

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO PARA LA VEREDA AGUA BONITA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE, GUAVIARE

INFORME DE DIAGNOSTICO, ALTERNATIVAS Y DISEÑO

FREDDY J. GARCÍA MURILLO
INGENIERO CIVIL / ESP. SANEAMIENTO AMBIENTAL
MP 25202-145859 CND

MAYO DE 2024



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	6
2	OBJETIVOS	8
2.1.	OBJETIVO GENERAL	8
2.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
3	ASPECTOS GENERALES	9
3.1.	ALCANCE DEL PROYECTO	9
3.1.1.	ALCANCE DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO	9
4.	MARCO LEGAL	10
4.1.1.	CONSTITUCIÓN POLITICA DE COLOMBIA	10
4.1.2.	SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS	10
4.1.3.	PLANEACIÓN	10
4.1.4.	MANEJO AMBIENTAL	11
4.1.5.	NORMAS TÉCNICAS	11
5.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	12
5.1.1.	SAN JOSE DEL GUAVIARE	12
5.1.2.	AGUA BONITA	13
6.	ACTIVIDADES PRELIMINARES	14
4	PARAMETROS DE DISEÑO DE SISTEMA DE ACUEDUCTO	14
10.6.4.1.	BONDADES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO	14
5	ESTUDIO DE LA POBLACIÓN	16
10.7.5.1.	DEFINICIÓN DEL PERIODO DE DISEÑO	16
10.8.5.2.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN NÚMERO DE POBLACIÓN	16
10.9.5.3.	METODOS DE CALCULO DE LA POBLACIÓN	17
5.3.1.	METODO ARITMÉTICO	17
5.3.2.	METODO GEOMÉTRICO	17
5.3.3.	METODO EXPONENCIAL	18
5.3.4.	METODO DE WAPPAUS	18
10.10.	5.4. ESTIMACIÓN DE TASAS DE CRECIMIENTO	19
10.11.	5.5. ESTIMATIVO DE LA TASA DE CRECIMIENTO ANUAL SEGÚN PROYECCIONES REALIZADOS POR EL DANE PARA DATOS DEPARTAMENTALES.	26



10.12.	5.6. ESTIMATIVO DE LA TASA DE CRECIMIENTO ANUAL SEGÚN PROYECCIONES REALIZADOS POR EL DANE PARA DATOS MUNICIPALES	28
10.13.	5.7. TASA DE CRECIMIENTO ADOPTADA	31
10.14.	5.8. POBLACIÓN FLOTANTE	37
10.15.	5.9. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE CALAMAR	37
6	EVALUACIÓN DE DOTACIONES DE AGUA	39
6.1.	ESTIMACIÓN DE DOTACIONES NETAS	40
6.2.	METODOLOGIA PARA ESTIMAR LA DOTACIÓN NETA	41
6.2.1.	VALORES PARA LA DOTACIÓN NETA RESIDENCIAL	41
6.3.	EVALUACIÓN DE LAS PERDIDAS DE AGUA EN EL SISTEMA	42
6.4.	DOTACION BRUTA	42
6.5.	CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA	43
6.5.1.	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA TOTAL DE AGUA	44
6.5.2.	DEMANDA MEDIA DE OTROS USOS (QMD)	44
6.5.3.	CAUDAL MAXIMO DIARIO	45
6.5.4.	CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH)	46
6.5.5.	CAUDALES DE DISEÑO	47
7	DIAGNOSTICO DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	50
8	ANALISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	53
8.1.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	54
8.1.1.	CRITERIO TÉCNICO	54
8.1.2.	CRITERIO ECONÓMICO.	54
8.1.3.	CRITERIO OPERATIVO Y DE MANTENIMIENTO	55
8.1.4.	CRITERIO SOCIAL Y AMBIENTAL.	55
8.1.5.	CRITERIO INSTITUCIONAL.	55
8.2.	DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA 1	56
8.3.	DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA 2	57
8.4.	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	58
9	DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO	60
9.1.	ASPECTOS DE CALIDAD DEL AGUA Y SU TRATABILIDAD	60
9.2.	GRADO DE MANTENIMIENTO	61
9.3.	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	63

9.1.1	DISEÑO HIDRAULICO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO PTAP	81
10.	DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED Y SUS ACCESORIOS	89
10.1.	CAUDAL DE DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN (RAMALES) DEL PROYECTO PROPUESTO.	90
10.2.	DIÁMETROS MÍNIMOS.	91
10.3.	PRESIONES MÍNIMAS.	91
10.4.	PRESIONES MÁXIMAS.	91
10.5.	VÁLVULAS DE CIERRE	91
10.6.	MODELACIÓN HIDRÁULICA DE DISEÑO	91
10.16.	TANQUE ELEVADO	104
10.17.	DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ACCESORIOS PROYECTADOS	109
10.17.1.	DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS DE LAVADO.	109
10.7.1.	DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS VENTOSA	111
10.7.2.	LOCALIZACIÓN DE OTROS ACCESORIOS.	112
10.8.	ANÁLISIS DEL GOLPE DE ARIETE.	113
10.8.1.	CÁLCULO DE LA CELERIDAD DE LA ONDA DE PRESIÓN.	115
10.8.2.	CÁLCULO DE FASE O PERIODO DE LA TUBERÍA (T)	116
10.8.3.	CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN (H_A)	116
10.8.4.	TIEMPO DE MANIOBRA LENTA PARA EVITAR EL GOLPE DE ARIETE (T)	117
10.9.	DIMENSIONAMIENTO DE ANCLAJES	117
10.9.1.	ANCLAJE PARA CODO SENTIDO HORIZONTAL.	118
10.9.2.	ANCLAJE PARA CODO SENTIDO VERTICAL INFERIOR (CÓNCALO).	118
10.9.3.	ANCLAJE PARA CODO SENTIDO VERTICAL SUPERIOR (CONVEXO).	119
10.10.	CIMENTACIÓN DE TUBERÍA	119
10.10.1.	MATERIALES A UTILIZAR EN EL ATRAQUE DE LA CIMENTACIÓN	121
10.10.2.	RELLENO DE ARENA LAVADA DE RÍO	121
10.10.3.	MATERIAL A UTILIZAR EN EL RELLENO DE LA CIMENTACIÓN	121
11.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO	122
12.	ASPECTOS DE OPERACIÓN	123

11.2. ASPECTOS DEL MANTENIMIENTO	133
11.3. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	139
13. BIBLIOGRAFÍA	141



1 INTRODUCCIÓN

El contenido del actual documento se ha elaborado con base en el protocolo formulado por el Plan Departamental del Agua - PDA, siguiendo los requerimientos establecidos en los Pliegos de Condiciones, el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS con su resolución 0330 de 2017, entre otros.

En el presente Documento se hace una descripción detallada del de la vereda de Agua Bonita en el municipio de San José del Guaviare, el estudio de población y demanda de agua y diferentes estudios complementarios, no se puede hacerse un diagnóstico de la situación actual de los componentes del sistema de acueducto ya que no cuenta con este mismo, permitiendo la identificación del problema, la conceptualización de criterios y valores para la formulación de alternativas de solución al sistema de almacenamiento en la prestación de los servicios básicos de Acueducto.

Indudablemente el recurso hídrico es un elemento vital para la supervivencia de todo ser vivo y por lo tanto es un derecho mínimo de todo ser humano el tener acceso a este y así misma responsabilidad de todo gobierno el generar obras que garanticen la correcta distribución y manejo de este recurso. Para este hecho se genera la construcción del sistema de acueducto que tiene como función en la captación, transporte, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua a cada habitante de la localidad.

Desde los puntos de vista social, urbanístico, ambiental, de mejoramiento de salud pública, se hace necesario ejecutar el estudio técnico del sistema de acueducto para la vereda de Agua Bonita.

El Municipio de San José orienta su desarrollo hacia la explotación de los recursos naturales mediante la implementación de servicios de turismo, recreación y descanso. Por tal razón el mejoramiento de la infraestructura de servicios públicos constituye un paso primordial para el logro de este objetivo.

El documento del presente diseño parte de información suministrada de la entidad de la empresa de servicios público. Se inicia con una explicación generalizada de las condiciones del área de influencia, las obras desarrolladas en el sector, y el estado de funcionamiento del mismo.

En los países de desarrollo, son diversas las explicaciones por falta de atención con sistemas de acueducto, una de las explicaciones es por el alto costo para la construcción, operación y mantenimiento de este mismo.

Es así, que se deben buscar alternativas para atender la demanda de servicios de saneamiento y salud pública por la viabilidad técnica y económica de soluciones que reduzcan los costos y simultáneamente mantengan su eficiencia. Para el efecto, y como será demostrado en el presente informe, es necesario aplicar modernas técnicas de diseños en atención a las normas y reglamentos vigentes en nuestro país y garantiza la sostenibilidad de los sistemas.

En la elaboración de un proyecto de sistemas de acueducto es necesaria la consideración económica; debe representar un balance adecuado entre los costos de construcción y operación, y los costos esperados por daños y perjuicios de inundación para el periodo de diseño.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño técnico del sistema de acueducto de agua para la vereda Agua Bonita perteneciente al municipio de San José de Guaviare Departamento de Guaviare, con todos los componentes utilizando como fuente de suministro caño negro.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Lograr la eficiente aplicación del diseño propuesto, mediante la ejecución planificada de las diferentes actividades. Lo anterior, a que el diseño propuesto es un sistema completo que funciona de manera integral y necesita que se construyan las diferentes estructuras en un orden específico para el sistema de acueducto de la vereda de Agua Bonita en el municipio de San José de Guaviare.
- ✓ Determinar la tendencia de crecimiento de la población de la vereda de Agua Bonita en el municipio de San José de Guaviare con el fin de hacer la predicción de la población futura o de diseño.
- ✓ Seleccionar las operaciones unitarias del sistema de tratamiento de agua potable.
- ✓ Brindar al constructor una herramienta eficaz para que ejecute el proyecto de la manera como fue planteado y como debe ser construido.
- ✓ Lograr una ejecución planeada de las diferentes estructuras y etapas del proyecto.
- ✓ Servir de base para la planeación de las inversiones, optimizando el uso de los recursos económicos.
- ✓ Disminuir en lo posible las molestias ocasionadas a la ciudadanía por la construcción de las obras.
- ✓ Proponer una guía de operación y mantenimiento del sistema.



3 ASPECTOS GENERALES

3.1. ALCANCE DEL PROYECTO

La vereda de Agua Bonita del municipio de San José de Guaviare está sufriendo un proceso de saneamiento básico, que busca con esto cambiar y mejorar la calidad de vida y la infraestructura. Para esto se propone nuevas condiciones de funcionamiento al sistema de acueducto ya que generan una nueva demanda.

El presente estudio comprende el diseño del sistema de acueducto para la vereda Agua Bonita del municipio de San José de Guaviare; se entrega con el diseño sus respectivas memorias de cálculo y planos digitales e impresos. A continuación, y con el ánimo de presentar al lector un resumen sobre la teoría y los elementos de diseño de los sistemas de acueducto y de alcantarillado sanitarios, se expone la norma RAS 2000, capítulo D.4 y algunas otras regulaciones sobre el tema, bajo la actualización hecha por la resolución 0330 de 2017.

3.1.1. ALCANCE DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

Se pretende ejecutar una evaluación al sistema realizando una proyección de la densidad poblacional para tener mayor certeza de la magnitud aproximada de caudales a evacuar.

El propósito de los diseños es fijar los criterios básicos, los requisitos mínimos y los valores específicos y límites que deben tenerse en cuenta en los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad técnica, eficiencia de operación, sostenibilidad y redundancia, dentro del sistema determinado.

Los presentes diseños incluye el cálculo de la demanda de agua, las fuentes de abastecimiento, las captaciones de agua superficial, las aducciones y conducciones, las redes de distribución, las estaciones de bombeo de agua cruda y agua tratada, los tanques de almacenamiento y compensación que forman parte de los sistemas de acueducto, el análisis de vulnerabilidad y gestión del riesgo asociados a proyectos de sistemas de acueducto, cuyas prescripciones particulares deben seguirse según lo indicado en la normatividad Colombiana.



4. MARCO LEGAL

4.1.1. CONSTITUCIÓN POLITICA DE COLOMBIA

- De la finalidad social del estado y de los servicios públicos domiciliarios: artículos 334, 365, 367, 368, 369 y 370.
- Conservación del medio ambiente: artículos 58, 63, 79, 80, 81, 82, 103, 244, 268, 277, 282, 300, 301, 333, 334, 339, 340, 360, 361.
- Régimen territorial: artículos 285, 286, 288, 300, 306, 318, 319, 320, 321.

4.1.2. SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS

- Ley 142 De 1994, “Por el cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios” y todos los decretos y resoluciones reglamentarios de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y la Comisión de Regulación de Agua Potable (CRA) en especial: Resolución CRA 287 de 2004, Metodología tarifaria para regular el cálculo de los costos de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado.
- En el Artículo 6º de la Resolución 1795 de la CRA, todos los sistemas de acueducto están comprometidos a realizar esfuerzos para disminuirlas al máximo pues el nivel máximo de agua no contabilizada que se aceptará para el cálculo de los costos de la prestación del servicio de acueducto será del 30%. De otro lado la Ley 373 de junio de 1997, por la cual se establece el programa para uso eficiente y ahorro del agua, invita a hacer esfuerzos ingentes para reducir las pérdidas de los sistemas de acueducto en el territorio nacional.

4.1.3. PLANEACIÓN

- Ley 136 de 1994 “Por la cual se dictan normas tendientes a modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios.
- Ley 152 de 1994 “Por la cual se establece la ley orgánica del plan de desarrollo.
- Ley 388 de 1997 “Por la cual se modifica la ley 9 de 1989, y la ley 3º de 1991 y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1753 de 2015 “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 – Todos por un Nuevo País.



4.1.4. MANEJO AMBIENTAL

- Dec-Ley 2811 de 1974, “Código Nacional De Los Recursos Naturales Renovables y de protección del medio ambiente.”
- Decreto 1541 de 1978, Del dominio de las aguas, cauces y riberas; de la explotación y ocupación de playas cauces y lechos; de las obras hidráulicas.
- Decreto 1594 de 1984, “Usos del agua y residuos líquidos”.
- Ley 9 de 1979, “El Código Sanitario”.
- Ley 99 de 1993, “Por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se ordena 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.”
- Decreto 1729 de 2002, “por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 Código Nacional De Los Recursos Naturales Renovables y de protección del medio ambiente y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 3100 de 2003 “Sobre tasas retributivas”.
- Decreto 1180 de 2003, “Sobre Licencias ambientales”.
- Ley 373 de 1997 “por la cual se establece el programa para uso eficiente y ahorro del agua, invita a hacer esfuerzos ingentes para reducir las pérdidas de los sistemas de acueducto en el territorio nacional”.
- 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”.
- Decreto 1575 de 2007. “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

4.1.5. NORMAS TÉCNICAS

- RESOLUCIÓN NO. 0330 de 08 de junio de 2017 - “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.”, determinan los requisitos técnicos mínimos que deben cumplir las obras y procedimientos que se utilicen para adelantar las actividades básicas y complementarias a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y

saneamiento básico y hace referencia a Normas Técnicas Colombianas y a Normas Técnicas Internacionales.

- Código Colombiano de Fontanería – Norma Técnica Colombiana NTC – 1500; Esta norma establece los requisitos mínimos para garantizar el funcionamiento correcto de los sistemas de abastecimiento de agua potable; sistemas de desagüe de aguas negras y lluvias; sistemas de ventilación; y aparatos y equipos necesarios para el funcionamiento y uso de estos sistemas.

4.1.6. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, A TRAVÉS DEL VICEMINISTERIO DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO

- Resolución 661 de 2019 “Por la cual se establecen los requisitos de presentación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico que soliciten apoyo financiero de la Nación, así como de aquellos que han sido priorizados en el marco de los Planes Departamentales de Agua y de los programas que implemente el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, a través del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, se deroga la resolución 1063 de 2016 y se dictan otras disposiciones”, expedida por este Ministerio el pasado 23 de septiembre de 2019.

