Restrepo-Servitá”⁷

3.1.3 Hidrología.

Nuestro país tiene suficientes recursos hídricos, tales como: océanos, lagunas, ciénagas, pantanos, esteros, ríos, quebradas, caños, arroyos, riachuelos y aguas subterráneas. Los procesos de trayectoria del agua hacia los océanos están diseñados naturalmente por:

- ✓ Precipitación, que corresponde a la lluvia, granizadas, nieve, escarcha o rocío.
- ✓ “Infiltración, este proceso corresponde a la capacidad que tiene el suelo para absorber el agua y transferirla a los niveles freáticos a través de la gravedad y la acción capilar del suelo. La tasa de infiltración depende de la estructura del suelo, el tipo de vegetación, el contenido de agua en el suelo, la temperatura del suelo y la intensidad de precipitación.
- ✓ Capacidad de infiltración, esta capacidad disminuye rápidamente durante la fase inicial de una tormenta, luego tiene una tendencia hacia un valor constante después de un par de horas. El agua antes de ser infiltrada llena los depósitos disponibles y reduce las fuerzas capilares que permiten la entrada del agua a los poros. Si el suelo es arcilloso sus moléculas se hinchan y reducen la porosidad, pero, en áreas donde la capa de suelo no está protegida por residuos forestales, las gotas de lluvia pueden separar las partículas del suelo superficial y lavar las partículas finas en los poros superficiales, lo que impediría el proceso de infiltración”⁸.
- ✓ Escorrentía, el agua que no se infiltra corre hasta llegar a formar parte de los recursos hídricos.
- ✓ Evaporación, una buena cantidad de agua que está en la superficie terrestre, se evapora por efectos de la temperatura del suelo o la transpiración de las plantas y la cual es transformada en nubes.

La cordillera oriental presenta el mayor número de lagunas, embalses y aguas subterráneas.

3.1.4 La hidrología y el cambio climático.

En el cuarto informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) publicado en el año 2007, se habla del calentamiento global como un fenómeno meteorológico de diversa forma y grado que afectará a los ecosistemas y en general a los sistemas socioeconómicos de las diferentes regiones del planeta. Este fenómeno está asociado al incremento del nivel agua oceánica, la reducción de los caudales de agua dulce, incremento de zonas desérticas y otros problemas de orden social por la escasez del agua para consumo humano.

“El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, en cumplimiento de sus funciones de informar al Estado y la comunidad colombiana acerca del ambiente,

⁷Ibít p.87

⁸ https://www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua

particularmente sobre el clima, ha venido desarrollando investigaciones para detectar las evidencias del cambio climático en Colombia y se determinó que un aumento de 0,13°C/década para 1971 a 2000 y que los escenarios de cambio climático proyectan un incremento de la temperatura de 1,4°C entre el 2011 y el 2040, de 2,4°C del 2041 al 2070 y 3,2°C para los años 2071 a 2100. También anota que a lo largo del S. XXI las precipitaciones decrecen del 15% al 36%. La humedad relativa decrece drásticamente principalmente en la Guajira, Cesar y Tolima”⁹.

3.1.5 Requerimiento hídricos de los ecosistemas.

La calidad del agua cruda captada varía considerablemente de una a otra fuente, entonces para estas aguas captadas en la quebrada Diamante, deben tener un tratamiento mínimo para garantizar su consumo humano.

Los seres humanos utilizan intensivamente el recurso hídrico tanto para sus necesidades biológicas y culturales básicas como para las variadas actividades económicas. Cada uno de los diferentes usos del agua, tiene unos requerimientos de calidad o características fisicoquímicas y biológicos particulares, por lo cual la oferta debe realizarse en términos cuantitativos de rendimientos de caudales.

De este modo, teniendo en cuenta lo dicho por el IDEAM, frente al consumo del agua, “la excesiva presión sobre una fuente de agua puede conducir a su desaparición”¹⁰, en este aspecto el proyecto capta una mínima porción de su caudal y se tiene el cuidado que los sobrantes lleguen nuevamente a su cuenca, de tal manera que no se alteren los requerimientos hídricos de los ecosistemas asociados a su cauce, preservando así su biodiversidad, productividad y estabilidad natural.

3.1.6 Enfermedades de origen hídrico.

“El abastecimiento de agua potable en las zonas rurales alcanza al 3% según la UNICEF/WHO, 2008; esta situación provoca que algunas Enfermedades Transmitidas por Agua Contaminada (ETA’s) por microorganismos patógenos como: bacterias, protozoos, virus (rotavirus), helmintos y otros, conduzcan a los pobladores y principalmente a la niñez a enfermedades diarreicas como fiebre tifoidea, cólera, giardiasis, hepatitis, disentería amebiana, escabiosis, infecciones por salmonella, shigelosis, gastroenteritis, esquistomiasis y dermatitis entre otras”¹¹.

“Según la OMS las bacterias más recurrentes en las aguas son:

- ✓ Giardia duodenalis (6%),
- ✓ Giardia lamblia (12,4%),
- ✓ Cryptosporidium sp (3%),
- ✓ Shigella sp (0,8%),

⁹ <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/escenarios-cambio-climatico>

¹⁰ DOMINGUEZ CALLE, Efraín Antonio, et al. Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. pdf. Bogotá. 2008. p.200.

¹¹ <https://blog.oxfamintermon.org/enfermedades-transmitidas-por-el-agua-contaminada/>

- ✓ Salmonella sp (0,7%),
- ✓ Echericha coli (13,9%),
- ✓ Campylobacter (2,3% - $p < 0,001$),
- ✓ Entamoeba histolytica (7,0%),
- ✓ Rotavirus ($p < 0,01$),
- ✓ E. coli ($p < 0,05$)
- ✓ Vibrio sp, Vibrio cholerae y enterobacterias¹².

3.1.7 Sustancias tóxicas.

“La presencia de sustancias tóxicas en el agua, como: plomo, mercurio, aluminio, cadmio, hierro y óxidos entre otras, forman una fase intermedia de la llamada *transición de riesgos ambientales*, cuyos efectos nocivos incluyen las intoxicaciones agudas y/o crónicas y están relacionadas con la ocurrencia de enfermedades”¹³.

3.1.8 Caudal ecológico.

Por definición el caudal ecológico es la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para mantener el hábitat del río y su entorno en buenas condiciones, considerando las necesidades de las poblaciones humanas, animales y vegetales, así como los requerimientos físicos para mantener su estabilidad y cumplir sus funciones tales como flujo de dilución, capacidad de conducción de sólidos, recarga de acuíferos, mantenimiento de las características estéticas y paisajísticas del medio y amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos. Después de los usos del agua para las diferentes actividades humanas hay que mantener un caudal para la naturaleza, que sirve para conservar la biodiversidad y las funciones ambientales.

“El ecosistema que puede sustentar el tramo de un río está condicionado a los agentes externos al cauce, por cuatro aspectos principales (Cubillo et al. 1990):

- La morfología del cauce.
- Las características del agua circulante, tanto en cantidad como en calidad.
- La fisicoquímica de la vertiente.
- El tipo de hábitat existente en lecho y orillas fluviales.
- Los recursos tróficos.

Además, un caudal puede ser considerado como ecológico, siempre que sea capaz de mantener el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial, es decir: a una fracción del caudal medio anual equivalente un décimo (0,10), teniendo en cuenta que los principales componentes de un ecosistema fluvial son:

- El hábitat como soporte físico del ecosistema.
- Los organismos que conforman la flora y fauna del río.
- El cauce del río que limita al ecosistema en su parte inferior.

¹² MADS. (2012). Diagnóstico nacional de salud ambiental. Bogotá. 2012. p.68-69.

¹³ <https://lamamapachama.wordpress.com/2015/02/07/contaminacion-de-aguas-por-metales-pesados/>

- La ribera que limita al ecosistema lateralmente”¹⁴

Según PANTOJA VALENCIA, Natalia¹⁵ los caudales ecológicos se pueden agrupar en 5 categorías, definidas así: técnicas puramente hidráulicas 20%, metodologías hidrológicas 11%, eco hidráulico 28%, metodologías holísticas 8% y otros 23%.

3.1.9 Diseño de plantas para purificación de agua.

“Este diseño está sustentado básicamente en las características del agua cruda captada y que, debido sus condiciones ambientales, facilita los procesos básicos para que cumpla con los requisitos mínimos de purificación y así poder garantizar su uso doméstico, como se describe a continuación:

Tabla 1. Proceso de tratamiento preliminar y purificación del agua.

Proceso	Propósito
Captación	Recolección de aguas a través de una estructura aforada.
Aireación	Remoción de olores y gases disueltos, es natural in situ.
Criba	Remoción de desechos grandes que puedan obstruir la tubería.
Desarenador	Remoción de gravas y arenas que puedan afectar la conducción del agua.
Filtrado	Para evitar el paso de material particulado diminuto y gran cantidad de microorganismos.
Desinfección	Eliminación de agentes patógenos.
Pretratamiento químico	Para la remoción eventual de algas y otros elementos acuáticos que puedan causar sabor, olor y color al agua.

Fuente: Romero R., J. 2002. Citado por FÚQUENE YATE, Diana Marcela”¹⁶.

3.1.10 Análisis del sistema de tratamiento de agua cruda.

El tratamiento para la purificación del agua cruda del sistema de abastecimiento de la microcuenca el Diamante, depende generalmente de sus características fisicoquímicas y microbiológicas, además, de la experiencia en el manejo del filtro Poly Glass Structural u otro con carbón activado y dosificador automático de cloro, modelo 012-003-A-006 Panda, para lo cual el operario es calificado en esta competencia laboral.

Según los criterios de calidad de agua establecidos por la Resolución 2115 de 2007, se tiene la siguiente descripción:

¹⁴ VÉLEZ UPEGUI, Jaime I. y RÍOS ROJAS, Liliana. Seminario internacional sobre eventos extremos mínimos en regímenes de caudales: diagnóstico, modelamiento y análisis. pdf. Medellín. 2004. p.4.

¹⁵ PANTOJA VALENCIA, Natalia. Estimación de caudales ecológicos mediante métodos hidrológicos, hidráulicos y ecológicos en la quebrada El Conejo. pdf. Mocoa. 2017. Universidad Javeriana. p.17

¹⁶ FÚQUENE YATE, Diana Marcela. *Sistemas de Abastecimiento de Agua*. pdf. Bogotá. 2011. Unad. p.39

Tabla 2. Características químicas del agua.

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias.	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias.	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Cianuro libre y disociable	CN ⁻	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos totales	THMs	0,2
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Fuente: Resol. 2115 de 2007 Art. 5°.

Tabla 3. Características microbiológicas del agua potable.

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/ 100 cm ³	0 UFC/ 100 cm ³
Enzima sustrato	<1 microorganismo en 100 cm ³	<1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia/ ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: Resol. 2115 de 2007 Art. 11.

3.1.11 Filtración del agua cruda para controlar los parámetros de turbidez.

Este proceso se lleva a cabo aprovechando la presión del agua debido a la gravedad por la ubicación de la cámara de quiebre en la cota 1.150 m.s.n.m., para separar los residuos sólidos en forma de material particulado que cambian el color y sabor natural del agua y para ello se utiliza un filtro de Poly Glass Structural, es autolimpiante y distribuye el agua de manera uniforme. El material de fabricación es duradero y no permite la corrosión, trabaja a presiones superiores a 150 psi, este dispositivo se instala a la entrada del agua a la planta.

3.1.12 Desinfección del agua cruda con cloro.

“La cloración del agua se lleva a la práctica mediante el burbujeo del cloro gaseoso o mediante la disolución de los compuestos de cloro y posterior dosificación. El cloro en cualquiera de sus formas se hidroliza al entrar en contacto con el agua, formando ácido hipocloroso (HOCl) al diluir hipoclorito de sodio (NaOCl) en agua, o con el hipoclorito de calcio (Ca(OCl)₂) en el

cual se producen los siguientes compuestos: cloraminas, dicloraminas y tricloraminas en la presencia de amoníaco en el agua. Las cloraminas sirven como desinfectantes del agua en una reacción química muy lenta. De igual manera se forma el ácido clorhídrico (*HCl*) y los hidróxidos de calcio y sodio respectivamente¹⁷.