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

5.1.1. SAN JOSE DEL GUAVIARE

El municipio de San José del Guaviare, es la capital del Departamento del Guaviare, cuenta con una extensión territorial aproximada de 1.660.000 Km² (kilómetros cuadrados), el cual corresponde a una ocupación del 30% del territorio Departamental. Se encuentra dentro de las cuencas hidrográficas de los ríos Guayabero y Guaviare, con predominancia de territorios planos y dentro de la zona de transición entre la Orinoquía y la Amazonía.

Capital del Departamento del Guaviare, se encuentra localizado al suroriente colombiano a 278 Km de la ciudad de Villavicencio y 376 Km de la capital del país, con una temperatura promedio de 25 °C a 175 msnm, está localizado en la parte norte del Departamento; Limita al norte con el Departamento del Meta, al Sur con los Municipios de Calamar y El Retorno, al Oriente con el Departamento del Guainía, al Occidente con el Departamento del Caquetá.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

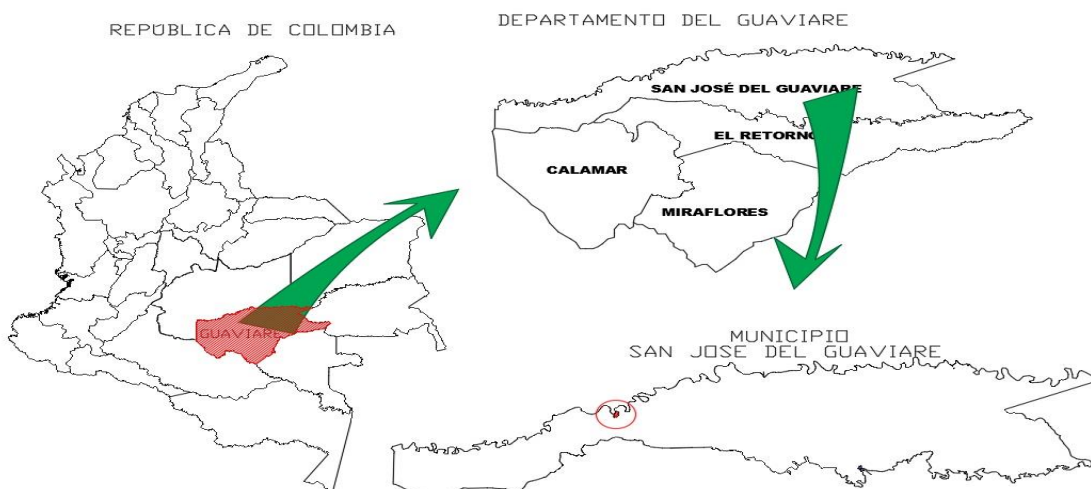


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Ilustración 1 Ubicación municipio San José del Guaviare

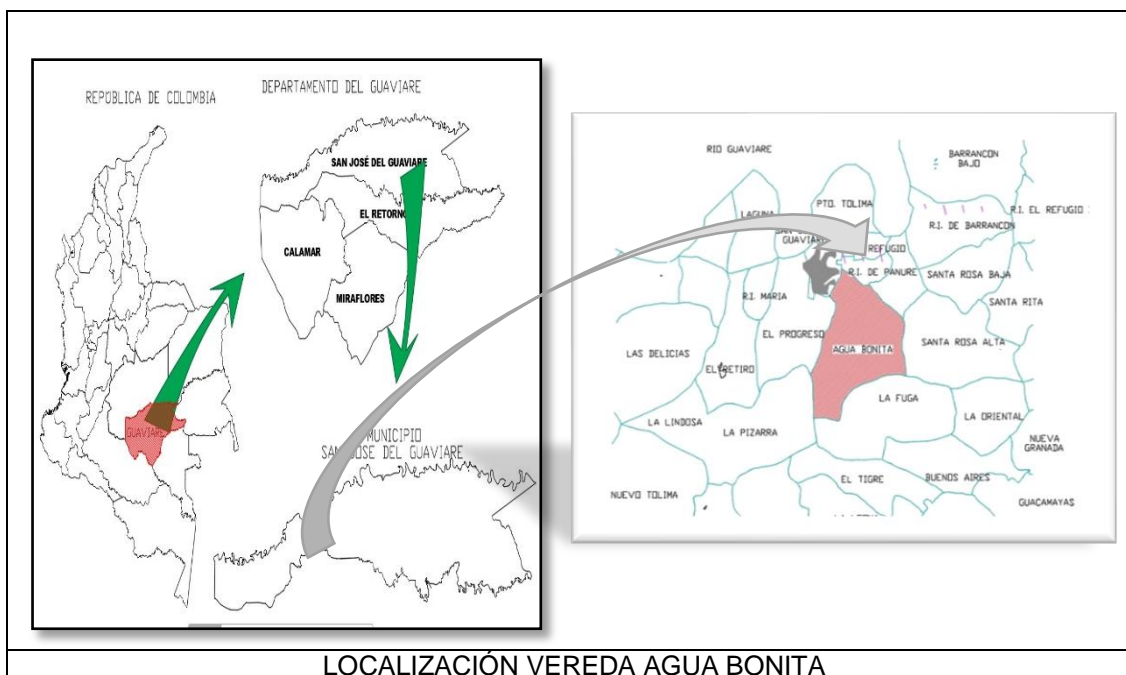


Fuente: Esta Consultoría.

5.1.2. AGUA BONITA

La vereda Agua Bonita está ubicada al sur del municipio de San José del Guaviare, a 10 minutos de la cabecera del municipio de San José del Guaviare con aproximadamente 189 viviendas dispersas por toda la zona.

Ilustración 2. Localización de la vereda Agua Bonita



LOCALIZACIÓN VEREDA AGUA BONITA

Fuente: Esta Consultoría.

6. ACTIVIDADES PRELIMINARES

Para alcanzar el objetivo propuesto, en lo concerniente al diseño hidráulico del sistema de acueducto y al sistema de alcantarillado sanitario, se realizaron las actividades preliminares que se enumeran a continuación:

- ❖ Topografía Detallada
- ❖ Estudio de suelos
- ❖ Estudio hidrogeológico
- ❖ Análisis de agua con su respectiva tratabilidad

4 PARAMETROS DE DISEÑO DE SISTEMA DE ACUEDUCTO

El sistema de acueducto de la vereda de Agua Bonita del municipio de San José de Guaviare, está proyectado para darles solución a la inexistencia del suministro de agua potable.

El trabajo que se deben realizar hoy en día no es tanto de diseño y ampliación de redes en grandes ciudades, sino la creación de infraestructura necesaria en poblaciones pequeñas, con miras a lograr soluciones adecuadas y acordes con una limitada inversión de capital. Por esta razón los diseños y normas que se incluyen en este proyecto se orientan a una solución básica.

10.6. 4.1. BONDADES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

De acuerdo a la encuesta hecha, los habitantes de Agua Bonita protegen las fuentes conservando la vegetación que hay en las orillas de los caños. Pero esto no es suficiente hace falta un mejor cuidado para el cuidado de las fuentes hídricas como una campaña de forestación que sirva en la prevención de derrumbes.

Adicionalmente a los beneficios técnicos para el sistema, tiene otros beneficios indirectos de carácter económico y social, algunos de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Permite disminuir los costos de tratamiento, con el control de pérdidas, se logra también reducir el consumo y de paso la cantidad de agua a tratar, por tanto, menor cantidad de insumos.

- Mejora de manera general la presión.
- Mejora las condiciones de vida de la población porque permite el suministro de agua 100% tratada al 100% de la población rural.
- Utiliza una nueva fuente de suministro de agua para el casco rural, fuente que en la actualidad no está siendo utilizada para ningún otro sistema.
- Permite la localización de una nueva planta de tratamiento en la parte alta, al occidente del casco rural del municipio.
- Con la nueva planta de tratamiento, se logra llegar al 100% del tratamiento en el agua que se suministra a la población en su casco rural.
- Permite ampliar el perímetro de servicios en el sector del casco rural del municipio.

Adicionalmente a los beneficios técnicos para el sistema, tiene otros beneficios indirectos de carácter económico y social, algunos de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Permite implementar el micromedición y la macromedición, para lograr un control efectivo de pérdidas.
- Permite disminuir los costos de tratamiento, con el control de perdidas, se logra también reducir el consumo y de paso la cantidad de agua a tratar, por tanto, menor cantidad de insumos.
- Mejora de manera general la presión.
- Mejora las condiciones de vida de la población porque permite el suministro de agua 100% tratada al 100% de la población rural.
- Disminuye la fragilidad del sistema, en lo que se refiere a la continuidad, porque será prácticamente imposible que los tres sistemas de acueducto tengan problemas de estabilidad de manera simultánea, en periodos de sequía se complementan, si se tiene en cuenta que cuando estas se acentúan, la mayoría de las fuentes se disminuyen a niveles que pueden afectar el suministro.

En términos generales el sistema de acueducto tiene amplias ventajas técnicas, económicas y sociales al ser un complemento ideal a los sistemas de suministros siendo un proyecto 100% recomendable.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

5 ESTUDIO DE LA POBLACIÓN

A continuación, se adelanta el análisis de la población, basado en la información recolectada por esta consultoría a través del DANE y la secretaria de planeación e infraestructura y de las TIC's municipal.

En primer lugar, se determinará la población actual con la que cuenta la vereda de Agua Bonita, esto a partir de un censo elaborado por la consultoría.

Como segundo paso se establecerán las tasas de crecimiento de la población, analizando la información suministrada por el DANE, donde presenta datos de censos generales las proyecciones desde el año 1973 hasta el año 2021 tanto departamentales como municipales.

A través de los métodos aritmético, geométrico, exponencial y wappaus, se estimará la tasa de crecimiento, a partir de la cual se realizará la proyección de la población para el sistema de acueducto.

Una vez se obtengan los resultados, se evaluarán las diferentes tasas y las similitudes entre los años de análisis y las fuentes registradas, así se estimará el método y la tasa más adecuada.

10.7. 5.1. DEFINICIÓN DEL PERIODO DE DISEÑO

A partir de lo especificado en los Títulos B y D del RAS los períodos de diseño de los diferentes elementos que conforman un sistema de agua potable y saneamiento básico se han resumido en el **Artículo 40 (Resolución 0330 de 2017)**. Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como **período de diseño 25 años**.

10.8. 5.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN NÚMERO DE POBLACIÓN

La vereda de Agua Bonita, está conformada por 189 viviendas, los domicilios son de una sola planta, un 40% de los hogares se hallan en malas condiciones de habitabilidad, en cuanto a la salubridad se encuentran en mal estado, las viviendas solo cuentan con un pozo séptico.

En el instrumento recolectado de información, se realizó un censo a esta comunidad, el cual se encuentra en el anexo 1 del presente estudio.

10.9. 5.3. METODOS DE CALCULO DE LA POBLACIÓN

Teniendo en cuenta las determinaciones del RAS - Resolución 0330 de 2017 en el artículo 40, el periodo de diseño, se tomará a 25 años el horizonte de diseño.

5.3.1. METODO ARITMÉTICO

Este método se caracteriza por un incremento constante de la población, es decir se tiene una tasa constante de crecimiento lineal, lo que supone un desarrollo vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})$$

La tasa de crecimiento lineal, es el más simple de todos, supone que la población tiene un comportamiento lineal y, por ende, la razón de cambio se supone constante donde se incrementa en la misma cantidad cada unidad de tiempo considerada. Es decir, en el modelo aritmético el supuesto básico consiste en que la población crece en un mismo monto (cantidad) cada unidad de tiempo. Esta tasa solo es aconsejable para períodos cortos de tiempo (menor de dos años). La fórmula para la tasa de crecimiento bajo el supuesto modelo aritmético es:

$$r = \frac{P^{t+n} - P^t}{a(P^t)}$$

Dónde:

- r = Tasa de crecimiento anual aritmético
- P(t+n) = Población al momento actual
- P(t) = Población al momento inicial o población base.
- a = Amplitud o distancia entre las dos poblaciones de referencia

5.3.2. METODO GEOMÉTRICO

Este método es útil en poblaciones que muestran una actividad económica importante. El crecimiento es geométrico si el aumento de la población es proporcional al tamaño de la misma. La ecuación empleada es:

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Donde las variables son definidas igual que el método anterior, y r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal, calculada de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{1/(T_{uc}-T_{ci})} - 1$$

Dónde:

P_f =	Población (habitantes) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población
$P(uc)$ =	Población (habitantes) correspondiente al último año censado con información.
$P(ci)$ =	Población (habitantes) correspondiente al censo inicial con información.
$T(uc)$ =	Año correspondiente al último censo con información.
$T(ci)$ =	Año correspondiente al censo inicial con información.
T_f =	Es el año al cual se quiere proyectar la información.

5.3.3. METODO EXPONENCIAL

Inicialmente se calculan las tasas de crecimiento de la población (K) para cada par de los datos censales conocidos, se tomarán todos los años de los censos conocidos. Las ecuaciones empleadas por este método son las siguientes:

$$P_f = P_{ci} * e^{k*(T_f-T_{ci})}$$

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Dónde:

P_{cp} =	población del censo posterior
P_{ca} =	población del censo anterior
T_{cp} =	años correspondiente al censo posterior
T_{ca} =	años correspondiente al censo anterior
\ln =	logaritmo natural o neperiano

5.3.4. METODO DE WAPPAUS

Según recomendaciones del RAS, este método se debe utilizar para todos los niveles de complejidad. Es un método poco común.

Usando el primero y el último de los datos censales, obtenemos la tasa de crecimiento poblacional utilizando la siguiente ecuación:

$$i = \frac{200 * (P_{uc} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci}) * (P_{ci} + P_{uc})}$$

La ecuación que se emplea para el cálculo de la proyección al año 2045 de la población es la siguiente.

$$P_f = P_{ci} * \frac{(200 + i * (T_f - T_{ci}))}{(200 - i * (T_f - T_{ci}))}$$

10.10. 5.4. ESTIMACIÓN DE TASAS DE CRECIMIENTO

Se hará un análisis del comportamiento demográfico a través de los años teniendo en cuenta las fuentes de información existentes hasta llegar a la adopción de una tasa de crecimiento que manifieste el comportamiento en el la zona rural del municipio a través de la comparación de resultados.

Estimativo de la tasa de crecimiento anual según censos realizados por el DANE. En el cálculo de este parámetro se tomó como información de análisis los censos realizados en los años 1973, 1985, 1993 y 2005 para la cabecera del Departamento de Guaviare y luego aplicado a la zona de estudio (municipio de Calamar). En la siguiente tabla se presenta los resultados de las tasas de crecimiento de los censos realizados por el DANE.

Tabla 1 Tasa de crecimiento anual cabecera según censos realizados por el DANE para el departamento de Guaviare.

PROYECCIÓN DANE (CABECERA)		TASAS			
AÑO	POBLACIÓN	(K) ARITMÉTICO	(r) GEOMÉTRICO	(r) EXPONENCIAL	WAPPAUS
1973	14 171				
1985	57 396	0.57%	0.51%	-7.70%	0.51%
1993	76 680	6.57%	3.56%	4.16%	3.15%
2005	95 551	5.09%	3.34%	5.99%	3.11%
2018	115 829	0.82%	0.78%	0.78%	0.78%
	PROMEDIO	3.26%	2.05%	0.81%	1.89%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de las tasas de crecimiento intercensales para el departamento en la cabecera.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

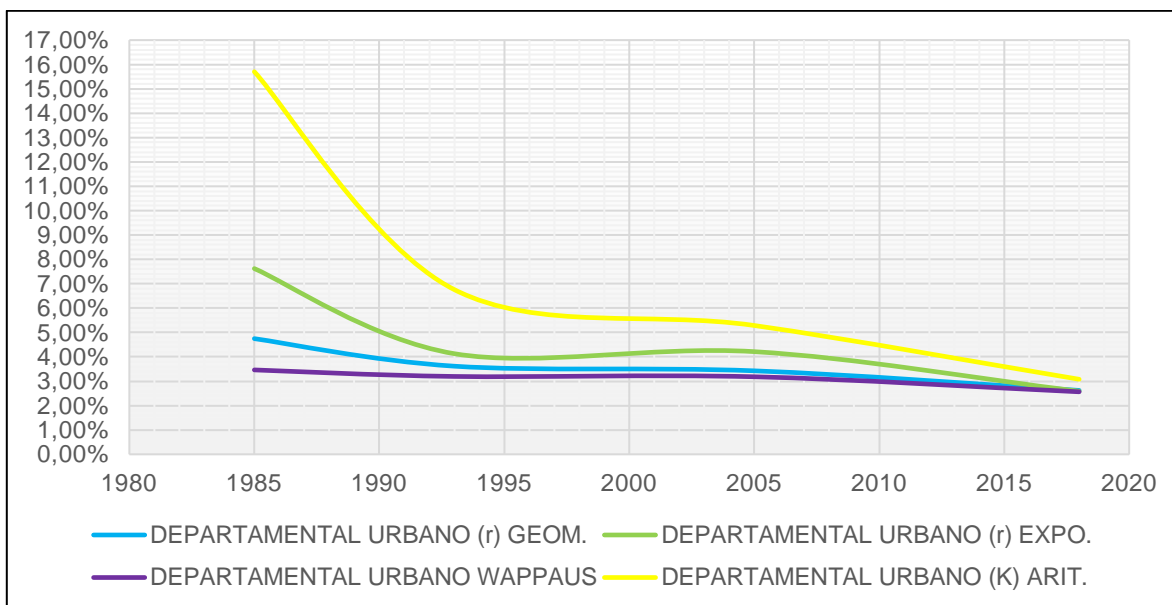


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Ilustración 3. Comportamiento tasa de crecimiento anual cabecera según censos realizados por el DANE para el departamento de Guaviare.



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Tabla 2. Tasa de crecimiento anual rural según censos realizados por el DANE para el departamento de Guaviare.

PROYECCIÓN DANE (RURAL)		TASAS			
AÑO	POBLACIÓN	(K) ARITMÉTICO	(r) GEOMÉTRICO	(r) EXPONENCIAL	WAPPAUS
1973	129 620				
1985	151 725	0.24%	0.23%	1.31%	0.23%
1993	165 463	-0.16%	-0.17%	3.28%	-0.17%
2005	189 143	-1.09%	-1.26%	-0.35%	-1.26%
2018	143 569	-1.85%	-2.10%	-2.12%	-2.11%
	PROMEDIO	-0.72%	-0.82%	0.53%	-0.83%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

En la siguiente grafica se muestra el comportamiento de las tasas de crecimiento intercensales para el departamento en la zona rural.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

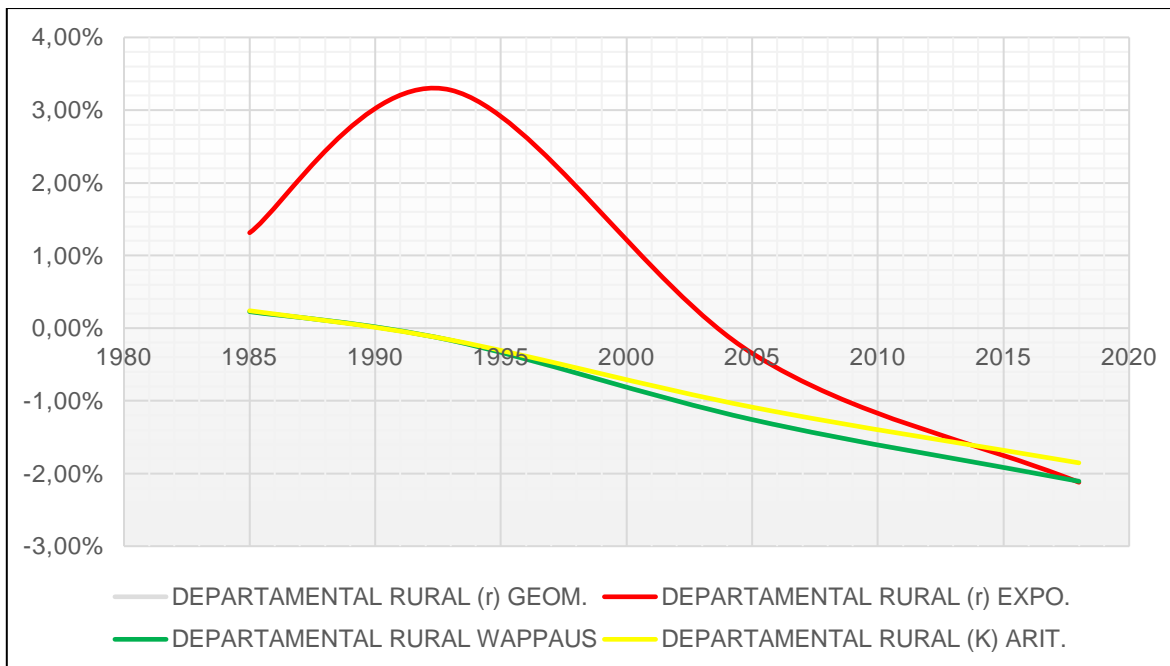


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Ilustración 4. Comportamiento tasa de crecimiento rural anual según censos realizados por el DANE para el departamento de Guaviare.



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Tabla 3. Tasa de crecimiento anual cabecera según censos realizados por el DANE para el municipio de Calamar.

PROYECCIÓN DANE (CABECERA)		TASAS			
AÑO	POBLACIÓN	(K) ARITMÉTICO	(r) GEOMÉTRICO	(r) EXPONENCIAL	WAPPAUS
1973	4 226				
1985	10 885	0.57%	0.51%	-7.70%	0.51%
1993	10 270	6.57%	3.56%	4.16%	3.15%
2005	12 617	5.09%	3.34%	5.99%	3.11%
2018	14 464	0.82%	0.78%	0.78%	0.78%
	PROMEDIO	3.26%	2.05%	0.81%	1.89%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de las tasas de crecimiento intercensales para el municipio en la cabecera.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

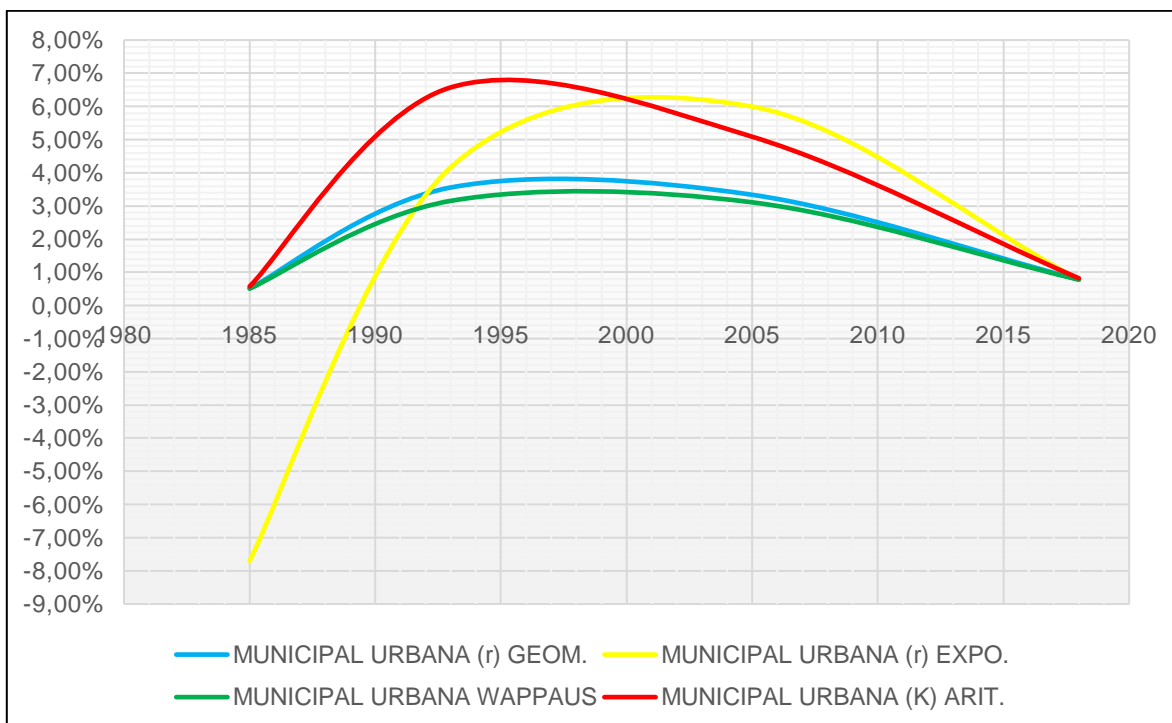


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Ilustración 5 Comportamiento tasa de crecimiento anual cabecera según censos realizados por el DANE para el municipio de Calamar.



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

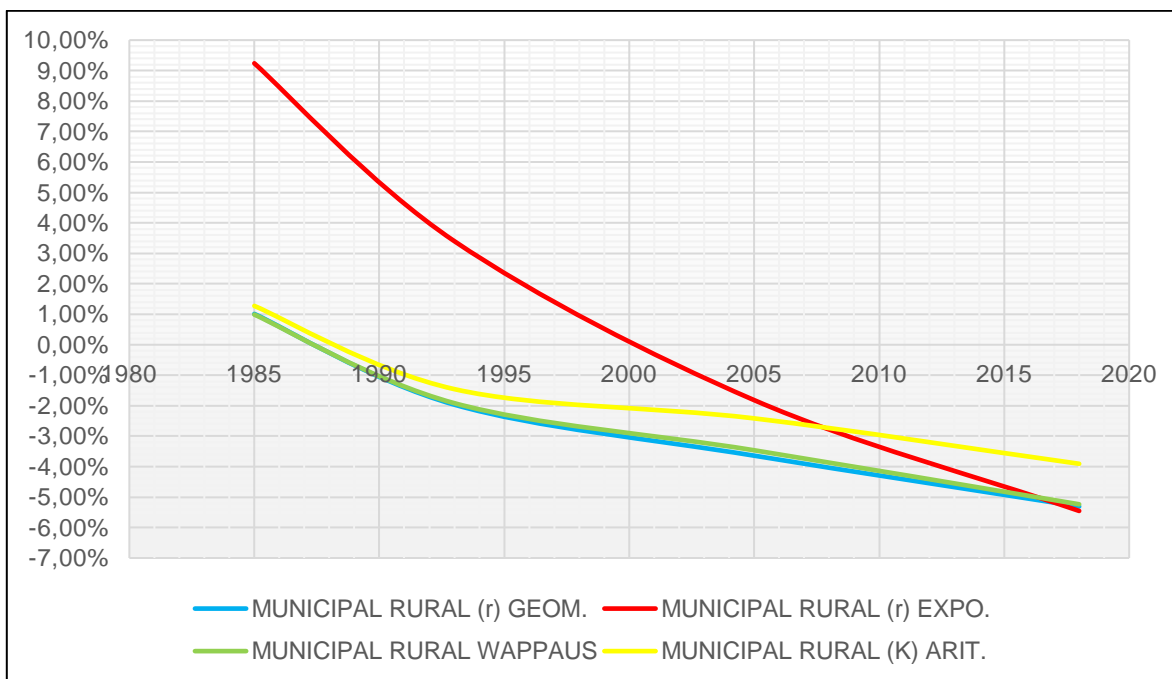
Tabla 4. Tasa de crecimiento anual rural según censos realizados por el DANE para el municipio de Calamar.

PROYECCIÓN DANE (RURAL)		TASAS			
AÑO	POBLACIÓN	(K) ARITMÉTICO	(r) GEOMÉTRICO	(r) EXPONENCIAL	WAPPAUS
1973	19 960				
1985	23 945	1.27%	1.01%	9.24%	0.99%
1993	22 335	-1.46%	-1.97%	3.40%	-1.92%
2005	19 791	-2.42%	-3.64%	-1.82%	-3.46%
2018	12 053	-3.91%	-5.31%	-5.45%	-5.24%
	PROMEDIO	-1.63%	-2.48%	1.34%	-2.41%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

En la siguiente grafica se muestra el comportamiento de las tasas de crecimiento intercensales para el municipio en la zona rural.

Ilustración 6. Comportamiento tasa de crecimiento anual rural según censos realizados por el DANE para el municipio de Calamar.



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

En la siguiente tabla se presenta un comparativo de las tasas de crecimiento intercensales correspondiente a la cabecera y zona rural para el departamento y el municipio.

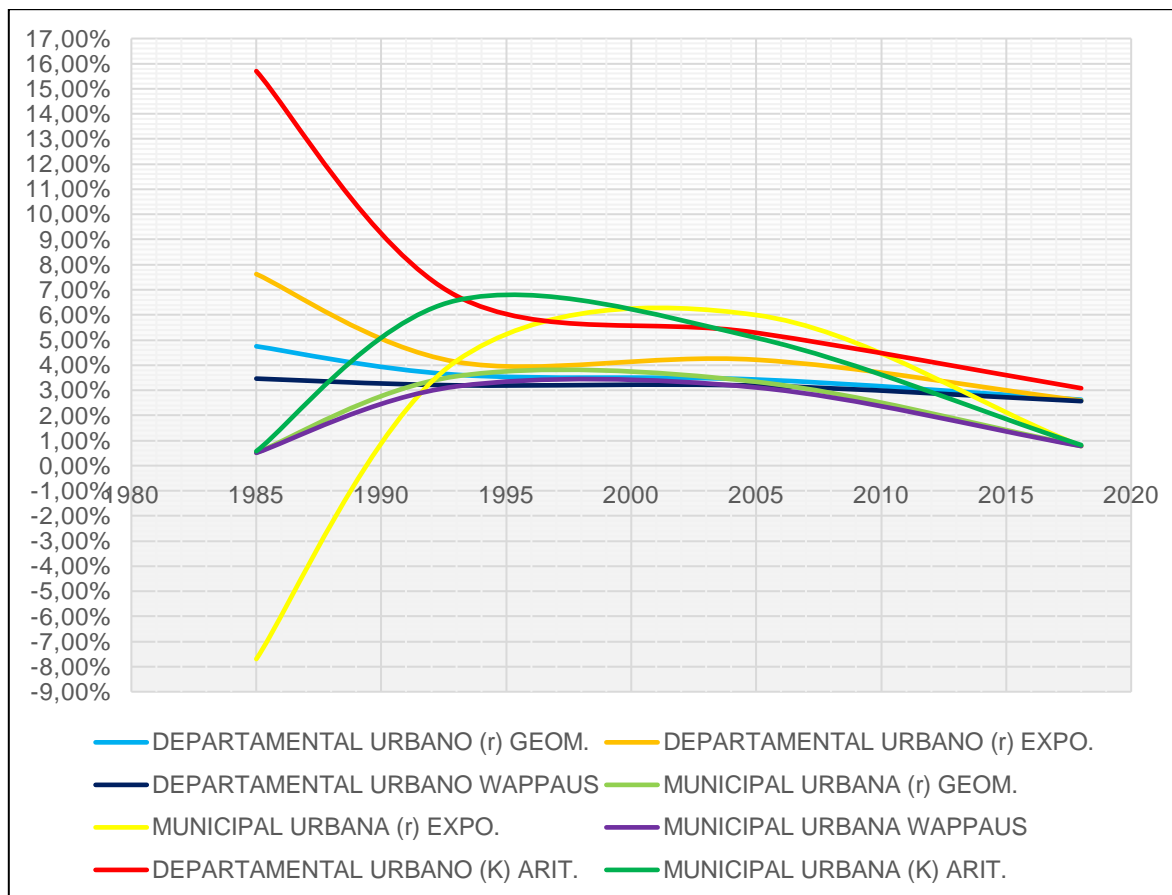
Tabla 5. Comparativo tasas intercensales (cabecera)

CENSO	DEPARTAMENTAL				MUNICIPAL			
	(K) ARIT.	(r) GEOM.	(r) EXPO.	WAPPAUS	(K) ARIT.	(r) GEOM.	(r) EXPO.	WAPPAUS
1973								
1985	15.70%	4.75%	7.62%	3.46%	0.57%	0.51%	-7.70%	0.51%
1993	6.76%	3.62%	4.13%	3.20%	6.57%	3.56%	4.16%	3.15%
2005	5.29%	3.43%	4.21%	3.18%	5.09%	3.34%	5.99%	3.11%
PROMEDIO	3.08%	2.62%	2.59%	2.57%	0.82%	0.78%	0.78%	0.78%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

En la siguiente grafica se muestra un comparativo del comportamiento de las tasas de crecimiento intercensales para el departamento y el municipio en la cabecera.