Tabla 4. Características del desinfectante.

Factores especiales	Hipoclorito	Cloraminas
Clase de uso	Primario y secundario	Secundario
Eficacia del desinfectante: Bacterias, Virus, Protozoos Helmintos	Excelente	Deficiente
	Excelente	Deficiente
	Regular	Muy deficiente
	Bueno	-----
Influencia de: pH	El aumento reduce la	pH>7, monocloraminas pH<5, dicloraminas.
Alta turbiedad o sólidos suspendidos.	Eficiencia. Protege a los microorganismos.	Protege a los microorganismos.
Disminución de temperatura Amoníaco y productos orgánicos.	Reduce la eficiencia.	Reduce la eficiencia.
	Forman compuestos órgano clorados.	Poco efecto.
Efectos del desinfectante Sobre la salud. Sobre el olor y el sabor.	Ninguno a la dosis normal. Insignificante en la presencia de productos orgánicos.	Ninguno a la dosis normal. Insignificante.
Derivados importantes Olores y sabores.	De la reacción con productos orgánicos y fenoles.	Ninguno para monocloraminas. Moderado para docloraminas. Alto para tricloraminas. Se forma cloruro de cianógeno.
Productos indeseables	Trihalometanos, ácido acético clorado, haloácido, nitrilos y otros.	
Tiempo de contacto	30 minutos	Muy largo

Fuente: OPS/CEPIS. SOLSONA, F. y MÉNDEZ, J., P. p.15.

¹⁷ OPS/CEPIS. SOLSONA, F. y MÉNDEZ, J., P. *Desinfección del agua*. Lima, Perú. 2007. p.12

Tabla 5. Desinfección de agua cruda contaminada, usando cloro de 2mg/L.

Cloro libre (%)	Volumen por recipiente en litros (L)			
	1	10	15	20
0,5	8 gotas	4 mL	6mL	8 mL
1,0	4 gotas	2 mL	3 mL	4 mL
2,0	2 gotas	1 mL	1,5 mL	2 mL
5,0	1 gota	8 gotas	12 gotas	16 gotas
10,0	1 gota	4 gotas	6 gotas	8 gotas

Fuente: OPS/CEPIS. SOLSONA, F. y MÉNDEZ, J., P. p.26

3.1.13 Componente social

El componente social de la vereda Servitá, está conformado por un nivel de estratificación, regularmente de estirpe campesina, con bajos niveles de escolaridad, agricultores, comerciantes y algunos profesionales con desempeño técnico, tecnológico o de postgrado ocasionalmente.

3.1.14 Dimensión socioeconómica.

La caracterización del desarrollo espacial y económico de la vereda y en general de todo el corregimiento, está sustentado en el desempeño agrario, la silvicultura, algunas tiendas y restaurantes, el tráfico de la actividad de transporte de hidrocarburos con más de 2.000 tractomulas/día y que regularmente se hospedan en Servitá, una ruta de buses urbanos y una empresa de transportes de pasajeros que cubre la ruta Pipiral-Villavicencio y viceversa.

3.1.15 Turismo.

Aún no es explotado como tal, por falta de inversionistas o de proyección de la comunidad para realizar el proyecto de sendas o caminos ecológicos, camping y montañismo entre otros, para que esta región adquiera un mayor poder adquisitivo del dinero con una economía de mayor estabilidad socioeconómica.

3.1.16 Demografía.

En estos asentamientos humanos, como es normal, se presenta trashumancia, migraciones y fallas definitivas que hacen a la comunidad más diversa socioculturalmente y con hábitos de vida diferentes y de crecimiento poblacional como lo indican las estadísticas mundialmente.

Según MINSALUD, el crecimiento de la población del Departamento del Meta desde el año 2005 hasta el 2010 es de 141.586 personas, equivalente al 18,10% y del año 2010 al 2020, se espera un crecimiento del 16,45%¹⁸. La proyección del DANE para el 2020 en sector rural

¹⁸ MINSALUD. Análisis de situación de salud (ASIS) Meta. Dirección de epidemiología y demografía. Bogotá. 2013. p.12.

de Villavicencio es de 23.725 personas¹⁹ y el equivalente ponderado para la vereda Servitá será de 200 habitantes.

3.1.17 Impacto ambiental.

Según la RAS 2000 Título A, literal A.1.2.3, dice que: para la ejecución de las obras inherentes a la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias, obtendrán *Licencia Ambiental* aquellas actividades que pueden producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al paisaje, tal como lo expresen las disposiciones legales vigentes.

Según la RAS 2000 Título A, literal A.1.2.3, dice que: para la ejecución de las obras inherentes a la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias, obtendrán *Licencia Ambiental* aquellas actividades que pueden producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al paisaje, tal como lo expresen las disposiciones legales vigentes.

Todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua, tomada directamente de fuentes naturales, deberá observar y contemplar el pago de las Tasas por Utilización de Aguas prevista en el artículo 43 de la Ley 99 de 1993, que dice:

“Tasas por Utilización de Aguas. La utilización de aguas por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, dará lugar al cobro de tasas fijadas por el Gobierno Nacional que se destinarán al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos, para los fines establecidos por el artículo 159 del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974. El Gobierno Nacional calculará y establecerá las tasas a que haya lugar por el uso de las aguas”.

Debido a la edad que tiene este servicio de acueducto, más de 45 años, el impacto ambiental es mínimo porque la tubería ya forma parte del paisaje y además no hay excavaciones ni otras obras civiles que pongan en riesgo el suelo. De todas maneras, la Junta de Acción Comunal se compromete a elaborar un plan de reforestación protectora para mitigar el impacto ambiental sobre la cota 1440 m.s.n.m en concordancia con la corporación autónoma regional Cormacarena.

3.1.18 Reducción de la oferta hídrica en la quebrada Diamante.

La reducción de la oferta hídrica en la Quebrada Diamante forma parte del impacto ambiental negativo que se está suscitando sobre el planeta tierra, ocasionado en primera instancia por el calentamiento global, la intervención antrópica y los procesos geológicos.

¹⁹ DANE. Proyecciones de población municipales por área. Bogotá. 2005-2020.

El estado del recurso hídrico en la Quebrada Diamante, no es ajeno a la orografía y los regímenes climáticos de Colombia, lo expresa la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, MADT (2010), más sin embargo cuando se considera en detalle que la población y las actividades socioeconómicas se ubican en regiones de baja oferta hídrica, el preciado líquido no satisface los ecosistemas y que es mayor el impacto ambiental negativo de origen antrópico sobre las aguas, concluyendo así que la disponibilidad del recurso es cada vez menor.

“La precipitación media anual en Colombia es de 3.000 mm con una evapotranspiración de 1.180 mm con una correntía medial anual de 1.830 mm, entonces el volumen de precipitación anual es el 61% de la escorrentía superficial que genera un caudal medio de 67.000 m³/s que es equivalente a un volumen anual de 2.084 km³ que se escurren por las cinco grandes vertientes hidrográficas del territorio nacional. De la siguiente forma el 11% de la región Magdalena-Cauca, el 5% de la región Caribe, el 18% de la región Pacífico, el 34% de región Amazonía y el 32% de la región de la Orinoquia”²⁰.

La oferta y disponibilidad de agua superficial por escorrentía per cápita total en el país es de 57.000 m³/ año y que la oferta neta presenta reducciones por la alteración de la calidad y la regulación natural, alcanzando a 1.260 km³, que corresponden a una disponibilidad de 34.000 m³/persona/año, pero, en el tiempo seco esto se reduce 26.700 m³/persona/año²¹.

Para el caso puntual de la quebrada Diamante, la reducción de la oferta hídrica, está sustentada y documentada con los cálculos de las condiciones hídricas de esta fuente, que se pueden observar en la página 40.

3.2 MARCO HISTÓRICO

Estos asentamientos rurales de una vieja data se han dado por la influencia de la carretera que de Villavicencio conduce a Bogotá, la presencia de la Escuela, el extinto retén de rentas, la Inspección de Policía y una capilla. Fue así como talentosos agricultores y comerciantes - Leonardo Antonio Calderón, Jorge Leal, Agustín Vargas e Isidoro Rincón entre otros (QPD) - influyeron en la conformación del Acueducto Servitá, para mejorar las condiciones socioeconómicas de este grupo humano con problemáticas ambientales debidas a la escasez de agua para el uso doméstico y la salubridad pública.

Por su ubicación geográfica la Vereda de Servitá, está entre dos grandes cuencas hidrográficas la de Río Negro y la del Río Guatiquía, que forman parte del contexto histórico en la evolución de este tejido socio cultural que con su desarrollo propenden por una mejor patria.

²⁰ IDEAM, informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia 2004

²¹ MADT. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. pdf. p.23

Por este paisaje montañoso, estaba el camino real que conducía desde Arauca hasta Bogotá, por el cual los ganaderos llevan al mercado sus ganaderías en travesías que duraban más 25 días de viaje.

“Su historia climática se referencia dentro de las estadísticas del municipio de Villavicencio desde 1997 al 2000, y que se resume en los siguientes valores medios:

- ✓ Precipitación anual promedio: 3.111mm.
- ✓ Días con lluvia: 197.
- ✓ Precipitación máxima promedio en 24 horas: 145,9mm.
- ✓ Temperatura media: 21°C.
- ✓ Brillo de la luz promedio: 21,4 HRS/mes.
- ✓ Humedad relativa promedio: 81%”²².

Para la creación de este acueducto, se captaron recursos con diferentes políticos de la región y la comunidad colaboró con bazares y mano de obra, con el lema “Todos juntos por el Acueducto” y se alcanzaron los logros:

- ✓ La Junta de Acción Comunal se estableció con la Personería Jurídica 1125 de 1963.
- ✓ La Escuela Servitá se construyó y tiene Licencia de Funcionamiento desde el año 1967.
- ✓ La capilla católica está al servicio de la comunidad desde el año 1967.

Para el año 1999 el PROYECTO RÍO GUATIQUÍA²³ “ejecutó su tercera etapa desde la Finca la Florida para Loma Servitá, con proyectos de estabilización de suelos y estudios de investigación científica en el ámbito ambiental, flora y fauna”.

3.2.1 Caudal histórico en la bocatoma.

Según RINCÓN, Isidoro y otros²⁴, “quienes midieron el caudal volumétricamente, que estaba entrando al tanque desarenador, obtuvieron un resultado de 5 L/s”.

3.3 MARCO LEGAL AMBIENTAL

- Constitución Política de Colombia.
- Decreto 2811 de 1974, código nacional de recursos naturales renovables y de protección del medio ambiente.
- Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el “Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”.
- Ley 009 de 1979, por la cual se expide el código sanitario.

²² Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

²³ GTZ, Sociedad alemana de cooperación técnica. (1999)

²⁴ RINCÓN, Isidoro. Se desempeñó como Presidente de JAC, Fontanero del Acueducto Servitá y fue un gran Líder Comunal.

- Ley 373 de 1997, sobre el ahorro y uso eficiente del agua.
- Ley 388 de 1997, por la cual modifica la Ley 9° de 1989 y la Ley 3° de 1991 y se dictan otras disposiciones.
- Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
- Ley 142 de 1994, por la que se establece la regulación de los servicios públicos domiciliarios.
- Decreto 475 de 1998, del Ministerio de Salud Pública y Desarrollo Económico, por el cual se expiden las normas sobre calidad del agua potable.
- Resolución 1096 de 2000, por la cual adopta el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico- Revisión 1.
- Decreto 1575 de 2007, por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
- Resolución 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- Resolución 12186 de 1991, por la cual se fijan las condiciones para los procesos de obtención, envasado y comercialización de agua potable tratada con destino al consumo humano.
- Resolución 0811 de 2008, por la cual se definen los lugares o puntos de muestreo.
- Decreto 2041 de 2014, concesión de aguas superficiales.
- Ley 1801 de 2016, Nuevo Código de Policía.
- Resolución 0908 de 2016, por la cual se otorga una licencia ambiental global y toman otras determinaciones.
- Resolución 549 de 2017, que incorpora los criterios y actividades mínimas de los estudios de riesgo, y se dictan otras disposiciones.