Ilustración 7. Comparativo tasas intercensales (cabecera)



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Como se observa en la gráfica anterior, las tasas de crecimiento para el municipio y para el departamento en la cabecera presentan valores decrecientes y distantes, con la presencia de tasas negativas en los censos municipales, a diferencia de las tasas positivas obtenidas a partir de los censos departamentales. Teniendo en cuenta los reportes obtenidos de la secretaria de planeación e infraestructura y de las TIC's municipal, en el cual se observa el crecimiento de suscriptores año 2010-2019, se puede decir que existe una mayor semejanza de estos datos al comportamiento registrado por el DANE a nivel departamental, en el cual se obtienen tasas positivas de crecimiento de la población que decrecen.

Tabla 6. Comparativo tasas intercensales (rural)

CENSO	DEPARTAMENTAL RURAL				MUNICIPAL RURAL			
AÑO	(K) ARIT.	(r) GEOM.	(r) EXPO.	WAPPAUS	(K) ARIT.	(r) GEOM.	(r) EXPO.	WAPPAUS
1973								
1985	16.32%	4.83%	15.57%	3.49%	1.27%	1.01%	9.24%	0.99%
1993	0.87%	0.77%	3.30%	0.76%	-1.46%	-1.97%	3.40%	-1.92%
2005	-0.05%	-0.05%	-0.16%	-0.05%	-2.42%	-3.64%	-1.82%	-3.46%



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



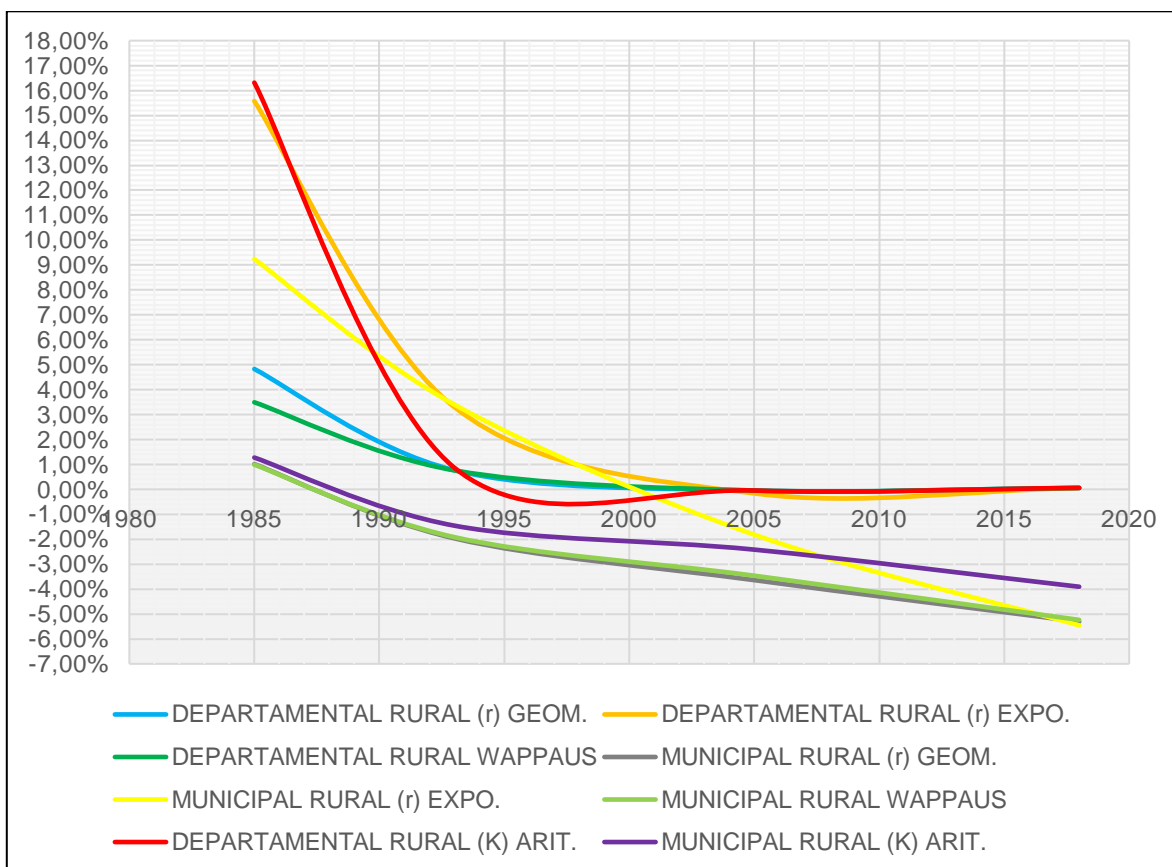
www.guaviare.gov.co

2018	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	-3.91%	-5.31%	-5.45%	-5.24%
PROMEDIO	4.30%	1.40%	4.69%	1.07%	-1.63%	-2.48%	1.34%	-2.41%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

En la siguiente grafica se muestra un comparativo del comportamiento de las tasas de crecimiento intercensales para el departamento y el municipio en su zona rural.

Ilustración 8. Comparativo tasas intercensales (rural)



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Como se observa en la gráfica anterior, las tasas de crecimiento para el municipio y para el departamento en la cabecera presentan valores decrecientes y distantes, con la presencia de tasas negativas. Teniendo en cuenta los reportes obtenidos de la secretaria de planeación e infraestructura y de las TIC's municipal, en el cual se observa el crecimiento de suscriptores año 2010-2021, se puede decir que no existe semejanza de estos datos al comportamiento registrado por el DANE a nivel departamental y municipal.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

10.11.5.5. ESTIMATIVO DE LA TASA DE CRECIMIENTO ANUAL SEGÚN PROYECCIONES REALIZADOS POR EL DANE PARA DATOS DEPARTAMENTALES.

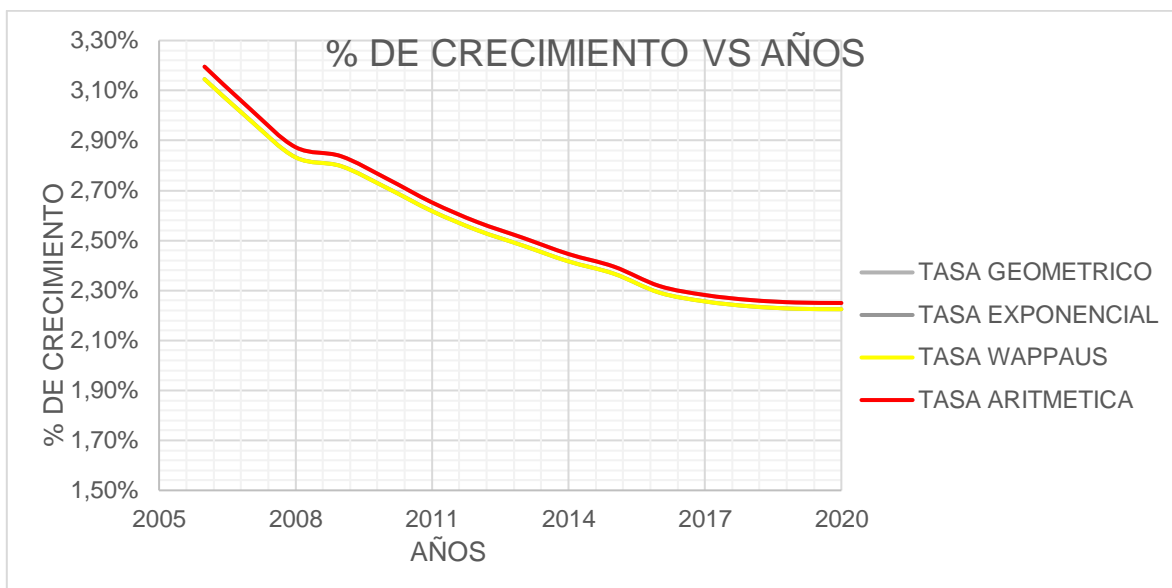
El resumen de los resultados obtenidos en cada una de las metodologías descritas en el título Métodos de Cálculo de la población se presenta en las siguientes Tablas.

Tabla 7. Resumen de las tasas de crecimiento según datos DANE para el departamento de Guaviare (Cabecera)

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL DEPARTAMENTO DE GUAVIARE					
PROYECCION DANE CENSO 2005 (CABECERA)		METODO			
AÑO	POBLACIÓN	TASA ARITMETICA	TASA GEOMETRICO	TASA EXPONENCIAL	TASA WAPPAUS
2005	49 789				
2006	51 380	3.20%	3.20%	3.15%	3.15%
2007	52 935	3.03%	3.03%	2.98%	2.98%
2008	54 456	2.87%	2.87%	2.83%	2.83%
2009	56 001	2.84%	2.84%	2.80%	2.80%
2010	57 540	2.75%	2.75%	2.71%	2.71%
2011	59 066	2.65%	2.65%	2.62%	2.62%
2012	60 586	2.57%	2.57%	2.54%	2.54%
2013	62 107	2.51%	2.51%	2.48%	2.48%
2014	63 626	2.45%	2.45%	2.42%	2.42%
2015	65 150	2.40%	2.40%	2.37%	2.37%
2016	66 660	2.32%	2.32%	2.29%	2.29%
2017	68 181	2.28%	2.28%	2.26%	2.26%
2018	69 723	2.26%	2.26%	2.24%	2.24%
2019	71 293	2.25%	2.25%	2.23%	2.23%
2020	72 897	2.25%	2.25%	2.22%	2.22%
2021	72 998	2.25%	2.25%	2.22%	2.22%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Ilustración 9. Comportamiento tasas de crecimiento proyecciones DANE para el departamento de Guaviare (Cabecera)



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Como se observa las tasas de crecimiento estimadas por los cuatro métodos presentan un comportamiento decreciente en todo el periodo evaluado (2005 – 2020). Los métodos presentan valores en el año 2005 de 3.20% a 3.15% y en el año 2021 de 2.25% a 2.22%.

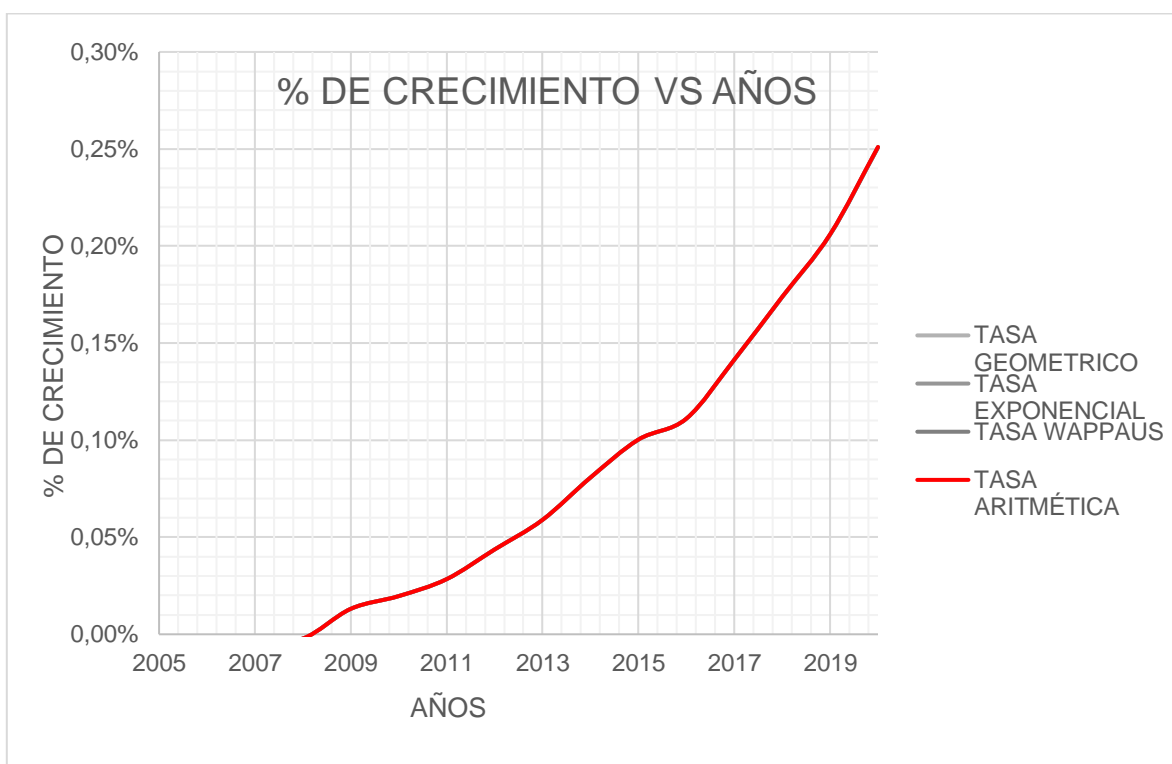
Tabla 8. Resumen de las tasas de crecimiento según datos DANE para el departamento de Guaviare (Rural)

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL DEPARTAMENTO DE GUAVIARE					
PROYECCION DANE CENSO 2005 (RURAL)		MÉTODO			
AÑO	POBLACIÓN	TASA ARITMÉTICA	TASA GEOMETRICO	TASA EXPONENCIAL	TASA WAPPAUS
2005	45 762				
2006	45 755	-0.02%	-0.02%	-0.02%	-0.02%
2007	45 753	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2008	45 752	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2009	45 758	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
2010	45 767	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%
2011	45 780	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%
2012	45 800	0.04%	0.04%	0.04%	0.04%
2013	45 827	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%
2014	45 864	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%

2015	45 910	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
2016	45 961	0.11%	0.11%	0.11%	0.11%
2017	46 026	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%
2018	46 106	0.17%	0.17%	0.17%	0.17%
2019	46 201	0.21%	0.21%	0.21%	0.21%
2020	46 317	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%
2021	46 522	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2020

Ilustración 10. Comportamiento tasas de crecimiento proyecciones DANE para el departamento de Guaviare (Rural)



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Como se observa las tasas de crecimiento estimadas por los cuatro métodos presentan un comportamiento creciente en todo el periodo evaluado (2005 – 2020). Los métodos presentan valores en el año 2005 de 0.02% y en el año 2021 de 0.25%.

10.12. 5.6. ESTIMATIVO DE LA TASA DE CRECIMIENTO ANUAL SEGÚN PROYECCIONES REALIZADOS POR EL DANE PARA DATOS MUNICIPALES

A continuación, se estiman las tasas implementadas por el DANE en las proyecciones de población, para los datos municipales de Calamar, se utilizan los 4 métodos anteriormente descritos y se realiza un análisis de resultados.

Tabla 9. Resumen de las tasas de crecimiento según datos DANE para el Municipio de Calamar (Cabecera)

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL MUNICIPIO DE CALAMAR					
PROYECCION DANE CENSO 2005 (CABECERA)		MÉTODO			
AÑO	POBLACIÓN	TASA ARITMÉTICA	TASA GEOMETRICO	TASA EXPONENCIAL	TASA WAPPAUS
2005	4 806				
2006	4 888	1.71%	1.71%	1.69%	1.69%
2007	4 962	1.51%	1.51%	1.50%	1.50%
2008	5 030	1.37%	1.37%	1.36%	1.36%
2009	5 090	1.19%	1.19%	1.19%	1.19%
2010	5 143	1.04%	1.04%	1.04%	1.04%
2011	5 190	0.91%	0.91%	0.91%	0.91%
2012	5 229	0.75%	0.75%	0.75%	0.75%
2013	5 262	0.63%	0.63%	0.63%	0.63%
2014	5 287	0.48%	0.48%	0.47%	0.47%
2015	5 305	0.34%	0.34%	0.34%	0.34%
2016	5 317	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%
2017	5 321	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%
2018	5 318	-0.06%	-0.06%	-0.06%	-0.06%
2019	5 309	-0.17%	-0.17%	-0.17%	-0.17%
2020	5 292	-0.32%	-0.32%	-0.32%	-0.32%
2021	5 312	-0.32%	-0.32%	-0.32%	-0.32%
	PROMEDIO	0.65%	0.65%	0.64%	0.64%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

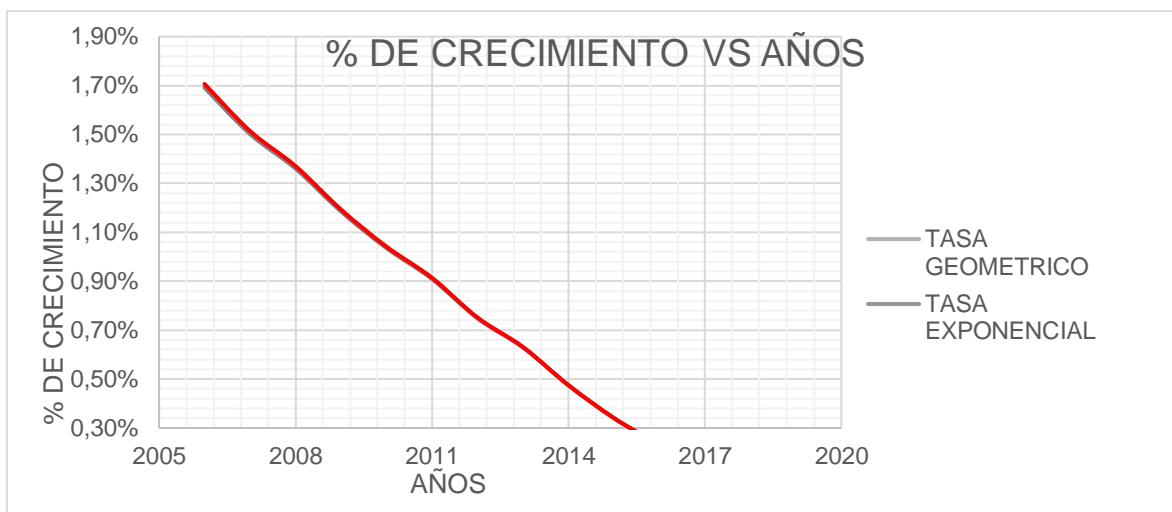


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Ilustración 11. Comportamiento tasas de crecimiento proyecciones DANE para el Municipio de Calamar (Cabecera)



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Los métodos Aritmético y Geométrico, presentan valores iguales, en el año 2005 de 1,71% y desde este año su tendencia es a decrecer con variación lineal

Tabla 10. Comportamiento tasas de crecimiento proyecciones DANE para el Municipio de Calamar (Cabecera)

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL MUNICIPIO DE CALAMAR					
PROYECCION DANE CENSO 2005 (RURAL)		MÉTODO			
AÑO	POBLACIÓN	TASA ARITMÉTICA	TASA GEOMETRICO	TASA EXPONENCIAL	TASA WAPPAUS
2005	6 377				
2006	6 098	-4.38%	-4.38%	-4.47%	-4.47%
2007	5 823	-4.51%	-4.51%	-4.61%	-4.61%
2008	5 550	-4.69%	-4.69%	-4.80%	-4.80%
2009	5 282	-4.83%	-4.83%	-4.95%	-4.95%
2010	5 018	-5.00%	-5.00%	-5.13%	-5.13%
2011	4 758	-5.18%	-5.18%	-5.32%	-5.32%
2012	4 505	-5.32%	-5.32%	-5.46%	-5.46%
2013	4 257	-5.50%	-5.50%	-5.66%	-5.66%
2014	4 017	-5.64%	-5.64%	-5.80%	-5.80%
2015	3 786	-5.75%	-5.75%	-5.92%	-5.92%
2016	3 559	-6.00%	-6.00%	-6.18%	-6.18%
2017	3 344	-6.04%	-6.04%	-6.23%	-6.23%



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare

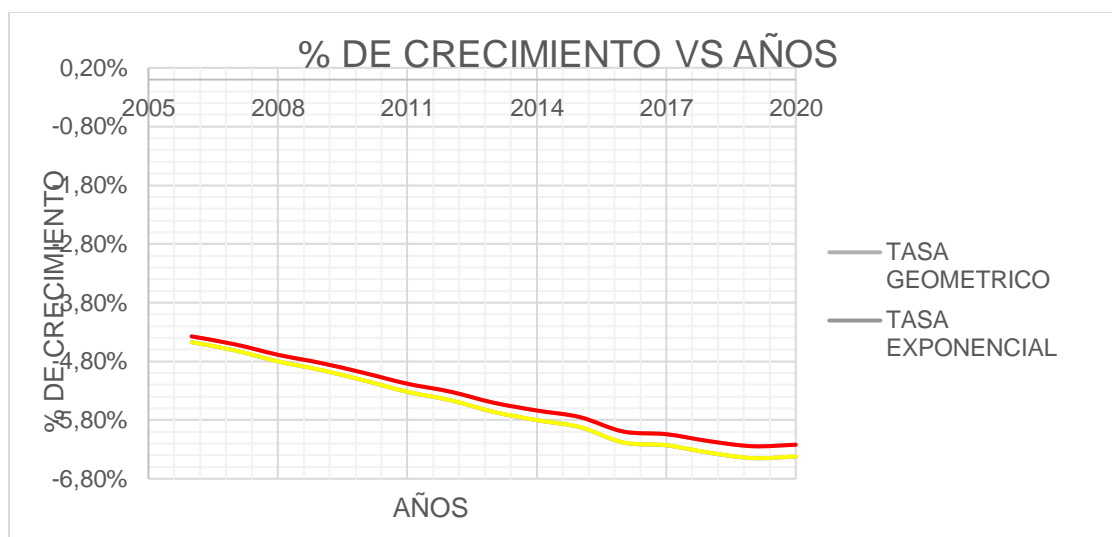


www.guaviare.gov.co

2018	3 138	-6.16%	-6.16%	-6.36%	-6.36%
2019	2 942	-6.25%	-6.25%	-6.45%	-6.45%
2020	2 759	-6.22%	-6.22%	-6.42%	-6.42%
2021	2 759	-6.22%	-6.22%	-6.42%	-6.42%
	PROMEDIO	-5.43%	-5.43%	-5.59%	-5.58%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Ilustración 12. Comportamiento tasas de crecimiento proyecciones DANE para el Municipio de Calamar (Rural)



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Los métodos presentan valores iguales, en el año 2005 de -4.38% y desde este año su tendencia es a crecer con variación lineal.

10.13. 5.7. TASA DE CRECIMIENTO ADOPTADA

Como se presentó anteriormente, se evaluaron las tasas de crecimiento de los datos intercensales de los años 1973, 1985, 1993, 2005 y 2018, las proyecciones realizadas por el DANE tanto para datos departamentales como municipales (cabecera y rural).

Los datos intercensales tanto del departamento como del municipio muestran unas tasas de crecimiento elevadas para el casco urbano de aproximadamente el 9.0% y para el sector rural del 5% respectivamente en comparación a la proyección realizada por el DANE, por tanto, no se tendrán en cuenta para la selección de la tasa de crecimiento, además de valores negativos.

Ahora bien, con el fin de establecer una tasa de crecimiento que represente de manera aceptable el comportamiento de la población tanto en su área urbana como

rural. En la siguiente tabla comparativa se evaluaron los panoramas para establecer algún factor que fuera concordante y mostrara similitudes para la adopción de la tasa de crecimiento, para lo anterior se tuvieron en cuenta las tasas de crecimiento expresadas en porcentaje del método aritmético, geométrico, exponencial y Wappaus.

A continuación, se muestra la tabla comparativa con los valores resumen



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Tabla 11. TASAS DE CRECIMIENTO SEGÚN DATOS DE PROYECCIÓN DANE (CABECERA)

COMPARATIVO TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL (CABECERA)								
AÑO	DANE DPTAL				DANE MPAL			
	TASA ARITMÉTICA	TASA GEOMETRICO	TASA EXPONENCIAL	TASA WAPPAUS	TASA ARITMÉTICA	TASA GEOMETRICO	TASA EXPONENCIAL	TASA WAPPAUS
2005								
2006	3.2%	3.20%	3.15%	3.15%	1.7%	1.71%	1.69%	1.69%
2007	3.0%	3.03%	2.98%	2.98%	1.5%	1.51%	1.50%	1.50%
2008	2.9%	2.87%	2.83%	2.83%	1.4%	1.37%	1.36%	1.36%
2009	2.8%	2.84%	2.80%	2.80%	1.2%	1.19%	1.19%	1.19%
2010	2.7%	2.75%	2.71%	2.71%	1.0%	1.04%	1.04%	1.04%
2011	2.7%	2.65%	2.62%	2.62%	0.9%	0.91%	0.91%	0.91%
2012	2.6%	2.57%	2.54%	2.54%	0.8%	0.75%	0.75%	0.75%
2013	2.5%	2.51%	2.48%	2.48%	0.6%	0.63%	0.63%	0.63%
2014	2.4%	2.45%	2.42%	2.42%	0.5%	0.48%	0.47%	0.47%
2015	2.4%	2.40%	2.37%	2.37%	0.3%	0.34%	0.34%	0.34%
2016	2.3%	2.32%	2.29%	2.29%	0.2%	0.23%	0.23%	0.23%
2017	2.3%	2.28%	2.26%	2.26%	0.1%	0.08%	0.08%	0.08%
2018	2.3%	2.26%	2.24%	2.24%	-0.1%	-0.06%	-0.06%	-0.06%
2019	2.3%	2.25%	2.23%	2.23%	-0.2%	-0.17%	-0.17%	-0.17%
2020	2.2%	2.25%	2.22%	2.22%	-0.3%	-0.32%	-0.32%	-0.32%
2021	2.2%	2.25%	2.22%	2.22%	-0.3%	-0.32%	-0.32%	-0.32%
PROMEDIO	2.6%	2.57%	2.54%	2.54%	0.6%	0.65%	0.64%	0.64%



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



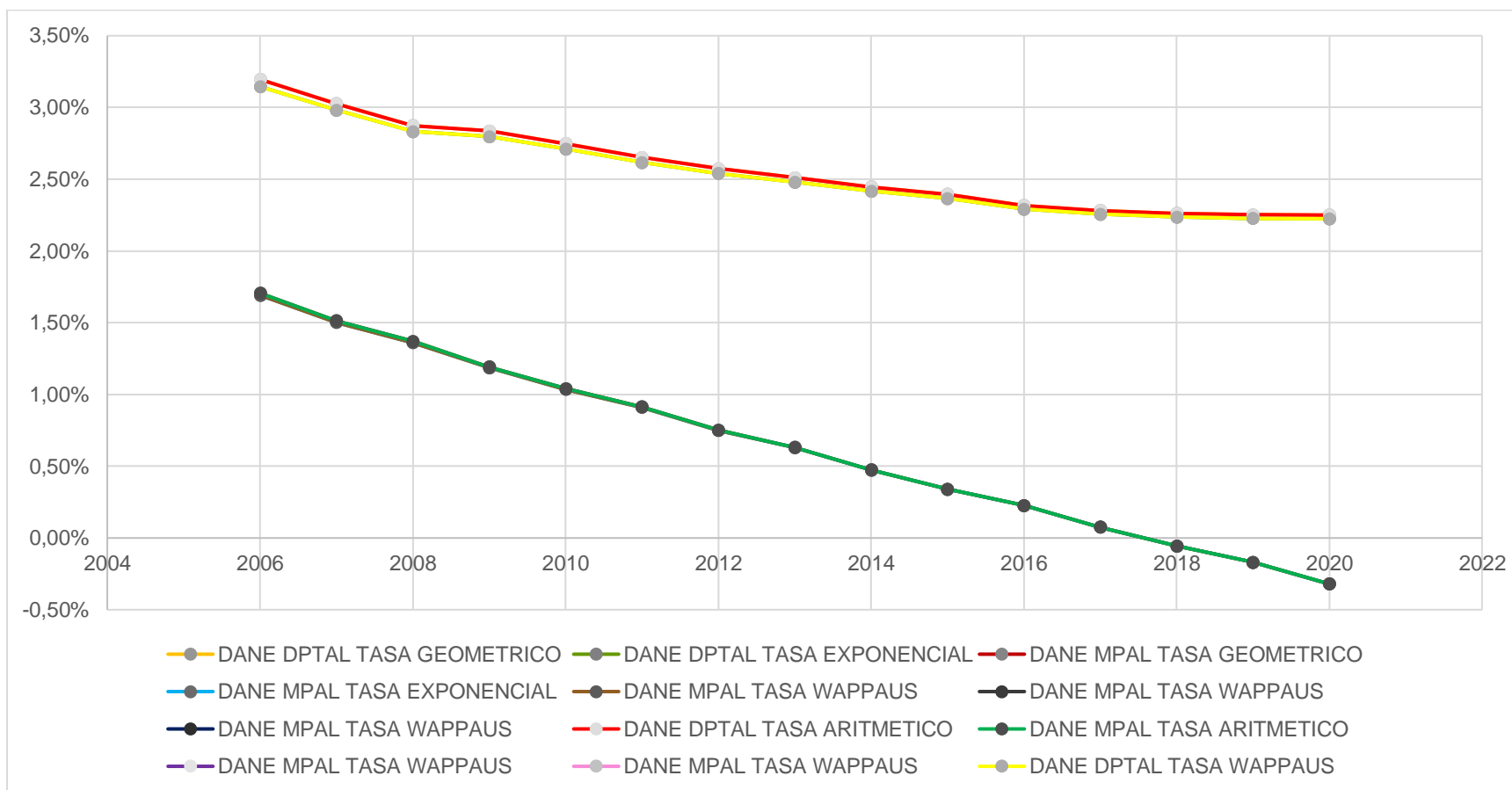
Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2020

Ilustración 13. Comportamiento tasas de crecimiento según datos de proyección DANE (Cabecera)



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2020



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Tabla 12. Tasas de crecimiento según datos de proyección DANE (RURAL)

COMPARATIVO TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL (RURAL)								
AÑO	DANE DPTAL				DANE MPAL			
	TASA ARITMÉTICA	TASA GEOMETRICO	TASA EXPONENCIAL	TASA WAPPAUS	TASA ARITMÉTICA	TASA GEOMETRICO	TASA EXPONENCIAL	TASA WAPPAUS
2005								
2006	-0.02%	-0.02%	-0.02%	-0.02%	-4.38%	-4.38%	-4.47%	-4.47%
2007	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-4.51%	-4.51%	-4.61%	-4.61%
2008	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-4.69%	-4.69%	-4.80%	-4.80%
2009	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	-4.83%	-4.83%	-4.95%	-4.95%
2010	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%	-5.00%	-5.00%	-5.13%	-5.13%
2011	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	-5.18%	-5.18%	-5.32%	-5.32%
2012	0.04%	0.04%	0.04%	0.04%	-5.32%	-5.32%	-5.46%	-5.46%
2013	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	-5.50%	-5.50%	-5.66%	-5.66%
2014	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	-5.64%	-5.64%	-5.80%	-5.80%
2015	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	-5.75%	-5.75%	-5.92%	-5.92%
2016	0.11%	0.11%	0.11%	0.11%	-6.00%	-6.00%	-6.18%	-6.18%
2017	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	-6.04%	-6.04%	-6.23%	-6.23%
2018	0.17%	0.17%	0.17%	0.17%	-6.16%	-6.16%	-6.36%	-6.36%
2019	0.21%	0.21%	0.21%	0.21%	-6.25%	-6.25%	-6.45%	-6.45%
2020	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	-6.22%	-6.22%	-6.42%	-6.42%
2021	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	-6.22%	-6.22%	-6.42%	-6.42%
PROMEDIO	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	-5.43%	-5.43%	-5.59%	-5.58%