3.3.1 Acuerdos y normas internacionales.

- Río+20.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)
- Acuerdo de París, para ratificar en el 2020.
- Protocolo de Kyoto, para reducir las emisiones de efecto invernadero.
- Enmienda de Doha al Protocolo de Kyoto.
- Reforma del régimen de comercio de derechos de emisión de UE.
- Acuerdo de Copenhague.
- Acuerdos de Marrakech.
- Acuerdos de Cancún.

3.3.2 De la servidumbre.

La red del acueducto cruza por cinco predios y tienen servidumbre por voluntarios propietarios de terrenos de la Vereda Servitá, con las siguientes matrículas inmobiliarias:

- Finca El Diamante, matrícula N° 230-3519.
- Finca El Encanto, matrícula inmobiliaria No. 230-47519.
- Finca La María, matrícula inmobiliaria No. 230-130616.
- La Selva, matrícula inmobiliaria No. 230 -20309.
- Finca Periquera, matrícula inmobiliaria No. 230-29371.

4 CARACTERIZACIÓN DE LA QUEBRADA DIAMANTE SOBRE LA COTA 1440 m.s.n.m.

4.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES

La disponibilidad del agua está directamente relacionada con la cantidad y época de la ocurrencia de las precipitaciones, las presiones, la cota geográfica y la distancia al mar. La siguiente tabla presenta una descripción pluviométrica durante los últimos 120 meses:

Tabla 6. Intensidad de lluvias hasta marzo de 2017.

Año	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Precipit	1446	1102,8	1160	1111	1045,3	1169,5	1128,13	1096,3	918	1460,5
Días	258	276	240	261	288	271	248	259	264	271

Fuente: IDEAM. Estación 35030290 Servitá.

Gráfica 2. Intensidad de lluvias en la Vereda Servitá.



Fuente: IDEAM. Estación 35030290 Servitá.

Cálculo de la media pluviométrica	= 1.230,8 m. m.
Cálculo de la media de días lluviosos	= 268,4 días.
Cálculo de la moda pluviométrica	= 1156,0 m. m.
Cálculo de la moda de los días lluviosos	= 273 días.
Brillo solar.	= 1444 HRS/ Mes
Humedad relativa.	= 81%

4.2 CARACTERÍSTICA FLUVIAL

Estas aguas son vertidas a la cuenca de Río Negro, arrastrando gran cantidad de materiales como rocas de diferentes tamaño, suelo y vegetación en general.

4.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA CRUDA SEGÚN LA ENTOMOFAUNA LÓTICA

El agua es un recurso fundamental para los seres vivos que, por factores principalmente antrópicos se ve afectada por contaminantes, para lo cual el IDEAM 2003²⁵ con base en sus mediciones y amparado en el Art. 24 del reglamento aprobado por el Decreto 3930 de 2010, “le permiten tener información sobre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (SS), pH, oxígeno disuelto (OD), coliformes totales y coliformes fecales, destaca la contaminación en varios ríos del territorio nacional y que puede ser aplicado a otras fuentes hídricas”.

Para lo cual algunos investigadores reportan la siguiente información:

“El Consejo del Programa Nacional de Medio Ambiente y el Hábitat, de Colciencias, relacionaron las investigaciones sobre micro crustáceos e insectos, que pueden servir como indicadores del impacto ambiental en medios acuáticos, entre estos se tiene a los *efemerópteros* que pasan la mayor parte de sus vidas en estado de larva y pasan a la siguiente fase como moscas de agua, y los *plecóptera* que viven adheridos a las rocas, piedras y troncos del agua”²⁶.

Barreto et al. 2005²⁷ citado por la Universidad Nacional en Entomofauna lótica, registraron un *Gripopterygidae* a 3533 m.s.n.m que son indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas.

“Los *Neuropterida: Megaloptera* viven en aguas corrientes limpias, debajo de piedras troncos y vegetación sumergida y se pueden considerar de aguas libres de fitoplancton y sustancias nutritivas o levemente mesotróficas. Los *Hemiptera: Hepteroptera* o verdaderos chinches viven en remansos, ríos y quebradas, son poco resistentes a las corrientes rápidas y algunas especies son resistentes a cierto grado de salinidad y las temperaturas de los termales”²⁸.

“McCafferty¹(1981), Roldán (1988 - 1992), González y García (1995) citados por Cortolima en Biodiversidad, incluyen a los taxones como *Moluscos, Crustáceos (Anfípodos, Isópodos y Decápodos), Tubelarios, Oligoquetos, Hirudineos y otros insectos como los coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, neurópteros y tricópteros* que viven en el fondo de lagos y ríos enterrados en el fondo, sobre rocas, troncos sumergidos, adheridos a la vegetación flotante o enraizada, mientras que otros nadan libremente dentro del agua o en la superficie”²⁹.

²⁵ Tiene como objeto establecer las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.

²⁶ PUJANTE MORA, Ana María. Los artrópodos como bioindicadores de la calidad de las aguas. pdf. Valencia. 1997. Bol. S.E.A., N°20: 277-284. p.1-2

²⁷ BARRETO, Gildardo; REINOSO, Gladys; VILLA, Francisco. Primer registro de Grypopterygidae (insecta: Plecóptera) para Colombia. Ibagué. 2005. Caldasia 27(2):243-246

²⁸ CONTRERA RAMOS, A. Megalóptera (insecta: Neuropterida) de México. México, D.F. 2000. Instituto de Biología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto N° K022. p.12-18.

²⁹CONVENIO CORTOLIOMA –CORPOICA-SENA-UNITOLIMA. Proyecto plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica mayor del Río Coello. 2.10 Biodiversidad. pdf. Ibagué. 2003. p.528

En estas aguas se observaron algunas libélulas, moscas de agua y otros pequeños insectos nadadores y adheridos a las rocas que, según su clasificación antes mencionada, corresponde a: Ephemera dánica, Ecdyonurus venous, género Epeorus (Assimilis) entre otros³⁰.

4.4 CARACTERIZACIÓN DEL CAUDAL AGUAS ARRIBA DE LA BOCATOMA

In situ se hace la observación morfológica de la quebrada Diamante para identificar la disponibilidad hídrica a ofertar en el Acueducto Servitá, el diagnóstico se hace a través de la información bibliográfica y otras fuentes de primera instancia, que cuenta de la cuantificación y estudio de la demanda hídrica y la disponibilidad de agua cruda, garantizado así el fluido suficiente para la población intergeneracional a 15 años.

Debido a su irregularidad temporal, se optan por estrategias manuales con mangueras y canaletas captar de destila de la montaña para conducirla a bocatoma.

Se llevan a cabo los diferentes aforos de agua para medir y ponderar los caudales y determinar su viabilidad ante la norma legal vigente.

Tabla 7. Los caudales han sido medidos volumétricamente, con los siguientes aforados:

Sitio	Cantidad
Caudal histórico (1992 - 1996)	5,0 L/s
Caudal aguas arriba de la bocatoma	5,0 L/s
Caudal que entra al desarenador	3,17 L/s
Caudal ecológico	0,26 L/s

Fuente: El autor. Ver anexo K.

Cabe anotar que debido a la porosidad del terreno el agua tiene procesos de infiltración muy notorios.

4.5 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA CRUDA PARA CONSUMO HUMANO

En los términos de la Resol. 2115 de 2007 Art. 11, las características microbiológicas del agua para el consumo humano se deben enmarcar dentro de los valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad

³⁰ Alba-Tercedor, J. Orden Ephemeroptera. pdf. Granada: Universidad de Granada.p.3-4.

Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 mL de muestra. Ver tabla 4 y Anexo E.

4.6 CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA SEGÚN LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CAPTADA

Desde el punto vista del agua cruda para consumo humano, esta depende de la calidad que garantice su potabilización para evitar la transmisión de enfermedades intestinales dicho por el Dr. PINHEIRO Pedro³¹, como la diarrea, náuseas y vómitos entre otras. Ver anexo F.

4.7 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE TIENEN EFECTO ADVERSO EN LA SALUD HUMANA

En términos de la Resolución 2115 de 2007, señala las características, instrumentos básicos y sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, listando a: Antimonio (Sb), cuya exposición, dice Lenntech³², puede provocar irritación oftálmica y dérmica, enfermedades pulmonares, del corazón y úlceras estomacales.

Arsénico (As), el arsénico inorgánico es más tóxico que el orgánico, dice la ATDSR³³, que su interacción con las macromoléculas orgánicas inhibe la ruta de oxidación del piruvato y el ciclo de ácido tricarbóxico, afecta la glucogénesis y reduce la fosforilación oxidativa.

Mercurio (Hg), dice REYES, Yulieth et al³⁴, afecta principalmente el SNC produciendo daños irreversibles en el cerebro y el estado fetal. Entre otros. Ver tabla 4, Pág. 30.

4.8 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE TIENEN CONSECUENCIAS ECONÓMICAS SOBRE LA SALUD HUMANA

“Regularmente estos efectos suelen suceder a largo plazo, con exposiciones repetitivas, denominada como toxicidad crónica, entre las cuales están el cáncer, las alteraciones genéticas y la toxicidad en el SNC. Se incluyen las sustancias que favorecen el crecimiento excesivo de algas o plantas que dificultan la vida acuática (sustancias eutrofizantes) como los nitratos y sustancias con capacidad de disolverse o permanecer en el agua como los plaguicidas”³⁵.

³¹ <https://www.mdsau.de.com/es/2016/06/enfermedades-transmitidas-por-el-agua.html>

³² <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/sb.htm>

³³ https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/cambios_patogenicos.html

³⁴ REYES, Yulieth et al. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria.pdf. Sogamoso: 2016. Revista de ingeniería, investigación y desarrollo, Vol. 16 N° 2. p.1

³⁵ <http://www.istas.net/web/index.asp?idpagina=3461>

Tabla 8. Características químicas del agua.

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico.	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza total	CaCO ₃	300
Hierro total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5

Fuente: Resol. 2115 de 2007 Art. 7°.

4.9 ÍNDICE DE RIEGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (IRCA)

Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

Este indicador es el resultado de asignar el puntaje de riesgo contemplado en el Cuadro No. 6 de la Resolución No. 2115 de 2007 a las características contempladas allí por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en dicha resolución. Cuando el puntaje resultante está entre 0 y 5% el agua distribuida es apta para consumo humano y se califica en el nivel sin riesgo. Cuando el IRCA está entre 5.1 y 14% ya no es apta para consumo humano, pero califica con nivel de riesgo bajo; entre 14.1 y 35% califica con nivel de riesgo medio y no es apta para consumo humano; cuando el IRCA clasifica entre 35.1 y 80% el nivel de riesgo es alto y entre 80.1 y 100% el agua distribuida es inviable sanitariamente.

Cuando el IRCA mensual indica que el agua no es apta para consumo humano, la Resolución No. 2115/2007 ordena una serie de acciones para su mejora, siendo las más drásticas y de mayor intervención cuando el agua es inviable sanitariamente.

Tabla 9. Valores del IRCA.

Característica	Puntaje de riesgo
Color aparente	6
Turbiedad	15
Ph	1,5

Cloro residual libre	15
Alcalinidad total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza total	1
Sulfatos	1
Hierro total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al ³⁺)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes totales	15
Echerichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente: Resolución 2115 de 2007 Art. 13°.

5 DISEÑO METODOLÓGICO

En esta metodología se diseña un panorama general del gran estadio normativo que Colombia tiene en materia de aguas crudas, su uso y otros determinantes como los expuestos en la Resolución 2115 de 2007, acuerdos y normas internacionales que hacen referencia al cambio climático.