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

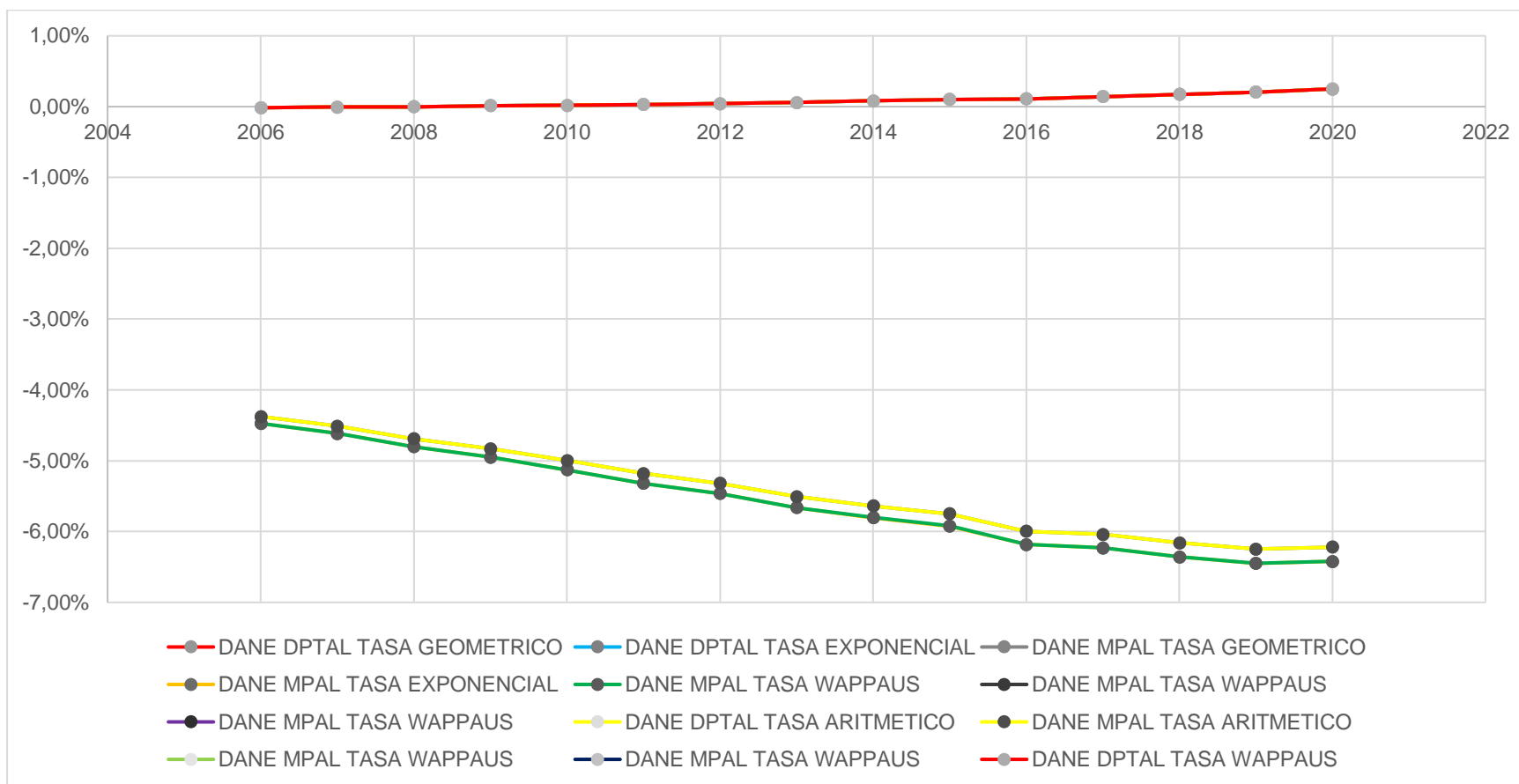


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2020
Ilustración 14. Comportamiento tasas de crecimiento según datos de proyección DANE (Rural)



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

En las anteriores gráficas se puede observar que, para la tasa de crecimiento rural, se presenta un crecimiento de manera más paulatina para los últimos años, registrando una tasa más baja. Por tanto, se selecciona para la zona rural los valores de tasas de crecimiento para el año 2021 del departamento DANE, ya que es un comportamiento más cercano a la realidad.

Por tanto, se adoptan las siguientes tasas de crecimiento, la parte rural.

Tabla 13. Tasas de crecimiento adoptadas para proyecciones-rural

AÑO	DANE DPTAL			
	TASA ARITMÉTICA	TASA GEOMÉTRICO	TASA EXPONENCIAL	TASA WAPPAUS
2021	0.21%	0.21%	0.21%	0.21%

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

10.14. 5.8. POBLACIÓN FLOTANTE

Para estas comunidades de tipo veredal no se cuenta con población flotante.

10.15. 5.9. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO AGUA BONITA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DEL GUAVIARE.

Para realizar la selección del método se procede a proyectar la población a partir de la base de la población, con las tasas de crecimiento del año 2021.

En primer lugar, se desarrolla la proyección de población con los métodos aritmético, geométrico, exponencial y Wappaus (partiendo de la población base seleccionada para cada caso) y se escoge el método apropiado.

Tabla 14. Proyección población con tasas de crecimiento rural.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN AGUA BONITA				
PROYECCION	POBLACIÓN			
AÑO	ARITMETICO	GEOMETRICO	EXPONENCIAL	WAPPAUS
2019	945	945	945	945
2020	945	945	945	945
2021	947	948	948	948
2022	950	950	950	950
2023	952	953	953	953
2024	954	955	955	955



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN AGUA BONITA				
PROYECCION	POBLACIÓN			
AÑO	ARITMETICO	GEOMETRICO	EXPONENCIAL	WAPPAUS
2025	957	957	957	957
2026	959	960	960	960
2027	962	962	962	962
2028	964	965	965	965
2029	966	967	967	967
2030	969	969	969	969
2031	971	972	972	972
2032	973	974	974	974
2033	976	977	977	977
2034	978	979	979	979
2035	981	982	982	982
2036	983	984	984	984
2037	985	987	987	987
2038	988	989	989	989
2039	990	992	992	992
2040	992	994	994	994
2041	995	997	997	997
2042	997	999	999	999
2043	1000	1002	1002	1002
2044	1002	1004	1004	1004
2045	1004	1007	1007	1007
2046	1007	1009	1009	1009

Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2020



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

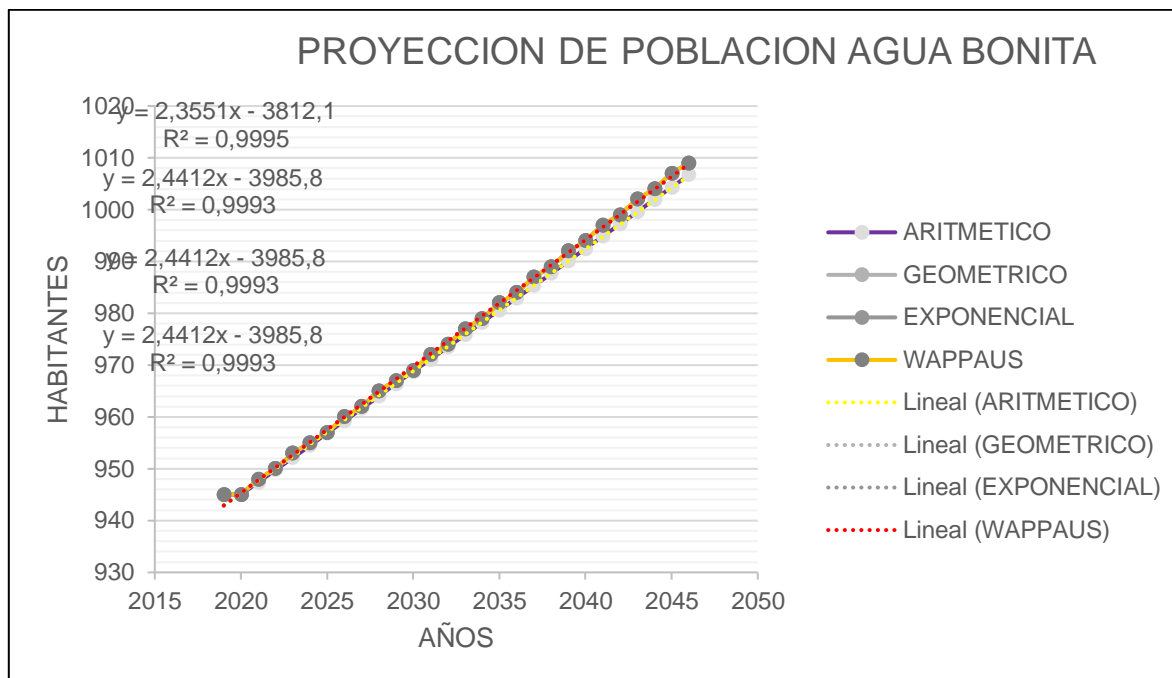


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Ilustración 15. Gráfica Proyección población con tasas de crecimiento rural



Fuente: Anexo 2: Población y Demanda. Consultoría 2021

Se busca seleccionar la tasa que se asimile al comportamiento de crecimiento y que esté más cercana a la línea de tendencia, razón por la cual se escoge el método geométrico, teniendo una población inicial en el año 2021 de 945 habitantes y una población proyectada de **1009** habitantes al año 2046.

6 EVALUACIÓN DE DOTACIONES DE AGUA

La dotación es la asignación de agua que se le hace a un habitante usuario de un sistema de acueducto. La demanda total de agua se obtiene cuando se multiplica la población que va a ser servida por la dotación; por tal razón, la evaluación de la dotación es tan importante como la proyección de la población. Dentro del planeamiento de expansiones de sistemas de acueducto solo una adecuada definición de estas dos variables permitirá el planteamiento de un plan de obras que garantice una óptima inversión de los recursos del municipio sin llegar a ninguno de los dos extremos: la generación de un “lucro cesante” por el sobredimensionamiento de la demanda o la insuficiencia a corto plazo de las obras propuestas por el subdimensionamiento de la misma.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

La dotación, tal como ya se ha definido, se denomina usualmente “dotación bruta” (d_{bruta}), y en su definición intervienen dos variables: la dotación neta (d_{neta}) y el índice de pérdidas de agua en el sistema de acueducto (%P). El RAS define la dotación bruta (numeral B.2.7) como:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \% p} \text{ (EC. B.2.8)}$$

La dotación neta (d_{neta}) corresponde a la cantidad de agua que requiere un habitante o usuario del servicio de acueducto para satisfacer sus necesidades normales, sin considerar las pérdidas que ocurren en el sistema. En otros términos, se podría decir que es el consumo normal de agua de una persona cuando se tiene un abastecimiento pleno. La unidad usual de medida de la dotación neta es litros por habitante por día (L/hab.*d).

Las pérdidas totales de agua de un sistema son la diferencia entre el volumen de agua tratada producido por el sistema y el volumen de agua medido como consumo de sus usuarios.

Se debe aclarar que mientras la dotación neta es un parámetro que se puede enmarcar dentro de un rango de valores mínimos y máximos normales, las pérdidas de agua son un parámetro particular y propio de cada sistema de acueducto, de las condiciones físicas de la red, de sus sistemas de macro y micro medición y de sus condiciones operativas; por tanto, deben ser evaluadas en detalle para cada sitio.

6.1. ESTIMACIÓN DE DOTACIONES NETAS

En la evaluación de las dotaciones netas de agua (consumos) de un municipio se pueden tener tantas dotaciones como usos de agua existan. Estos usos están bien definidos en el numeral B.2.5.3 del RAS e incluyen básicamente los usos: **residencial, comercial, industrial, institucional, servicios recreativos, comunitarios, escuelas y rurales**, todos los cuales deberán ser considerados en la evaluación de dotaciones y demandas de agua.



Sin embargo, es una práctica común de la ingeniería sanitaria que en sistemas donde el consumo de uso residencial represente más del 90% del consumo total, el cálculo de la demanda de agua se realice únicamente a partir de la dotación neta residencial sumándole a esta un pequeño porcentaje que tenga en cuenta los otros usos agrupados. En caso contrario, donde no predomine el uso residencial, el cálculo de la demanda de agua debe hacerse en forma desagregada para cada uno de los usos principales y para cada uno de ellos deben determinarse dotaciones netas. Todo lo anterior lo establece el RAS en el último párrafo del numeral B.2.7 “Dotación bruta”.

6.2. METODOLOGIA PARA ESTIMAR LA DOTACIÓN NETA

Para estimar la dotación neta, se recurrió a “asignar con criterio” una dotación neta a cada uso del agua. Para el caso de la dotación neta residencial esta asignación debe hacerse dentro de los valores máximos y mínimos descritos por el RAS en el numeral B.2.5.3, los cuales se comentan a continuación.

6.2.1. VALORES PARA LA DOTACIÓN NETA RESIDENCIAL

ARTÍCULO 43.- DOTACIONES: Las dotaciones para la determinación de la demanda de los sistemas de acueducto y alcantarillado serán las siguientes:

DOTACION NETA MÁXIMA. Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

Siempre que existan datos de consumo histórico confiables para el municipio o distrito, la dotación neta máxima a utilizar en el diseño de un nuevo sistema de acueducto o la ampliación del sistema existente debe basarse en dichos datos.

La dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes. En todos los



casos, se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la Tabla 15.

Tabla 15. Dotación neta máxima según altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida.

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

Fuente: RAS 2000 (resolución 0330 de 2017). Artículo 43.

Por lo tanto, C= 140 (l/hab*día)

6.3. EVALUACIÓN DE LAS PERDIDAS DE AGUA EN EL SISTEMA

El porcentaje de pérdidas técnicas máximas en la ecuación anterior engloba el total de pérdidas esperadas en todos los componentes del sistema (como conducciones, aducciones y redes), así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable, y no deberá superar el 25%.

6.4. DOTACION BRUTA

Dotación bruta. La dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto se debe calcular conforme a la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \% p}$$

Donde,

D_{bruta}: Dotación bruta

d_{neta}: Dotación neta

%p: Porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño

Por lo tanto, la dotación bruta para este proyecto se calcula de la siguiente manera:



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

$$d_{\text{bruta}} = \frac{140}{1 - 0.25} \rightarrow d_{\text{bruta}} = 186.67 \frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{día}}$$

6.5. CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA

La demanda total de agua del sistema de acueducto de un municipio corresponde a la sumatoria de las demandas originadas por los diferentes usos que se le dan al suministro. Por tanto, la proyección que se haga de la demanda hacia el futuro debe corresponder a la proyección de los diferentes usos, dando mayor importancia a aquellos que tienen mayor participación dentro de los consumos.

Para un alto porcentaje de los municipios colombianos donde se demuestre que el consumo del uso residencial corresponde a más de 90% del volumen total de agua consumida, es válido realizar las proyecciones de demanda de agua contemplando únicamente la evolución en el tiempo de la población servida y de la dotación bruta residencial; esto es, calculando únicamente la demanda de agua residencial e incrementando ese valor en aquel porcentaje que corresponde a los otros usos, para obtener la demanda total de agua. Lo anterior presupone que la participación de los otros usos respecto a la demanda residencial se mantiene porcentualmente constante en el tiempo, lo cual es válido para poblaciones donde los otros usos se refieren a los comerciales e institucionales, los cuales son proporcionales al tamaño de la población. Esta metodología no puede aplicarse a proyecciones de la demanda en municipios donde el uso industrial sea importante en la actualidad o del cual se espere un crecimiento notable en el futuro, pues la magnitud de los consumos por este uso no depende mucho del tamaño de la población, sino de la actividad productiva que se realiza en dicha industria.

El desarrollo que se le dará al cálculo de la demanda de agua en este proyecto corresponde a aquella situación en donde el uso residencial es el predominante respecto a los consumos totales, que es la condición normal de un municipio típico colombiano, y corresponde a lo tratado en el numeral B.2.7, “Demanda”, del RAS.



6.5.1. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA TOTAL DE AGUA

La demanda media total de agua (Q_{md}) de un municipio, ya sea para una situación actual o para una condición futura, es la suma de la demanda media por el uso residencial (Q_{mr}) más la demanda media por otros usos (Q_{ou}), estimadas ambas para ese período de tiempo.

$$Q_{md} = Q_{mr} + Q_{ou}$$

La demanda media de agua debe ser calculada para el horizonte de diseño (final del período de diseño) del sistema o componente sobre el cual se realiza el planeamiento o el diseño detallado.

Con el fin de diseñar las diferentes estructuras hidráulicas del sistema de acueducto, es necesario calcular el caudal apropiado, el cual debe combinar las necesidades de la población de diseño y los costos de la construcción de un acueducto para un caudal excesivo. Normalmente se trabaja con tres tipos de caudales:

- Caudal medio diario
- Caudal máximo diario
- Caudal máximo horario

Cuando se dispone de un sistema de regulación de caudal como un tanque de almacenamiento, las estructuras del acueducto se diseñan con el caudal máximo diario. En caso contrario, se debe diseñar todo el acueducto con el caudal máximo horario. La red de distribución se diseña teniendo en cuenta el caudal máximo horario.

6.5.2. DEMANDA MEDIA DE OTROS USOS (Q_{md})

El caudal medio diario, Q_{md} , es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{(p * d_{bruta})}{86400}$$



Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario en l/s
 P = población proyectada en Número de habitantes
 d_{bruta} = Dotación Bruta en l/hab.-día

Por lo tanto:

$$Q_{md \ 2021} = \frac{945 * 187}{86400} = 2.05 \text{ L/s}$$

$$Q_{md \ 2046} = \frac{1009 * 187}{86400} = 2.18 \text{ L/s}$$

La población servida o atendida (P_s) es la población total estimada para un determinado período, multiplicada por la cobertura que se pretenda dar al servicio de acueducto en ese período, por lo tanto, la demanda media es de (Q_{md}) **es de 2.18 l/s.**

La demanda total media (Q_{md}) representa el caudal medio diario que requiere un municipio para satisfacer las necesidades de agua de sus habitantes. Como esta demanda no es uniforme las 24 horas del día ni todos los días del año, se requiere calcular las siguientes variaciones de la demanda, que son útiles para el diseño de los diferentes componentes del sistema de acueducto:

- Demanda Máxima Diaria (D_{MD})
- Demanda Máxima Horaria (D_{MH})

6.5.3. CAUDAL MAXIMO DIARIO

El caudal máximo diario, QMD, es el consumo máximo registrado durante un día por un período de un año. En caso tal que se tengan mediciones de consumo por períodos de más de un año y pueda emplearse esta información para el cálculo de dicho caudal se procederá a realizar dicho cálculo; sin embargo, en caso contrario puede hallarse mediante la siguiente ecuación:



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

$$QMD = k_1 * Qmd$$

Los factores de mayoración k_1 y k_2 deben calcularse para cada caso con base en los registros históricos de macromedición. En condiciones excepcionales en las que dicha información no esté disponible, debe justificarse la selección de los valores.

De acuerdo a la resolución 0330 de 2017 en su artículo 47 párrafo 2, para poblaciones menores o iguales a 12500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor k_1 será superior a 1.3 ni el factor k_2 superior a 1.6. Para poblaciones mayores a 12500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor k_1 será superior a 1.2 ni el factor k_2 superior a 1.6.

$$QMD = 1.30 * Qmd$$

Para el consumo máximo diario residencial, se hace un ejemplo para el corregimiento de Rio Negro, el cual es similar para todas las veredas y corregimiento de la zona de estudio:

$$QMD_{2021} = 2.05 * 1.3 \text{ L/s} = 2.67 \text{ L/s}$$

$$QMD_{2046} = 2.18 * 1.3 \text{ L/s} = 2.83 \text{ L/s}$$

6.5.4. CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH)

Como no se puede calcular el valor del coeficiente k_2 por falta de información, la presente consultoría toma el valor dado en la resolución 0330 de 2017; el cálculo del QMH se simplifica a esta ecuación:

$$QMH = 1.60 * QMD$$

Así pues, para el caso de Villeta, tendremos un coeficiente $k_2 = 1.60$, de manera que al reescribir la ecuación anterior tendremos que:

Para el consumo máximo horario residencial, se hace un ejemplo para el corregimiento de Rio Negro, el cual es similar para todas las veredas y corregimiento de la zona de estudio:

$$QMH_{2021} = 1.60 * 2.67 \text{ L/s} = 4.27 \text{ L/s}$$



$$Q_{MH_{2046}} = 1.60 * 2.83 \text{ L/s} = 4.53 \text{ L/s}$$

6.5.5. CAUDALES DE DISEÑO

En la siguiente tabla de cálculo se presenta los caudales de diseño (Q_{md} , Q_{MD} y Q_{MH}), con base en los cuales se calcula la capacidad del sistema.

Tabla 16. Caudales de diseño

CAUDALES	VALOR (L/s)
Caudal Medio Diario (Q_{md})	2,18
Caudal Máximo Diario (Q_{MD})	2,83
Caudal Máximo Horario (Q_{MH})	4,53

Tabla 17. Población, dotación y demanda Vereda Agua Bonita

CAUDALES PROYECCION POBLACION AGUA BONITA				
AÑO	POBLACIÓN SERVIDA (hab)	CAUDALES (L/S)		
		Q_{md}	Q_{MD}	Q_{MH}
2021	945	2.04	2.65	4.25
2041	997	2.15	2.80	4.48
2042	999	2.16	2.81	4.49
2043	1002	2.16	2.81	4.50
2044	1004	2.17	2.82	4.51
2045	1007	2.18	2.83	4.53
2046	1009	2.18	2.83	4.53



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

6.6. PREDIMENSIONAMIENTO TANQUE ELEVADO Y TUBERIA DE SUCCION.

PERIODO	AÑO	ARITMETICO	GEOMETRICO	EXPONENCIAL	WAPPAUS	DOTACIÓN NETA (L/hab-día)	DOTACIÓN Bruta (L/hab-día)	Caudal medio diario, Qmd (L/s)	Caudal máximo diario, QMD (L/s)	Caudal máximo horario, QMH (L/s)	Requerido (m3)	Existente (m3)	Déficit (m3)
0	2019	945	945	945	945	140	186,666667	2,042	2,654	4,247	76,4	0	76,4
1	2020	945	945	945	945	140	186,666667	2,042	2,654	4,247	76,4	0	76,4
2	2021	947	948	948	948	140	186,666667	2,048	2,663	4,260	76,7	0	76,7
3	2022	950	950	950	950	140	186,666667	2,052	2,668	4,269	76,8	0	76,8
4	2023	952	953	953	953	140	186,666667	2,059	2,677	4,283	77,1	0	77,1
5	2024	954	955	955	955	140	186,666667	2,063	2,682	4,292	77,2	0	77,2
6	2025	957	957	957	957	140	186,666667	2,068	2,688	4,301	77,4	0	77,4
7	2026	959	960	960	960	140	186,666667	2,074	2,696	4,314	77,7	0	77,7
8	2027	962	962	962	962	140	186,666667	2,078	2,702	4,323	77,8	0	77,8
9	2028	964	965	965	965	140	186,666667	2,085	2,710	4,337	78,1	0	78,1
10	2029	966	967	967	967	140	186,666667	2,089	2,716	4,346	78,2	0	78,2
11	2030	969	969	969	969	140	186,666667	2,094	2,722	4,355	78,4	0	78,4
12	2031	971	972	972	972	140	186,666667	2,100	2,730	4,368	78,6	0	78,6
13	2032	973	974	974	974	140	186,666667	2,104	2,736	4,377	78,8	0	78,8
14	2033	976	977	977	977	140	186,666667	2,111	2,744	4,390	79,0	0	79,0
15	2034	978	979	979	979	140	186,666667	2,115	2,750	4,399	79,2	0	79,2
16	2035	981	982	982	982	140	186,666667	2,122	2,758	4,413	79,4	0	79,4
17	2036	983	984	984	984	140	186,666667	2,126	2,764	4,422	79,6	0	79,6
18	2037	985	987	987	987	140	186,666667	2,132	2,772	4,435	79,8	0	79,8
19	2038	988	989	989	989	140	186,666667	2,137	2,778	4,444	80,0	0	80,0
20	2039	990	992	992	992	140	186,666667	2,143	2,786	4,458	80,2	0	80,2
21	2040	992	994	994	994	140	186,666667	2,148	2,792	4,467	80,4	0	80,4
22	2041	995	997	997	997	140	186,666667	2,154	2,800	4,480	80,6	0	80,6
23	2042	997	999	999	999	140	186,666667	2,158	2,806	4,489	80,8	0	80,8
24	2043	1000	1002	1002	1002	140	186,666667	2,165	2,814	4,503	81,1	0	81,1
25	2044	1002	1004	1004	1004	140	186,666667	2,169	2,820	4,512	81,2	0	81,2
26	2045	1004	1007	1007	1007	140	186,666667	2,176	2,828	4,525	81,5	0	81,5
27	2046	1007	1009	1009	1009	140	186,666667	2,180	2,834	4,534	81,6	0	81,6



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

De acuerdo con las condiciones topográficas de la zona se frente en la construcción del presente proyecto la captación por medio de bombas centrifugas de 10-20 Hp, cuya distribución será objeto de análisis, en el presente informe se presentan los resultados obtenidos una vez se identifique la longitud y el caudal a transportar durante las 6 horas de bombeo del sistema, a continuación, se mostrarán los diferentes cálculos para la selección de la bomba.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

7 DIAGNOSTICO DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Los pobladores de Agua Bonita, no cuentan con la infraestructura para un acueducto, la comunidad obtiene el abastecimiento de aguas comercializada por empresas o por pozos profundos. La mayoría de los pobladores, consumen el agua sin ningún tipo de tratamiento para su purificación, cabe resaltar que en algunos casos el agua que abastece a las familias es proveniente de un pozo profundo pero algunos pozos sépticos están contruidos al mismo nivel que la zona de donde captan el líquido.

Ilustración 16. Pozos artesanales contruidos por la comunidad.



Fuente: Consultoría 2021

En la Vereda Agua Bonita, el abastecimiento de agua potable es precario, el almacenamiento del agua captada de los pozos profundos es realizado por tanques



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

cubiertos los cuales están en nivel del suelo y/o de tanques elevados para hacer un adecuado uso del agua dentro de los hogares.

Algunos de los pobladores de la comunidad de Agua Bonita han optado por la captación de agua lluvias de una manera artesanal. El líquido captado, es usado para labores domésticas y de consumo sin ningún tipo de tratamiento para su potabilización, lo cual ha traído consigo graves problemas de salud a la mayoría de sus habitantes. A continuación se presenta un vivienda ejemplo:

Ilustración 17. Captación de agua lluvia para uso doméstico.



Fuente: Consultoría 2021

Esta consultoría realizó encuestas a la comunidad de la Vereda Agua Bonita, los domicilios son de una sola planta, un 40% de los hogares se hallan en malas condiciones de habitabilidad, en cuanto a la salubridad se encuentran en mal estado, las viviendas solo cuentan con un pozo séptico.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Ilustración 18. Captación artesanal sobre fuente superficial



Fuente: Consultoría 2021

Existen viviendas que captan agua sobre fuentes superficiales y consumen el líquido sin ningún tipo de tratamiento. Claramente no existe un sistema para la población y la única opción para la comunidad ha sido soluciones individuales artesanales.

A continuación, se presenta un registro de las alternativas de abastecimiento de agua que tiene la comunidad, de la cuales se identificaron 4 tipos:

Pozos profundos artesanales: Constituidos por bombas de baja potencia y tubería en pvc que alcanzan los 10 metros de profundidad, aproximadamente. Para cuidado de los equipos construyeron apoyos en ladrillos y coberturas con textiles o tejas. El abastecimiento no cuenta con filtros y con ningún tipo de tratamiento.

Captación de caños con motobombas: Con un uso mayormente doméstico, se tienen motobombas de baja potencia en la orilla de los caños que circulan en la zona. Este no cuenta con ningún tipo de tratamiento.

Captación de aguas lluvias: Con aljibes y tanques de 500 lts durante los periodos de lluvia captan el agua y la reservan para el consumo posteriormente, con un uso exclusivamente doméstico y sin ningún tipo de tratamiento.

Agua comercializada por carrotanques: Muchos usuarios se abastecen de agua por medio de la compra realizadas a carrotanques.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



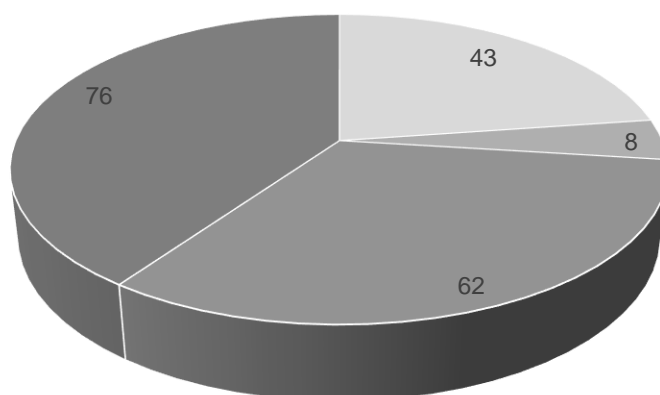
www.guaviare.gov.co

De los 189 usuarios se clasifica por cantidad cada uno de los tipos de abastecimiento identificados en la zona de estudio:

Sistema de abastecimiento	Cantidad de usuarios
Pozos profundos artesanales	43
Captación de caños con motobombas	8
Captación de aguas lluvias	62
Agua comercializada por carrotanques	76

Fuente: Consultoría 2021

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE LA COMUNIDAD



- Pozos profundos artesanales
- Captación de caños con motobombas
- Captación de aguas lluvias
- Agua comercializada por carrotanques

Fuente: Consultoría 2021

8 ANALISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Basados en el diagnóstico se plantea una única alternativa de trazado de redes de abastecimiento, donde se analizarán los tipos de materiales que se pueda emplear siendo óptimos con sus variables, además de la optimización y adición de válvulas de ventosa, purga, mácromedidores, sistemas de regulación de presión y caudal.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Se realiza el dimensionamiento de la línea de conducción del sistema de Acueducto veredal, contemplando distintos parámetros y criterios de diseño, relacionados con hidráulica y las variables de operación del sistema, adicionales a los contemplados en el capítulo anterior. El resumen de estos valores se describe a continuación en los capítulos siguientes.

8.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Los criterios de evaluación se resumen en los siguientes:

8.1.1. CRITERIO TÉCNICO

Cubre aspectos como cobertura, eficiencia hidráulica, efectividad en el control de presiones, vulnerabilidad del trazado o ubicación y vida útil. Tiene un peso del 25% y se evalúa así:

- Sistema con poca cobertura, deficiencias hidráulicas y de forma específica en el control de presiones, mal ubicada, poco aprovechamiento de las redes existentes y poca vida útil.
- Sistema con gran cobertura, óptimo hidráulicamente, mayor aprovechamiento de lo existente, presión de trabajo normal, larga vida útil, seguro y bien ubicado.