A través de las visitas a la bocatoma y diferentes consultas, se realizaron las caracterizaciones de la Quebrada Diamante aguas arriba de la bocatoma para determinar: el régimen de precipitaciones, factores climáticos, entomofauna lítica, caudales, aspectos microbiológicos, fisicoquímicos, químicos y el IRCA entre otros.

La identificación de la estructura del Acueducto Servitá se hace con personal técnicamente capacitado en estas competencias, para tomar la información necesaria que será utilizada en los procesos de cálculos, en los cuales se determina el caudal histórico, se miden los caudales actuales, el estiaje y con las bases estadísticas del DANE se calcula la oferta- demanda para el año 2032.

Al finalizar la línea madre de conducción de estas aguas, se instala un sistema práctico para adecuar el agua para el consumo humano, el sitio se ubica en concordancia con las normas técnicas en cumplimiento de la RAS 2000 Título C y el Decreto 1575 de 2007 y la disponibilidad del terreno donado para estos menesteres.

Otros capítulos del proyecto están diseñados metodológicamente, para incluir los pasos de legalización de captación de aguas, los requisitos de autorización sanitaria, la identificación de las estructuras del acueducto, los cálculos de la demanda actual de agua y su proyección a largo plazo, análisis de aguas crudas, pasos para la desinfección del agua captada, el análisis de resultados y vulnerabilidad, estudio financiero, productos esperados, cronograma, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

La descripción de la “oferta hídrica y sistema de tratamiento para suplir la necesidad de abastecimiento de agua en la Vereda Servitá”, provee una información enmarcada en la ubicación de la problemática con sus aspectos geológicos, hidrológicos, la caracterización de la fuente denominada Quebrada Diamante y los procesos de cuantificación para medir los caudales y determinar su estabilidad hídrica a largo plazo.

El marco referencial define la información sustancial cualitativa del proyecto para la captación de las aguas de la fuente hídrica en mención, en concordancia con las normas legales vigentes, para determinar el caudal ecológico, preliminares del proceso de purificación del agua con sus respectivas tablas de valores, componentes de la dimensión socio económica, demográfica e impacto ambiental entre otras.

5.1 PROCESO DE DESINFECCIÓN DEL AGUA CRUDA

Paso 1.

Evaluación de la cantidad de cloro que se va a dosificar en la red. En cumplimiento de la Resolución 2115 de 2007 Art. 11, el agua para el consumo humano debe cumplir con los siguientes valores admisibles desde el punto de vista microbiológico expresados en la Tabla 4 según la Resol. 2115 de 2007 Art. 11.

Paso 2

Preparación de las soluciones de los productos líquidos (no gaseosos) para purificar el agua.

“La preparación de las soluciones de los productos líquidos (no gaseosos). Cuando se trata de otros productos de cloro sólidos o en concentraciones que no se ajustan a las requeridas es necesario hacer la dilución, las fórmulas que rigen la cantidad de agua de disolución requerida para obtener una solución de hipoclorito con una concentración de cloro activo que permita su fácil manejo y control por el dosificador”³⁶.

Hipoclorito de sodio o lejía $NaClO$.

Descripción, es comercializado en concentraciones variables de cloro activo del 10% al 15%.

Agua de disolución requerida, definida la concentración final de la solución de cloro (C_f) a ser empleada por el dosificador, se calcula el volumen de disolución (V_d) que será agregada a la solución matriz, según la siguiente ecuación:

$$V_d = C_o * \frac{V_o}{C_f} - V_o \text{ de donde,}$$

C_o : Es la concentración inicial de la solución expresada en g/L.

V_o : Es el volumen inicial de la solución expresada en L.

C_f : Concentración esperada de la solución expresada en g/L.

El Acueducto Servitá oferta agua para 200 habitantes a razón de 100L/hab/día con un racionamiento en las horas de la noche, luego, la cantidad de agua a purificar es:

$$\text{Agua total ofertada} = 2,00Ls^{-1} * 3600s * 12h = 86.400 L/día$$

$$\text{Agua total demandada} = 100L * hab^{-1} * día^{-1} * 200 hab = 20.000 L/día .$$

$$\% \text{ de la demanda} = \frac{20.000L * 100}{86400 L} = 23,15\%$$

La demanda total de agua es del 23,15%

Cálculo para el hipoclorito de sodio ($NaOCl$)

Ejemplo 1.

Se tienen 50 L de hipoclorito de sodio al 10% (0,1) y se requiere preparar una solución de concentración al 2% (0,02). ¿Cuánta agua se debe agregar?

$$V_d = C_o * \frac{V_o}{C_f} - V_o = \frac{0,1g}{L} * 50L}{0,02} - 50L = 200L.$$

Debe diluirla en 200L de agua cuya concentración será del 2%.

³⁶SOLSONA, Felipe y MÉNDEZ, Juan P. Desinfección del agua. pdf. Lima. 2002. CEPIS-OPS/OMS. p.32-33

Entonces, para consumo humano según OPS/CEPIS, se debe tener en cuenta la siguiente

ecuación: $v = \frac{V * D}{k * C}$, de donde:

v : Es el volumen de solución de hipoclorito requerido en mL.

V : Volumen de agua a desinfectar en litros.

D : Dosis a lograrse en mg/L.

C : Concentración % de cloro disponible en la solución de hipoclorito.

k : Es una constante (10)

Se deben purificar 20.000L de agua con hipoclorito de sodio al 4% (0,04), comercialmente se encuentra al 10% (0,1). ¿Cuántos L de NaClO se deben utilizar?

$$v = \frac{V * D}{k * C} = \frac{20000L * 1mg/L}{10 * 4} = 500 L$$

Entonces para purificar 20.000 L de agua cruda se requieren 500 L de hipoclorito de sodio al 4%.

Hipoclorito de calcio $Ca(ClO)_2$.

Descripción, es un sólido que contiene cloro activo regularmente al 60%.

Agua de disolución requerida, definida la concentración final (Cf) a ser empleada por el dosificador, se calcula el volumen de disolución (Vd) que será agregada a la masa de hipoclorito de calcio sólido, según la siguiente ecuación:

$Vd = \% * P / Cf$ de donde,

$\%$: Es el porcentaje de cloro activo del producto.

P : Peso del hipoclorito de calcio sólido en kg.

Cf : Concentración esperada de la solución expresada en g/L.

Ejemplo 2:

Diluir 2,0 kg de hipoclorito de calcio al 60% (0,6) para obtener una solución al 2% (0,02). ¿En cuánta agua se debe diluir?

$Vd = \% * \frac{P}{Cf} = 0,6 * \frac{2000g}{\frac{0,02g}{L}} = 60L$. Se requieren 60 L de agua para hacer la disolución.

Se deben purificar 20.000 L de agua con hipoclorito de calcio al 60% (0,60). ¿Cuántos kg de $Ca(ClO)_2$ se deben utilizar, si la disolución es al 2% (0,02)?

$$Vd = \% * \frac{P}{Cf} \therefore P = \frac{Vd * Cf}{\%} = \frac{20.000L * 0,02g/L^{-1}}{0,6} = 666,67 g.$$

Se requieren 666,67 g para purificar los 20.000 L de agua.

Paso 3

“Calibración del dosificador. La calibración del dosificador depende de:

- Las características del producto a emplear (gaseoso, líquido o sólido).
 - La dosis de cloro necesaria para obtener la concentración de cloro residual esperada en el extremo de la red.
 - El caudal de agua a desinfectar. En el caso de los manantiales se debe considerar el caudal máximo”³⁷.

5.2 CÁLCULO Y AFOROS DE CAUDALES

Los aforos de caudales se llevan a cabo en tres sitios previamente determinados y en cada uno de ellos se aforan 10 litros de agua 10 veces debidamente cronometrados, así:

- ✓ Ocho (8) metros aguas arriba de la bocatoma.
 - ✓ Entrada al tanque desarenador.
 - ✓ Ocho (8) metros aguas debajo de la bocatoma.
- Caudal aforado aguas arriba de la bocatoma.

Tabla 10. Caudal aforado aguas arriba de la bocatoma.

Caudal en la cámara de quiebre		
N° aforo	Tiempo (s)	Capacidad (L)
1	2,35	10
2	2,12	12
3	2,15	12
4	2,19	11,5
5	2,24	11,6
6	2,21	11
7	2,43	12
8	2,41	12
9	2,75	12
10	2,35	12
	23,2	116,10
	1	5,00

Fuente: El autor.

$$Q_1 = \frac{116,10L}{23,20s} = 5,00 \text{ L s}^{-1}$$

El caudal sobrante aforado a 8,0 m de distancia aguas arriba de la bocatoma es de 5,00L/s

Caudal aforado que entra al tanque desarenador.

Tabla 11. Caudal de agua aforado que entra al tanque desarenador.

Caudal que entra a la bocatoma.		
N° Aforo	Tiempo (s)	Capacidad (L)

³⁷ Ibíd. p.33

1	3,82	11,0
2	3,60	11,5
3	4,00	12,0
4	3,6	12,0
5	3,95	12,0
6	4,02	12,0
7	3,55	12,0
8	3,62	12,0
8	3,62	12,0
10	3,62	12,0
Total	37,4	118,5
	1	3,17

Fuente: El autor.

$$Q_2 = \frac{118,50L}{37,4s} = 3,17 \text{ Ls}^{-1}$$

El caudal de agua aforado que entra al tanque desarenador es de 3,17 L/s. Entonces el caudal captado (Q) es:

$$Q = \frac{3,17\text{Ls}^{-1} * 100}{5,00\text{Ls}^{-1}} = 63,4\%$$

Caudal aforado aguas abajo de la bocatoma.

Tabla 12. Caudal de agua aforado a 8 m aguas abajo de la bocatoma.

Caudal aguas abajo		
N° Aforo	Tiempo (s)	Capacidad (L)
1	35,420	10,000
2	39,440	10,000
3	39,470	10,000
N° Aforo	Tiempo (s)	Capacidad (L)
4	39,470	10,000
5	39,470	10,000
6	39,480	11,000
7	39,000	10,500
8	40,090	10,000
9	39,480	10,500
10	41,580	10,000
Total	392,900	102,000

	1,00	0,26
--	------	------

Fuente: El autor.

$$Q_3 = \frac{102,00L}{392,90s} = 0,26 Ls^{-1}$$

El caudal aforado a 8 m aguas abajo de la bocatoma es de 0,26 L/s considerado como caudal ecológico, se debe tener en cuenta que el agua se infiltra debido a las condiciones propias del suelo (cantos rodados, arena, grava y rocas de diferentes tamaños) que conforman el cauce.

Se deduce que en condiciones reales el caudal ecológico es:

$5,00 Ls^{-1} - 3,17 Ls^{-1} = 1,83 L/s$ esto es 36,6% y es suficiente para sostener los ecosistemas aguas debajo de la bocatoma.

Si el caudal ecológico aforado es de $0,26 Ls^{-1}$, quiere decir que la cantidad de agua que se infiltra es de $1,83 L/s - 0,26 L/s = 1,57 L/s$

5.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Este levantamiento se debe hacer aguas arriba de la bocatoma a partir de las $4^{\circ}10'37.22''N$, $73^{\circ}39'58.44''W$; de tal manera que cubra mínimo una ha, para determinar los posibles agentes contaminantes de la fuente. Equipos a usar: GPS GARMIN Dacota 20. (Ver anexo H).

5.4 PUNTOS DE MUESTREO PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS

Se toman tres muestras en horarios diferentes al final de la tubería, antes de los tanques de desinfección y se analizan microbiológicamente en el laboratorio de la Universidad del Meta (Ver anexo F), para determinar coliformes totales y coliformes fecales, en las siguientes coordenadas geográficas:

Tabla 13. Sitios de muestreo.

Muestra	Coordenadas geográficas	Altura m.s.n.m.
A	$04^{\circ}11,309' N$ $73^{\circ}41,618'00'' W$	1097
B	$04^{\circ}11'0,01'' N$ $73^{\circ}41'00,01'' W$	1078
C	$04^{\circ}11'0,02'' N$ $73^{\circ}41'00,00'' W$	1099

Fuente: El autor

5.5 IDENTIFICACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL DE AGUA Y SU PROYECCIÓN AL AÑO 2032

La demanda actual de agua es de 20.000 L/día por exceso.

La proyección de demanda para el año 2032 está determinada por evolución hídrica de la quebrada Diamante; que históricamente desde el año 1995 el agua rebosaba el canal que la conducía hasta el tanque desarenador, entonces, el caudal se determina por el siguiente cálculo:

Área del canal de conducción del agua:

$\text{Área} = 0,16m * 0,09m = 0,0144m^2$. El agua rebosaba esta área en 1995.

Para este año (2017), el área ocupada por el agua dentro del canal es de:

$\text{Área} = 0,16m * 0,03m = 4,8 * 10^{-3}m^2$.

Hora, si el volumen del tanque desarenador (V_o) es:

$V_o = 0,85m * 0,80m * 0,80m = 0,544m^3$.

Capacidad del tanque desarenador (T_c)

$$T_c = 0,544m^3 * \frac{1000L}{1m^3} = 544 L.$$

El caudal actual es de 3,17 L/s, entonces el tanque desarenador se rebosa en:

$$\frac{544 L}{3,17L.s^{-1}} = 171,61s \cong 3,0 \text{ min.}$$

Como las condiciones hídricas de la fuente se han disminuido a una tercera parte, entonces:

*El caudal en 1995 fue de $3,17 \frac{L}{s} * 3 = 9,51 L/s$* Esto quiere decir que el tanque se rebosaba en $\frac{544 L}{9,51L.s^{-1}} = 57,03 s \cong 1,0 \text{ min.}$

Luego para el año 2032, se espera que se mantenga el caudal actual con proyectos de reforestación sobre los 1440 m.s.n.m. para ofertar agua a una población que no superará los 250 habitantes.

Tabla 14. Valores comparativos en 3 años diferentes.

Ítem ↓	Año →	1995	2017	2032
Caudal (L/s)		9,51	3,17	3,17
Población		250	200	250
Escuela		120	20	20
J.A.C		82	100	100

Fuente: Junta de Acción Comunal.

La oferta del agua según las características de la fuente hídrica, “Quebrada Diamante”, aguas arriba de la bocatoma, se clasifica según la FAO e INA³⁸, así: ver página 43 (entomofauna lítica).

5.6 IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ACUEDUCTO SERVITÁ

³⁸ FAO-ARGENTINA-INA. Caracterización de los recursos hídricos superficiales. Argentina. 2013. p.8

La bocatoma presenta un buen estado en su estructura física, no hay agrietamientos y los pañetes del tanque y desarenador están en buen estado, la estructura para cribar el agua está deteriorada y fue sacada del cauce por causa del derrumbe, pero, se improvisan arrumes de piedra para tratar de protegerlo.

El canal de conducción del agua, hasta el tanque desarenador tiene una longitud de 7,00 m, está en buenas condiciones y no presenta fugas. El tanque de captación y desarenador están cubiertos por una placa de concreto removible bajo una caseta de zinc ya deteriorada.

La línea de conducción contiene los siguientes elementos que aún se encuentran en buen estado:

- ✓ Tanque colector del agua en la bocatoma y su filtro.
- ✓ Tubería de 2" de longitud = 3402 m
- ✓ Tubería de 1 ½" de longitud = 560 m.
- ✓ Tubería de 1" de longitud = 560 m.
- ✓ Ventosa de 2", está deteriorada.
- ✓ Una cámara de quiebre que está en condiciones óptimas de servicio.
- ✓ Accesorios: Uniones, codos, Tees, llaves de paso y cables para el sustento de la tubería en los tramos de vuelo.

Los tanques de purificación del agua se ubican en la coordenada 04°11'00,06" N 73°41'00,01" W y una altura de 1.150 m.s.n.m.

En cumplimiento a las normas legales vigentes, RAS2000 y Decreto 1575/ 07, se instalan y se adecuan los nuevos tanques y se conectan a la red para empezar el proceso de filtrado, clorado y potabilización del agua para consumo humano.

5.7 PASOS PARA LEGALIZAR LA CAPTACIÓN DE AGUAS

- ✓ Diligenciamiento total del formulario FUN para la concesión de aguas superficiales.
- ✓ Fotocopia de la cédula de ciudadanía del representante legal.
- ✓ Delimitación y georreferenciación del sitio de aprovechamiento, anexas plano topográfico y memorias de cálculo de la bocatoma. Ver anexo D
- ✓ Autorización Sanitaria Favorable, en cumplimiento del Decreto 1575/ 07 y la resolución 549 de 2017.
- ✓ Censo de usuarios a abastecer.
- ✓ Documento donde se acredite la representación legal con una expedición no mayor a 90 días.

5.7.1 Autorización sanitaria para la captación de aguas cruda.

Aplica la Resolución 549 de 2017 Art. 5, "por la cual se adopta la guía que incorpora los criterios y actividades mínimas de los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgo

y planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para el consumo humano y se dictan otras disposiciones”, para lo cual se deben anexar los siguientes documentos:

- ✓ Oficio dirigido al Secretario de Salud Departamental, firmado por el representante legal de la concesión de agua con los siguientes datos: Nombre del acueducto, nombre del prestador del servicio de acueducto (N° de cédula de ciudadanía, dirección, N° teléfonos, E-mail) y constancia de la existencia legal.
- ✓ Copia diligenciada del formato FUN presentado a Cormacarena.
- ✓ Estudios de tratabilidad del agua cruda con prueba de jarras y ensayos de demanda de cloro.
- ✓ Caracterización del agua que se va a utilizar para consumo humano, registros históricos, análisis físicos químicos y microbiológicos del agua cruda de la fuente hídrica que abastece el sistema.
- ✓ Presentar planos y memorias de cálculo del diseño de la planta de tratamiento de agua para consumo humano dando cumplimiento a la Resolución 1096/ 00, RAS 2000 y Resolución 330/ 2017.
- ✓ Información sobre las operaciones unitarias que conforman la planta de tratamiento de agua para consumo humano.
- ✓ Presentar los planes de cumplimiento o de acción a corto, mediano y largo plazo para cuando el prestador del servicio no tiene la información suficiente.
- ✓ Plan de actividades desarrolladas y disponibles que contribuyan con la identificación del riesgo a que alude la Resolución 4716 de 2010 o la norma que la modifique.

5.8 DESCRIPCIÓN HISTÓRICA

La descripción histórica tiene un gran valor de hechos reales e imparciales, que permiten conocer de manera explícita los asentamientos humanos en la Vereda Servitá, su historia climática, su desarrollo socioeconómico, cultural, los albores del Acueducto para esta vereda y se realizan entrevistas semiestructuradas a los actores clave de la comunidad, en la cual se observa que un buen porcentaje de la comunidad desconoce la historia del Acueducto, mientras que otras personas de avanzada edad, tienen algunos recuentos del trabajo en Acción Comunitaria para este gran logro. Gran parte de esta historia está tomada de los registros de la Junta de Acción Comunal, que se expresa en la siguiente línea de tiempo:

Year	Headline	Text	Media	Media Credit
1963	Vecinos	Creación de la JAC	Vereda Servitá	Km 8.
1963	Vecinos	Creación de la Escuela	Vereda Servitá	Km 8.
1963	Vecinos	Creación de la capilla	Vereda Servitá	Km 8.
1978	Vecinos	Buscan fuente hídrica.	Loma Servitá	Q. Diamante
1979	Permisos pasos/ red.	Protocolización.	Loma Servitá	Fincas.
1980	INAS	Protocoliza el Acueducto.	Villavicencio.	Sría. de Salud.
2016	Sría de Salud_ Meta.	Análisis N°201624494	Villavicencio.	Cormacarena.
2017	Cormacarena.	Trámites/ captación agua cruda.	Villavicencio.	Q. Diamante
2017	Proyecto	Caracterización de aguas	Cota 1440	Q. Diamante

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los caudales de la fuente hídrica, Quebrada Diamante, se discriminan así:

El caudal aguas arriba de la bocatoma es de 5 L/s. Este caudal determina que la actual oferta hídrica de la fuente Quebrada Diamante, está en la capacidad de surtir al Acueducto Servitá, sin deterior sus ecosistemas aguas abajo de la bocatoma para una población con un índice demográfico en crecimiento hasta 250 habitantes para el año 2032.

Al tanque desarenador le entran 3,17 L/s. Este caudal es suficiente y significativamente estable debido a la riqueza hídrica de su entorno montañoso y selvático para abastecer una población de 200 habitantes.

El Caudal ecológico es de 0,26 L/s. Este caudal es medido en uno de los tres brazos del cauce y tiene la capacidad de mantener equilibrio ecológico aguas abajo de la bocatoma, con el incremento del que se filtra más las precipitaciones frecuentes en la microcuenca.

La cantidad de agua que se filtra en el cauce es de 1,57L/s. Estas filtraciones se han cuantificado por medio de cálculos matemáticos, ya que con los medios volumétricos es imposible hacerlo, y el caudal es mayor al 23%.

De las características fisicoquímicas de la microcuenca Quebrada Diamante en el área de captación, según el análisis N° 20162494 de la Secretaría de Salud del Meta, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 15. Parámetros de cumplimiento del IRCA.

Parámetro	Valor máx.	Puntaje de riego	IRCA	Concepto
Color aparente	1,6	0	0	Cumple
Turbiedad	2	15	0	
pH	9	1,6	0	
Cloro residual	2	15	15	No cumple
Calcio	60	1	0	Cumple
Fosfatos	0,5	1	0	
Magnesio	3,6	1	0	
Dureza total	300	1	0	
Nitritos	0,1	3	0	
Conductividad	1000	0	0	

Fuente: Resolución 2115 de 2017

En la siguiente tabla se observa que el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua cumple en todos los conceptos, excepto en el cloro residual, para lo cual se adelantan los procesos de purificación del agua captada en la quebrada Diamante en cumplimiento con la Resolución 2115 de 2007, y que se utiliza para el consumo humano.

Análisis microbiológico del agua captada en la quebrada Diamante, en cumplimiento a los valores máximos aceptables según la Resolución 12186 de 1991. Ver anexo F.

Tabla 16. Concepto del análisis microbiológico.

Parámetro	Concepto
Coliformes totales	No cumple
Coliformes fecales	
Escherichia Coli	
Pseudomona	
Mesoaerobios	

Fuente: Laboratorio de calidad ambiental. UNIMETA. Anexo F.

Para esta muestra se estaba administrando 2,0 mg/L de hipoclorito de sodio al 10%, demostrando así que el cloro residual era insuficiente y que por tal motivo no cumplía con los requisitos de la Resolución 2115 de 2007 y que se debía dosificar al 4% en concentraciones que oscilaran entre el 10 y el 15%, dependiendo de la disponibilidad en el mercado.

Los aspectos geológicos del terreno están indicando graves problemas de remoción de masa, profundización de las aguas y posible pérdida de las estructuras de la bocatoma.

El proceso hidrológico en esta microcuenca tiene indicios de cambios drásticos desfavorables debido a su variabilidad temporal por efectos del cambio climático.

Las personas de mayor edad y que han sido residentes desde la temprana edad, son conocedores de la historia del Acueducto y de otros acontecimientos en su grupo social.

La investigación primaria condujo a definir el régimen de precipitaciones, factores climáticos, entomofauna lítica, caudales, aspectos microbiológicos, fisicoquímicos, químicos y el IRCA entre otros.

La longitud total de tuberías es de 5,40 km y forman parte del paisaje evitando así el impacto ambiental.

El caudal de la fuente se ha sostenido debido a las condiciones actuales de la microcuenca pese a los impactos negativos por remoción de masa, y se mantendrá en esas condiciones óptimas si se toman las medidas precautelativas en el desarrollo del proyecto de reforestación.

Los cálculos de caudales y consumo de hipoclorito de sodio o de calcio arrojan la siguiente información:

- El tanque de la bocatoma tiene una capacidad de almacenamiento de 544 L y hace 30 años se llenaba en 1,0 minuto y a la fecha se llena en 3,0 minutos, se prevé que para el 2032 se mantenga el mismo caudal si se adelantan el proyecto de reforestación.
- La cantidad de agua ofertada es 20.000 L/día para una población de 200 habitantes. Lo que indica que la oferta hídrica en la microcuenca de la quebrada Diamante actualmente es suficiente y los cálculos de caudales así lo demuestran.
- El consumo diario de hipoclorito de sodio es de 500 L al 4%, para dar cumplimiento a la Resolución 2115 de 2007 en cuanto refiere al cloro residual.
- Para bajar los costos en el servicio de distribución agua, se suspenderá el servicio durante la noche, para lo cual todos los usuarios deben tener su tanque elevado de almacenamiento con una capacidad mínima de 500 L.

7 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Este requerimiento tiene su importancia en el manejo de la información actualizada y confiable, en los siguientes conceptos:

- ✓ Fuente de abastecimiento, está ubicada a 1.440 m.s.n.m en la Quebrada Diamante en medio de una zona boscosa y lejos de agentes contaminantes naturales o antrópicos.
- ✓ Captaciones, la captación se hace a través de un canal que entra al cauce de la quebrada, al cual se le adaptó un sistema de cribas para retener el material grueso y de mayor tamaño.
- ✓ Conducciones, la conducción de estas aguas se hace por medio de tuberías PVC desde 3” hasta 1,5” a lo largo de 5,4 km.

- ✓ Tratamiento, empieza en el cribado, sigue al tanque desarenador y finalmente llega a la planta para el proceso de filtrado, cloración y potabilización.
- ✓ Almacenamiento, el primer almacenamiento se hace en el tanque de la bocatoma que tiene una capacidad de 544 L, tres tanques de 5.000 L y 4 tanques de 2.000 L, para un total de 23.000 L de agua lista para el consumo humano.
- ✓ Distribución, este proceso empieza en un tanque de 5.000 L que lleva el agua purificada a la tubería central de distribución, a la cual se conectan cada uno de los usuarios y estos a vez la depositan en un tanque elevado para su consumo posterior.
- ✓ Manejo adecuado del agua, para este manejo hubo la necesidad de hacer procesos de capacitación a los usuarios con el fin de cambiar la cultura de desperdicio por la cultura del adecuado manejo del agua como recurso natural en alto riesgo de menguación.

Componentes. Estructuralmente el Acueducto está diseñado para conducir el agua cruda hasta una planta de purificación y luego dispensarla a los usuarios. Este componente tiene una administración conformada por la Mesa Directiva de la Junta de Acción Comunal de la Vereda Servitá y un Fontanero técnicamente capacitado para operar el sistema.

Sistema. Está conformado por la línea de conducción, una cámara de filtrado a presión, un dosificador de hipoclorito de sodio, tanques de almacenamiento y finalmente la red de conducción hacia los usuarios.

Operación. Está dada desde el Administrador con órdenes específicas para adelantar los procesos o trabajos a realizar en el sistema.

Confiabilidad. Dadas las condiciones geológicas del terreno no hay la plena seguridad del funcionamiento de la línea de conducción hasta la planta de purificación.

Componentes críticos. Corresponden a la bocatoma y la tubería que llega a la planta de purificación, debido a los permanentes deslizamientos o remoción de masa en la montaña.

Redundancia. No hay un equipo en paralelo propio de este Acueducto.

Flexibilidad. En caso de fallas en la planta o en cualquier lugar del sistema, se tiene previsto la interconexión con la línea de conducción del Acueducto Buenavista.

Vulnerabilidad. Este factor enmarcado en la matriz DOFA (ver anexo I), tiene un alto grado de vulnerabilidad debido a la Falla Geológica Servitá.

Amenazas al sistema. Están definidas como:

- Envejecimiento de la tubería, el proyecto incluye los cambios de tuberías.
- Golpe de ariete, debido a las altas presiones y reducciones del diámetro de la tubería
- Agresividad del medio, remoción de masa.
- Relacionado con la presión, altas presiones después de la cámara de quiebre.
- Falta de mantenimiento, se hace mantenimiento periódicamente.

- Deficiencia en el sellaje de las uniones, se presentan de deficiencias.
- Tuberías deficientes o averiadas en el transporte, no se han presentado.
- Falta de mantenimiento en los equipos,
- Falta de existencia de equipos de reserva, no hay reservas.
- Falta de repuestos, algunas veces.
- Accidentes, ninguno hasta ahora registrado.
- Contaminación química o biológica, nunca se ha presentado.
- Guerras u orden público alterado, en años anteriores por los cuerpos armados no legales.
- Destrucción parcial por remoción de masa, son permanentes los daños.
- Pérdida de la captación, debido al recalentamiento global.
- Rotura de tuberías, en la remoción de masa.
- Contaminación de la cuenca hidrográfica, nunca se ha presentado.
- Daños en los equipos al entrar en contacto con el agua, no se presenta.
- Vientos con velocidades superiores a 32 m/s, no se ha presentado.
- Desacople de tuberías, por remoción de masa.
- Daños en los tanques, No se han presentado.
- Sequías, la fuente se ha sostenido a bajo caudal.
- Abandono del sistema, en ningún momento.

Factores que influyen en la vulnerabilidad.

Características del sitio, la Loma Servita supera los 70° de inclinación y los suelos tienen un alto índice remoción debido a la Falla Geológica Servitá.

Fuente, debidamente caracterizada y cumple con los parámetros de ley.

Normas de diseño, establecidas en las Resolución 330 de 2017.

8 ESTUDIO FINANCIERO

Tabla 17. Recursos necesarios.

Recurso	Descripción	Presupuesto
Talento humano.	Presidente de JAC, Ing. Ambiental y Topógrafo.	\$10.000.000,00
Monitoreos de agua	Análisis de laboratorio.	\$800.000,00
Impresiones papelería	Fotocopias, empastar el documento final.	\$100.000,00
Equipos y software	Procesador de texto, GPS, Excel, Word, SIG y AutoCAD.	\$1.000.000,00

Viajes y salidas de campo.	Dos visitas a la bocatoma. Una visita domiciliaria a los usuarios. Reunión protocolaria para la entrega del proyecto y socialización con la comunidad.	\$1.000.000,00
Gastos.	Alimentación, refrigerios, transportes y comunicaciones.	\$500.000,00
TOTAL		\$12.600.000,00

9 CONCLUSIONES

La información y documentación necesaria, fueron el pilar de la ejecución del proyecto para iniciar el trámite de captación de aguas en la quebrada Diamante ante Cormacarena.

Se realizan los estudios pertinentes en la fuente y estos indican que es posible sostener el fluido hídrico a largo plazo, que en otras palabras se podría mantener hasta después del año 2032.

El material encontrado aguas arriba de la bocatoma, en la microcuenca de la quebrada Diamante, dio lugar a la caracterización de la entomofauna lítica, el clima y el aforamiento de su caudal que surte al Acueducto Servitá.

Las estrategias de conservación de las características de esta fuente hídrica están proyectadas en la reforestación, adecuación técnica del terreno y los alinderamientos para evitar la intervención antrópica, de tal manera que la oferta hídrica cubra el abastecimiento durante los próximos 15 años.

El levantamiento topográfico, permitió localizar los puntos críticos de la falla geológica Servitá que intercepta la bocatoma y además demostrar que no hay presencia de agentes contaminantes naturales o antrópicos.

Para la ejecución de este proyecto, se cuenta inicialmente con la planta física para la purificación del agua cruda, la cual entra en funcionamiento de acuerdo a la prueba de jarras según lo establecido en la Resolución 2115 de 2007, para los valores del IRCA.

Se han documentado algunos apartes de la historia de estos asentamientos, dando relevancia así al reconocimiento de la acción comunitaria de este tejido social en pro del mejoramiento de la calidad de vida y de su culturalidad como parte de la historia colombiana.

En las Asambleas de la Junta de Acción Comunal, se tratan temas sobre el cuidado con los recursos naturales y específicamente el del agua, debido a sus altos costos de adecuación para el consumo humano.

Para finalizar el proyecto, se hace su radicación ante la autoridad competente “Cormacarena”, la cual hará lo pertinente para expedir el respectivo permiso.

10 RECOMENDACIONES

Se recomienda a la entidad ambiental, Corporación Autónoma Regional de la Macarena (Cormacarena) adelantar las respectivas capacitaciones sobre la captación y manejo de las aguas para el consumo humano.

Reforestar la superficie comprendida aguas arriba de la bocatoma hasta 100 metros después de la ronda de la Quebrada Diamante, los sitios donde presentan remoción de masas de tierra y la Loma Servitá aguas debajo de la cámara de quiebre.

Para el manejo del cloro, se debe disponer de un equipo de emergencias (incendios, derrames, fugas, otros). Asegúrese que todos los recipientes estén etiquetados, use equipo de protección

personal y adecuada, y las personas que van a manipular este producto deben ser capacitadas previamente.

Desinfectar el agua antes de darle cualquier uso doméstico y para mayor seguridad hervirla durante 15 minutos y para airearla se trasvasa de un recipiente a otro a una altura considerable. No use el agua si está turbia.

Solicitar a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – Unad o a otras entidades, la elaboración y ejecución del proyecto de reforestación.

Es propicio establecer un plan de contingencia para responder adecuada e inmediatamente ante la eventualidad de escases de agua, para lo cual se debe contratar la prestación del servicio con el Acueducto de Buenavista.

Enchapar el tanque desarenador y lavar la tubería de conducción con soda cáustica o cloro granulado. **NOTA:** antes de esto se deben tomar todas las medidas de precaución y advertencia a la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas.

Alba-Tercedor, Javier. Orden Ephemeroptera. Ide@-SEA n° 40. pdf. Granada: Universidad de Granada, 2015. 17p. Disponible en http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_40.pdf

BARRETO, Gildardo; REINOSO, Gladys; VILLA, Francisco. Primer registro de Grypopterygidae (insecta: Plecóptera) para Colombia. Ibagué. 2005. Caldasia 27(2):243-246p. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/235945003_Primer_registro_de_Gripopterygidae_Insecta_Plecoptera_para_Colombia

CABALLERO, Víctor; PARRA, Mauricio y MORA BOHÓRQUEZ, Andrés Roberto. Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno tardío- Oligoceno temprano: proveniencia sedimentaria en el sinclinal de Nuevo Mundo, cuenca valle medio del Magdalena. Bucaramanga. 2010. Boletín de geología. Vol 32 N° 1. 45p. Disponible en: <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/1008/1495>

CONTRERA RAMOS, A. Megalóptera (insecta: Neuropterida) de México. México, D.F. 2000. Instituto de Biología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto N° K022. 69p. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfK022.pdf>

CONVENIO CORTOLIOMA –CORPOICA-SENA-UNITOLIMA. Proyecto plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica mayor del Río Coello. 2.10 Biodiversidad. Macroinvertebrados acuáticos. pdf. Ibagué. 2003. 528p. Disponible en: http://www.cortolima.gov.co/2006/images/stories/centro_documentos/coello/2_10_BIODIVERSIDAD.pdf

DANE. *Proyecciones de Población Municipales por Área*. Bogotá, 2005-2020.

DOMINGUEZ CALLE, Efraín Antonio, et al. Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. pdf. Bogotá. 2008. 200p. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/228463075_DEMANDA-OFFERTA_DE_AGUA_Y_EL_INDICE_DE_ESCASEZ_DE_AGUA_COMO_HERRAMIENTAS_DE_EVALUACION_DEL_RECURSO_HIDRICO_COLOMBIANO

FAO-ARGENTINA-INA. Caracterización de los recursos hídricos superficiales. Argentina. 2013. 167p. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/utf017arg/anexosyapendices/4.InformesINA/a.Informe_Aguas_Superficiales.pdf

FÚQUENE YATE, Diana Marcela. *Sistemas de Abastecimiento de Agua*. pdf. Bogotá, 2011. Unad.

GTZ, Sociedad alemana de cooperación técnica. (1999). Disponible en: <http://finanzascarbono.org/colaboradores/agencia-alemana-de-cooperacion-tecnica-giz/>

IDEAM. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia, 2004.

KAMMER, A; TÁMARA, J. y ROBLES, W. Pliegues sobrepuestos en el anticlinal de Buenavista, piedemonte llanero. pdf. Bogotá. 2007. Boletín de geología Vol. 29 N°2.

MESA M. Y., GONZÁLEZ D., O. y ECHEVERRI J., A. Análisis de vulnerabilidad de sistemas de abastecimiento de agua. pdf. La Habana (Cuba), 2000: Vol. XXII. N° 4. 50p. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/vulnerabilidad5.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. *Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental*. Bogotá, 2012. 368p. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL Y MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. *Resolución 2115 de 2007*. Bogotá, 2007.

MINSALUD. *Análisis de Situación de Salud (ASIS) Meta*. Dirección de Epidemiología y Demografía. Bogotá, 2013. 119p. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/Presentacion%20de%20Meta%202014.pdf>

OPS/CEPIS, SOLONA, F. y MÉNDEZ, J., P. *Desinfección del Agua*. Lima, Perú, 2007. 33p.

PANTOJA VALENCIA, Natalia. Estimación de caudales ecológicos mediante métodos hidrológicos, hidráulicos y ecológicos en la quebrada El Conejo. pdf. Mocoa. 2017. Universidad Javeriana. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/21157/PantojaValenciaNatalia2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

POT. Síntesis diagnóstica Norte Plan de Ordenamiento Territorial. pdf. Villavicencio. 2013. Secretaría de Planeación Municipal. p.10. Recuperado de www.villavicencio.gov.co

PUJANTE MORA, Ana María. Los artrópodos como bioindicadores de la calidad de las aguas. pdf. Valencia. 1997. Bol. S.E.A., N°20: 277-284. 8p. Recuperado de http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_20/B20-024-277.pdf

REYES, Yulieth et al. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria.pdf. Sogamoso: 2016. Revista de ingeniería, investigación y desarrollo, Vol. 16 N° 2. p.1.

SOLSONA, Felipe y MÉNDEZ, Juan P. Desinfección del agua. pdf. Lima. 2002. CEPIS-OPS/OMS. 158p. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/libro.pdf>

VÉLEZ UPEGUI, Jaime I. y RÍOS ROJAS, Liliana. Seminario internacional sobre eventos extremos mínimos en regímenes de caudales: diagnóstico, modelamiento y análisis. pdf. Medellín. 2004. p.4.

WITT V., M. & REIFF R., M. La desinfección del agua a nivel casero en zonas urbanas marginales y rurales. Washington, DC., 1993. OPS. 33p. Disponible en: http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/agua/Desinfeccion_Agua_Casero_Zonas_%20Urbanas_%20Marginales_Rurales.pdf

[https://www.ciclohidrologico.com/infiltracin del agua](https://www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua)

<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/escenarios-cambio-climatico>

<https://lamamapachama.wordpress.com/2015/02/07/contaminacion-de-aguas-por-metales-pesados/>

https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/cambios_patogenicos.html

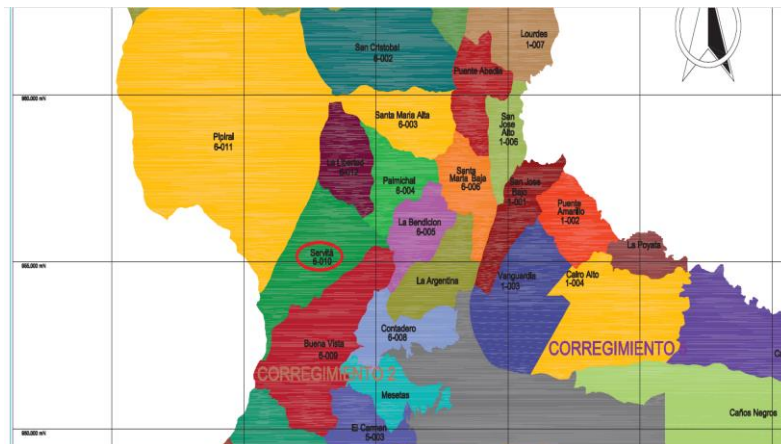
<https://www.mdsaude.com/es/2016/06/enfermedades-transmitidas-por-el-agua.html>

<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/sb.htm>

<http://www.istas.net/web/index.asp?idpagina=3461>

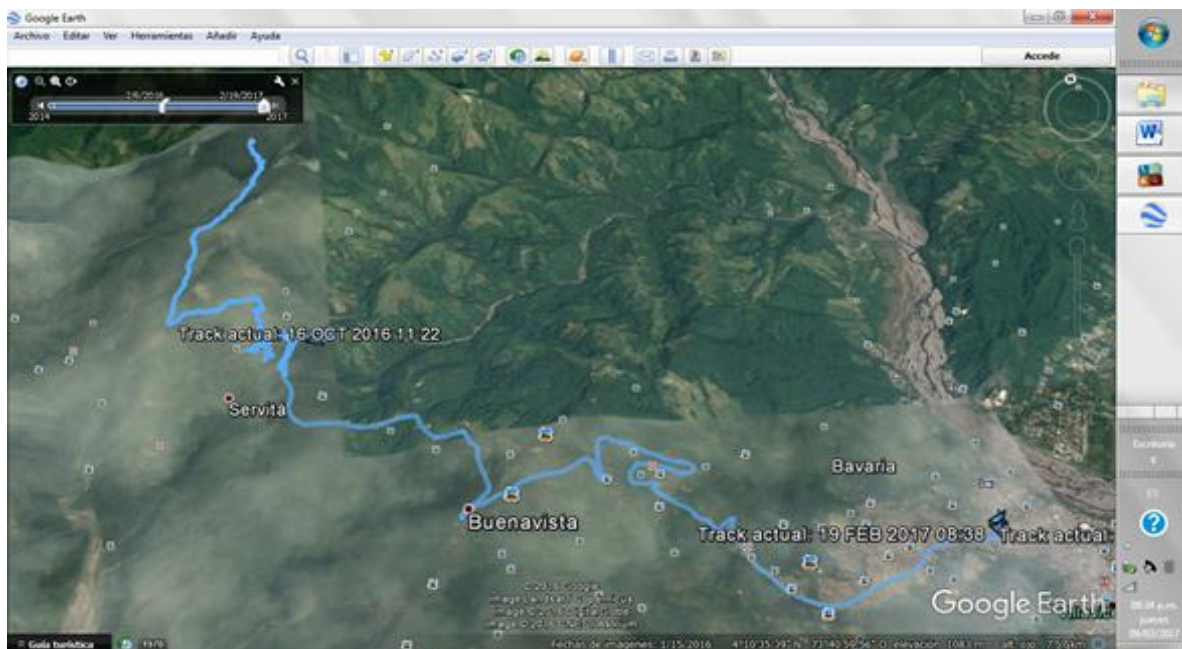
ANEXOS

Anexo A. Ubicación política de la vereda Servitá



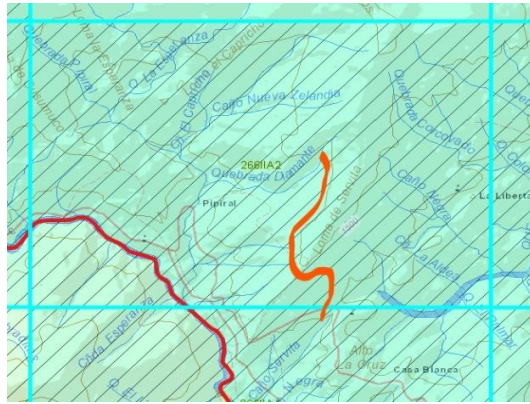
Fuente: Alcaldía municipal de Villavicencio. Plano EO4/B de 41.

Anexo B. Imagen de la ruta para llegar a la bocatoma



Fuente: GPS GARMIN Dacota 20.

Anexo D. Ubicación general de la red del Acueducto de la Vereda Servitá



Fuente: IGAC. Mapas de Colombia. Plancha 266IIA2.

Anexo E. Informe de análisis de agua para consumo humano

ANÁLISIS No. 20162494

INFORME DE ANALISIS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha Toma:	10/08/2016	Hora Toma:	10 : 31 AM
Zona:	Rural	Punto Toma:	Grifo Lavadero
Nombre Localidad:	SERVITA		
Mpio procedencia:	Villavicencio	Departamento:	Meta
Punto Muestreo:		Fuente toma:	Quebrada
Dirección toma:	KILOMETRO 8 VIA ANTIGUA BOGOTA JUNTO A COLEGIO SERVITA		
Desinfección con:	Ninguna	Tipo de agua:	Cruda
Nombre toma:	Darwin Arturo Tacha Mahacha		
Cargo:	Técnico En Salud		

DATOS DEL PRESTADOR DEL SERVICIO

Nombre prestador:	Junta De Accion Comunal Vereda Servita
Dirección:	Km8 Via Antigua Bogota
Telefono:	

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Nombre recibe:	Flor Alba Garzon Quintalva	Fecha recepción:	10/08/2016
Cargo:	Auxiliar	Temperatura:	7.3°C

ANÁLISIS FISIQUIMICO

Fecha Análisis: 10/08/2016 04:00 PM

Parametro	Valor Mínimo	Valor Máximo	Porcentaje de Riesgo	Unidades	Método	Resultado	Valor Inca	Concepto
Color Apariencia	0	15	0	UPC	SM 2120 C	7	0	CUMPLE
Turbiedad	0	2	15	NTU	SM 2130 B	0,7	0	CUMPLE
pH (Potencial De Hidrógeno)	6,5	9	1,5	UPH	SM 4600 - H + B	8,22	0	CUMPLE
Cloro Residual Libre	0,3	2	15	mgCl ₂ /L	SM 4500 - H O	0	15	NO CUMPLE
Calcio	0	60	1	mgCa/l	SM 2340 C	1	0	CUMPLE
Fosforo	0	0,5	1	mgPO ₄ /l	SM4500 PE	0,14	0	CUMPLE
Magnesio	0	30	1	mgMg/l	SM 2340 C	1	0	CUMPLE
Dureza Total	0	300	1	mgCaCO ₃ /l	SM 2340 C	7	0	CUMPLE
Nitros	0	0,1	3	mgNO ₂ /L	8507 HACH	0,014	0	CUMPLE
Conductividad	0	1000	0	umhos/cm	SM 2510 B	12	0	CUMPLE

CODIGO: 1102
Ingeniero Químico

SECRETARIA DE SALUD
CALLE 2ª No. 45-80 Sur del delta
Tel: (0555)- 9639538-8825148 Villavicencio, Meta
salud@semsa.gov.co www.semsa.gov.co

Página 1 de 2

Fuente: Secretaría de Salud del Meta.

Anexo F. Análisis microbiológico del agua al final de la tubería

	FORMATO "RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS"			
	Código: MA-3350-01-F03	Dependencia Generadora: Laboratorio de Calidad Ambiental	Versión: 3	

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DEL META
Autorizado por el Ministerio de Salud y la Protección Social mediante Resolución 1615 del 15 de Mayo del 2015

A continuación se presentan los resultados de los análisis solicitados por la empresa Alvaro Eduardo Calderón, el día 14 de Marzo de 2017. Los parámetros fueron determinados según los lineamientos de los métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual; estos fueron hechos en la ciudad de Villavicencio-Meta en las instalaciones del Laboratorio de Calidad Ambiental de la Corporación Universitaria del Meta.

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	Alvaro Eduardo Calderón	Nombre:	Alvaro Eduardo Calderón
Teléfono:	3183003871	NIT:	190615665
Dirección:	Cll 45 # 34-50 Barrio el Triunfo	Departamento/ Municipio:	Meta/Villavicencio

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de agua:	Cruda	Lugar de toma:	Finca La Florida.
Tipo de muestra:	Compuesta		04°11,309 N
			73°41,618 W
Presentación del Producto:	N.A.	Fecha y hora de toma:	14-03-2017; 09:30 a.m.
Fecha Vencimiento:	N.A.	Lote:	N.A.
Temperatura de la muestra:	Refrigerada	Fecha y Hora de recepción:	14-03-2017; 03:20 p.m.
Responsable de toma y transporte de la muestra:	Cliente	Fecha de emisión de resultados:	22-03-2017

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.				
PARAMETRO	RESULTADO	MÉTODO	VALOR ADMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Coliformes Totales	Presencia	ASTM 9221B	Ausencia en 100 cm3	No
Coliformes Fecales	Presencia	ASTM 9221A	Ausencia en 100 cm3	No
E-Coli	Presencia	ASTM 9221B	Ausencia en 100 cm3	No
Pseudomona	Presencia	ASTM9215B	Ausencia en 100 cm3	No
Mesoaerobios	Presencia	ASTM9215C	Ausencia en 100 cm3	No

Elaborado por: Ana María Oliveros

"El cumplimiento de los valores máximos aceptables se comparan bajo la Resolución 12186 del 1991".

DIRECTOR TÉCNICO
Lic. Química MSc. María Helena García



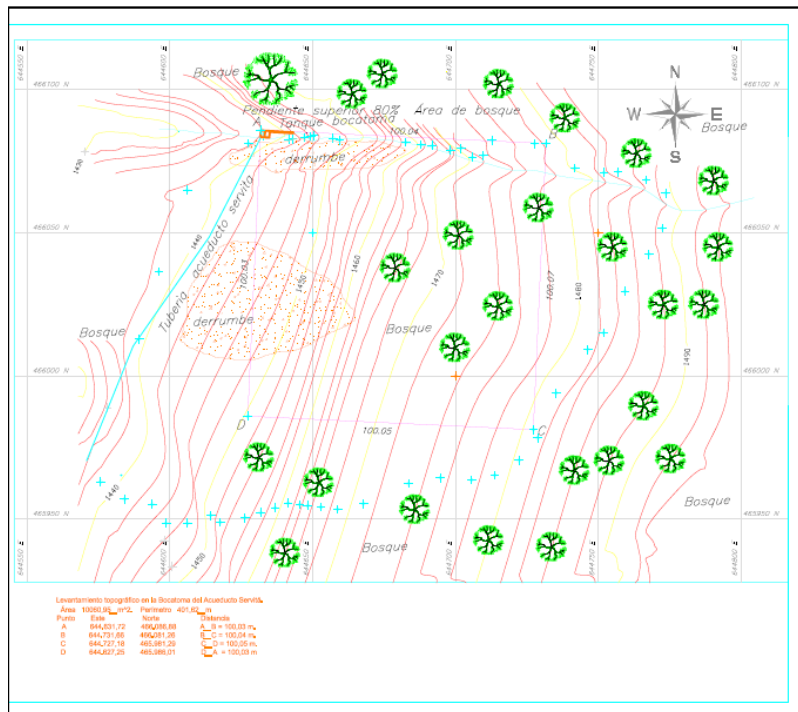
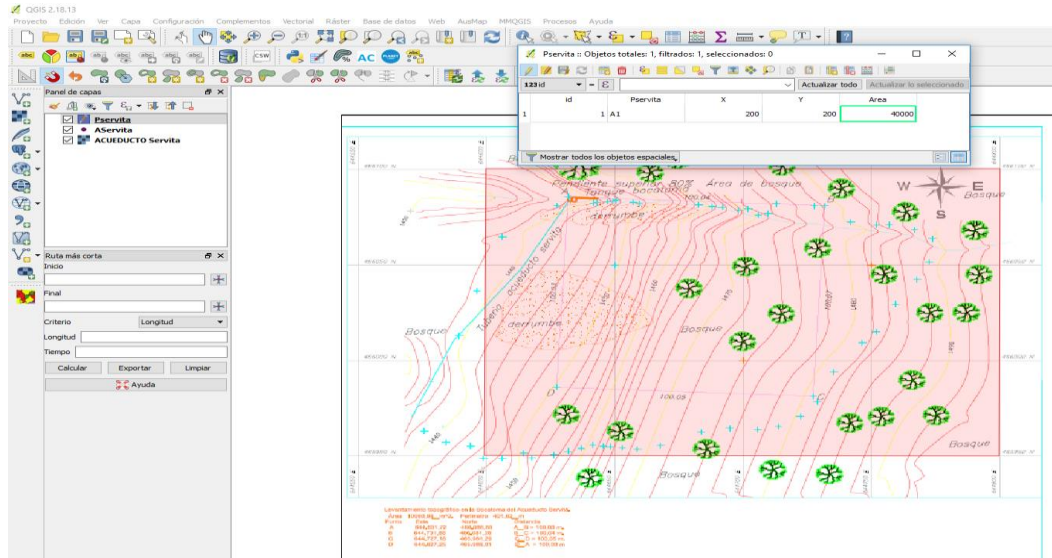
El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente sin autorización de la entidad que lo emite

Fin

Autorizado por el Ministerio de Salud y la Protección Social Resolución 1615 del 15 de Mayo del 2015
E-mail: calidadambiental@unmeta.edu.co, Teléfonos: 312 525 8098, 3205665622
Nit : 892099267-1 Villavicencio- Meta

Fuente: Corporación Universitaria del Meta. Laboratorio de Calidad Ambiental.

Anexo H. Plano topográfico de la bocatoma, georreferenciado



Anexo I. Matriz DOFA

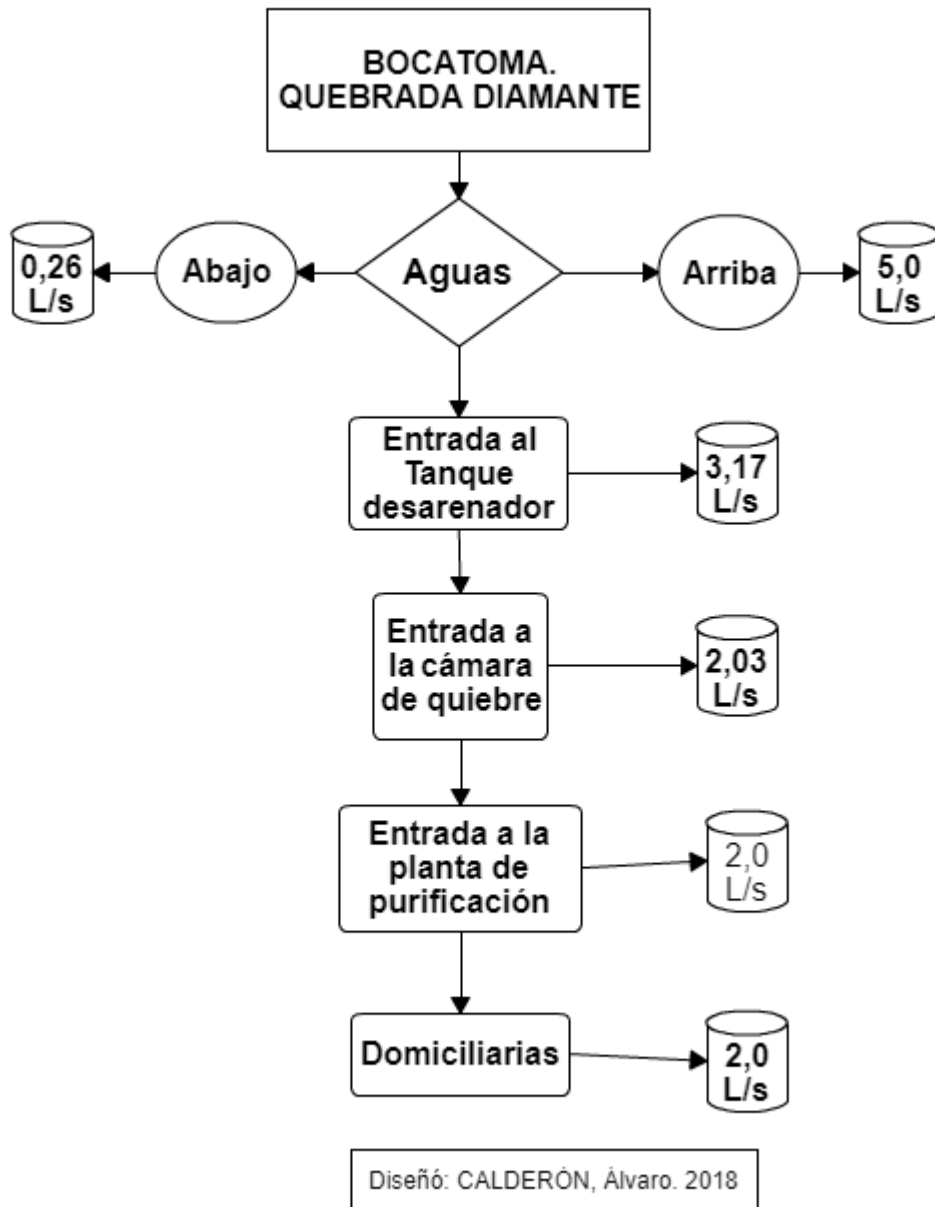
Factores intrínsecos Factores Extrínsecos		FORTALEZAS				DEBILIDADES			
		1. De la propiedad del Acueducto	2. Ubicación Geográfica.	3. De la oferta	4. El talento humano es idóneo.	1. Del fontanero	2. De la Cartera	3. Costos del producto.	4. Participación comunitaria
O P O R T U N I D A D E S	1. Créditos.	Crecimiento económico.	N. A.	Nuevas tecnologías	Finanzas	N. A.	Hay morosos.	N. A.	No hay
	2. Servicio comunitario	Todos se benefician.	Muy vulnerable.	Satisfacción del usuario.	Calidad del producto.	Proyecto visión empresarial.	Afecta la prestación del servicio	Impacto negativo de la calidad.	Trabajo voluntario.
	3. Registro de Cámara de Comercio.	Garantías comercia en el mercado.	N. A.	Orientación técnica en ramo.	N. A.	N. A.	Afectación económica.	Normativo	N. A.
	4. Apertura de comercio local.	No hay viabilidad.	No es viable.	No es viable.	N. A.	N. A.	No es viable.	N. A.	N. A.
A M E N A Z A S	1. Descomposición social.	Normas de seguridad y vigilancia.	No hay amenaza.	N. A.	Prevención y alertas tempranas	Estado de alerta.	Baja posibilidad de recuperación.	N. A.	Alertas tempranas.
	2. El cambio climático	Erosión	Amenaza alta.	Bajos niveles del caudal.	Aplicar las normas ambientales	Revisar cambios del terreno.	N. A.	Se incrementa el precio.	Afectación en el servicio
	3. Políticas económicas del país.	Carga de impuestos.	Los usuarios consumen el producto.	No afecta.	Se impone la calidad.	Salariales.	Afectación económica.	Tienden a subir los costos.	N. A.
	4. De la demanda.	No afecta.	No afecta.	Equilibrada.	Significa calidad.	Eficiencia.	La calidad puede bajar.	Es relativa_mente bajo	Todos tienen el servicio.

Anexo J. Imágenes fotográficas



Fuente: Cámara de Álvaro E. Calderón P. (2017).

Anexo K. Diagrama de flujo de caudales.



Anexo L. Recibido del proyecto en Cormacarena

PROPUESTA DE LEGALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL ACUEDUCTO DE LA
VEREDA SERVITÁ

Proyecto de Acción Social Solidaria



ELABORADO POR:
ÁLVARO EDUARDO CALDERÓN PERILLA
Ing. Ambiental en formación_Unad.

ASESORÍA DE:
EDILBERTO GÓMEZ ORTIZ
MS. c. en Gestión Ambiental Sostenible
T. P. 25875-040922 CND

JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA SERVITÁ
VILLAVICENCIO
2017