8.1.2. CRITERIO ECONÓMICO.

Cubre aspectos como costos de materiales, transporte, equipos y mano de obra para su construcción, reparación y mantenimiento correctivo. Tiene un peso del 25% y se evalúa así:

- Sistema costoso en materiales, equipos, transporte y mano de obra para construirlo, repararlo y mantenerlo correctivamente.
- Sistema económico en materiales, equipos, transporte y mano de obra para construirlo, repararlo y mantenerlo correctivamente.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

8.1.3. CRITERIO OPERATIVO Y DE MANTENIMIENTO

Cubre aspectos de la operación y mantenimiento como facilidad o dificultad de ejecución, frecuencia de ejecución, necesidad de operador, tiempo de ejecución, tecnología, equipos y accesorios comerciales para reparaciones y mantenimiento. Tiene un peso del 25% y se evalúa así:

- Sistema difícil de operar y mantener, que requiere mucho tiempo del operador, muy frecuente, tecnología, equipos y accesorios no muy comerciales.
- Sistema fácil de operar y mantener, que requiere poco tiempo del operador, poco frecuente, tecnología, equipos y accesorios muy comerciales.

8.1.4. CRITERIO SOCIAL Y AMBIENTAL.

Cubre aspectos de afectación antrópica y ambiental tanto en su construcción como en su operación tales como, generación de ruido, olores, contaminación atmosférica, generación de empleo, obstrucción del espacio público, calidad de vida, contaminación y estabilidad de los terrenos. Tiene un peso del 15% y se evalúa así:

- Generación de ruido, olores, alta contaminación atmosférica, obstrucción del espacio público, no genera empleo en la zona y no incrementa la calidad de vida de sus habitantes tanto en su construcción como en su operación.
- Su generación de ruido, olores y contaminación atmosférica es mínima, poca obstrucción del espacio público, genera empleo y aumenta la calidad de vida de los habitantes.

8.1.5. CRITERIO INSTITUCIONAL.

Cubre aspectos de afectación de la imagen y marca de la empresa prestadora del servicio frente a la comunidad tanto en la etapa de construcción como de operación del sistema. Tiene un peso del 10% y se evalúa así:

- Generación de una mal imagen por deficiencias en la prestación del servicio, o suspensión del mismo durante la optimización y/o construcción de redes.



Generación de dificultades entre la comunidad beneficiaria y la empresa por retiro, disminución en la cantidad, calidad y/o continuidad del servicio de acueducto.

- Mejoramiento de la imagen de la empresa prestadora del servicio de acueducto por construcción, optimización y/o ampliación en la cobertura del servicio.

8.2. DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA 1

- **Captación**

La captación considerada es flotante. Atraves de una tubería de aducción de 4" con una longitud de 707 ml en PVC que ira hasta la PTAP, donde está ubicado el lote de la JAC.

- **Desarenador**

Diseñada para retener la arena que traen las aguas captadas a fin de evitar que ingresen al proceso de tratamiento y lo obstaculicen creando serios problemas; este estará ubicado en la entrada del lote que entrega la JAC de Agua Bonita.

- **PTAP**

Después de salir del desarenador, el caudal captado pasa a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) donde nos encontramos un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano. De los cuales tenemos una PTAP convencional y una caseta de laboratorio; para posteriormente pase al tanque de almacenamiento.

- **Tanques de Almacenamientos**

Cabe mencionar que los tanques de almacenamiento, tienen mucho valor, no sólo por lo que cuesta en si el tanque, sino también por contener grandes cantidades del líquido almacenados muchas veces en patios de tanques, que a menudo representan la producción de un día o varios días, es por ello que incrementa su



valor y la necesidad de solventar problemas que se llegaran a generar y que pudieran afectar al tanque, ya sea a la seguridad del tanque y a su valor económico, por esta razón es necesario que el tanque ofrezca eficiencia y seguridad, para evitar algún accidente que ponga en riesgo al producto o áreas aledañas, protegiendo así la integridad del tanque y el valor económico almacenado en él.

El volumen requerido para almacenar el agua tratada para el periodo de diseño en los 25 años es el siguiente:

- Volumen de almacenamiento es de 244.51 m³/d.
- Vol. tanque = 1 tanque de (5.5*5.5*3.0), para un 70%.
- **Red de distribución**

Después de salir del tanque elevado, el fluido trabajara por gravedad a través de 14.398 ml de Tuberías de PVC, entre diámetros de 3/4 a 4 pulgadas, hasta hacer llegar el suministro a las 189 domiciliarias que sería la población beneficiada en unas condiciones que satisfagan sus necesidades.

8.3. DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA 2

En la vereda Agua Bonita, no existe información relacionada con el comportamiento histórico sobre producción, pérdidas y consumo; se puede pensar que la dotación se puede realizar en forma individual o a través de algunas personas que se encargan de su comercialización en carro tanques.

Para el estudio se realizó en campo la verificación de localización de los predios a los que se va a prestar el servicio en la cual se ha determinado como alternativa 2 el diseño de sistemas individuales para el suministro de agua potable. En su mayoría las casas de la vereda están conformadas por 5 habitantes promedio y de acuerdo con los cálculos de dotación su consumo diario será de 224 Lt/hab * día.



El sistema individual recomendado para la vereda consta de:

- Cilindro de arena Sílice y carbón activado, capacidad 2000 l/hora, con válvula de retro lavado, que permite la remoción del hierro y la dureza presentes en el agua subterránea según la caracterización realizada.
- Tanque de resina catiónica para quitar dureza (cálcica y magnésica)
- Sistema de filtración a 1micra para remover partículas presentes en el agua a tratar.
- Sistema de Desinfección (ultravioleta o hipoclorador).
- Bomba tipo lapicero de 1 hp.
- Tablero para conexión.

8.4. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Tabla 18. Selección de alternativa

CRITERIO	TÉCNICO 25%	ECONOMICO 25%	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 25%	SOCIAL AMBIENTAL 15%	INSTITUCIONAL 10%
ALTERNATIVA 1	Es difícil de mantener las condiciones hidráulicas de la red, ya que se tienen largos tramos y los caudales son pequeños. Requiere una operación y mantenimiento continuo, por las condiciones es posible que la red sea utilizada con fines agrícolas y se presta para conexiones fraudulentas	Sistema económico y de fácil instalación	Para la operación y mantenimiento se requiere personal capacitado, por lo menos un oficial fontanero y un ayudante, estos deben contar con las herramientas necesarias para ejecutar las labores de mantenimiento.	Su generación de ruido, olores y contaminación atmosférica es mínima, poca obstrucción del espacio público, genera empleo y aumenta la calidad de vida de los habitantes	Puede generar una mala imagen de la gobernación departamental por la falta de un operador especializado en la zona y los costos de mantenimiento de la red



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

ALTERNATIVA 2	Considerando la variabilidad que existe en encontrar un acuífero para cada usuario puede convertirse en un tema exhaustivo considerando la cantidad de usuarios. Requiere mayor cantidad de ensayos de laboratorio.		Para las condiciones en particular es costoso y corre incertidumbre para encontrar un acuífero con capacidad para cada vivienda		La operación y mantenimiento lo realiza cada usuario, este debe ser capacitado, sistema fácil de operar. Pero cuenta con la deficiencia de que cada usuario tenga la capacidad económica de mantenimiento para los equipos.		Su generación de ruido, olores y contaminación atmosférica es mínima, poca obstrucción del espacio público, genera empleo y aumenta la calidad de vida de los habitantes		La imagen de la operación será responsabilidad de cada usuario y la gobernación habrá cumplido con su obligación de dotar de agua potable la comunidad de la vereda	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
TOTAL	20	15	25	15	22	16	15	15	5	10

Fuente: Consultoría 2021

Una vez realizada la evaluación la Alternativa 2, de soluciones individuales obtuvo 71 puntos, mientras la instalación de la red tradicional Alternativa 1 solo obtuvo 87 puntos, por lo que esta consultoría recomienda la instalación de solución completa en la vereda AGUA BONITA con el fin de garantizar el suministro de agua potable a la población que allí habita.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

9 DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO

9.1. ASPECTOS DE CALIDAD DEL AGUA Y SU TRATABILIDAD

El proyecto presenta sin excepción, como es natural en regiones que ya están plenamente intervenidas por actividades antrópicas, algún grado de contaminación, representada en la presencia de indicadores coliformes que implican la necesidad de darle un tratamiento de potabilización mediante procesos de desinfección y clarificación.

A pesar que en general el agua de la fuente presenta buenos indicadores de parámetros físicos – químicos (que en principio no requieren un tratamiento riguroso), la normatividad existente exige procesos de potabilización para rebajar los índices de contaminación especialmente microbiológica.

La moderada cobertura que se maneja en el presente proyecto hace que la implementación de cualquier sistema de tratamiento de agua potable que cumpla con los estándares de calidad, implique costos per cápita importantes y que son aún más sensibles para una población como la del sector rural del municipio de San José del Guaviare que incluye comunidades de muy escasos recursos, situación que dificultaría la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.

Bajo la anterior premisa, la perspectiva de construcción de una planta de potabilización de tratamiento convencional no sería viable, debido a las altas especificaciones técnicas de operación y personal de mantenimiento que prácticamente las hacen inviables desde el punto de vista económico tanto en los costos de construcción como en operación y mantenimiento.

Las plantas compactas ofrecen sistemas de tratamiento, que implican varias etapas en un estado presurizado, incorporando las etapas de floculación, clarificación, filtración y finalmente la desinfección. Aunque este sistema de potabilización ofrece ventajas económicas, operativas y de mantenimiento con referencial al sistema de tratamiento convencional, el costo de su implementación y operación para un caudal elevado como el calculado implicaría igualmente tener operarios disponibles para su operación y mantenimiento.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

9.2. GRADO DE MANTENIMIENTO

Obtenida la caracterización básica de la calidad de la fuente (análisis mínimos exigidos por el nivel de complejidad del sistema RAS-2000-C.2.3), se puede identificar el grado de aceptabilidad de la fuente y establecer los procesos de tratamiento que se deben diseñar.

A continuación, se establece una tabla comparativa de los resultados obtenidos de la muestra tomada en la quebrada el Quebradón con respecto a los máximos admisibles en agua potable RAS C.2.3, tabla C.2.2

La calidad de la fuente de abastecimiento (en el sitio de la captación) se pudo evaluar de acuerdo a las muestras de agua en la bocatoma obtenidas, las cuales se encuentra en el anexo G4-Información ambiental.

Tabla 19. Resultados del análisis del agua

COMPARATIVO DE RESULTADOS POR NORMA DE CALIDAD DE AGUA POTABLE				
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE	CONDICIÓN
AMONIACO	mg NH ₃ /L	< 1.2	-	-
CIANURO TOTAL	mg CN/L	< 0.010	0.05	Cumple
CLORUROS	mg Cl/L	< 3	250	Cumple
COLOR REAL	UPC	5	15	Cumple
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	5.3	1000	Cumple
D.B.O.	mg O ₂ /L	< 5	-	-
D.Q.O.	mg O ₂ /L	< 15	-	-
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	< 3	300	Cumple
FENOLES TOTALES	mg/L	0.03	-	-
FLUORUROS	mg F/L	0.3	1	Cumple
FOSFATOS	mg PO ₄ /L	< 0.06	0.5	Cumple
FOSFORO SOLUBLE	mg P/L	< 0.02	-	-
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	0.6	0.3	No cumple
MAGNESIO TOTAL	mg/L	0.01	36	Cumple
NITRATOS	mg N-No ₃ /L	< 0.5	10	Cumple
NITRITOS	mg N-No ₂ /L	< 0.02	0.1	Cumple
OXIGENO DISUELTO	mg O ₂ /L	8	-	-



COMPARATIVO DE RESULTADOS POR NORMA DE CALIDAD DE AGUA POTABLE				
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE	CONDICIÓN
pH	UND	6.7	6.5-9.0	Cumple
SODIO DISUELTO	mg Na/L	< 0.2	-	-
SOLIDOS TOTALES	mg/L	< 20	-	-
SULFATOS	mg SO ₄ /L	< 3	250	Cumple
TEMPERATURA	°C	20		
TURBIEDAD	NTU	4.5	2	No cumple

Fuente: Consultoría 2020

A continuación, se presenta la comparación del resultado obtenido tras el análisis de la muestra de agua cruda, con los valores recomendados por la resolución 0330 de 2017 en el capítulo Sistemas de Potabilización sobre calidad de la fuente para selección de tratamiento de agua para consumo humano y doméstico.

Tabla 20. Selección de tratamiento

SELECCIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO (RAS 2000 -TABLA C.2.1.)						
Parámetros	1. Fuente	2. Fuente	3.Fuente	4. Fuente	Promedio de las pruebas	Calificación
	Aceptable	Regular	Deficiente	Muy Deficiente		
DBO 5 días						
Promedio mensual mg/L	£ 1.5	1.5 - 2.5	2.5 – 4	>4	-	
Máximo diario mg/L	1 – 3	3-abr	4 – 6	>6	0	ACEPTABLE
Coliformes totales (NMP/100 mL) Promedio mensual	0 – 50	50 - 500	500 - 5000	> 5000	15531	MUY DEFICIENTE
Oxígeno disuelto mg/l	>=4	>=4	>=4	>=4		
PH promedio	6,0 - 8,5	5,0 - 9,0	3,8 - 10,5		6.7	ACEPTABLE
Turbiedad (UNT)	< 2	2 - 40.	40 - 150	>=150	4.5	REGULAR
Color verdadero (UPC)	< 10	10 -20	20 - 40	>=40	5 0	ACEPTABLE
Gusto y olor	inofensivo	inofensivo	inofensivo	inaceptable		
Cloruros (mg/L - Cl)	< 50	50 - 150	150 - 200	300	3	ACEPTABLE
Fluoruros (mg/L - F)	< 1,2	< 1,2	< 1,2	> 1,7	0.3	ACEPTABLE
GRADO DE TRATAMIENTO REQUERIDO						
Necesita un tratamiento convencional	NO	NO	Si hay veces (ver requisitos para uso FLDE: literal C.7.4.3.3)	SI	RESULTADO	(1) = Desinfección + Estabilización
Necesita unos tratamientos específicos	NO	NO	NO	SI		



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Procesos de tratamiento utilizados	(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)	(3)= Pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación + Filtración Rápida] o [Filtración Lenta Diversas Etapas]	(4) = (3) + Tratamientos específicos		
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--

Fuente: Consultoría 2020

Donde se tiene que:

Grado (1) = Desinfección + Estabilización.

Grado (2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)

Grado (3) = Pretratamiento + (Coagulación + Sedimentación + Filtración Rápida)
O (Filtración Lenta Diversas Etapas).

Grado (4) = (3) + Tratamientos Específicos.

De los anteriores datos y teniendo como base los parámetros de calidad de la fuente descritos en el RAS se puede establecer lo siguiente:

La fuente es aceptable dentro de los parámetros Organolépticos, físicos y químicos ó la fuente es muy deficiente en su estado microbiológico.

Si se tiene en cuenta la clasificación de la calidad de la fuente no sería viable. No obstante, el diseñador considera que, dado que el único parámetro de cuidado es la cantidad de coliformes y éste se puede corregir con una **desinfección**, se determina que la fuente sirve con un grado de tratamiento no tan riguroso. Por lo tanto, se requiere un tratamiento convencional tipo filtración lenta o directa más desinfección.

9.3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

De acuerdo a lo diagnostica se proyecta la implementación de un sistema de tratamiento de filtración y desinfección:

Esta evaluación de las alternativas, se realizó teniendo en cuenta varios aspectos como los técnicos, económicos, sociales, ambientales, sus ventajas y desventajas, así como sus requerimientos específicos. A cada ítem se le dio una calificación comprendida en el rango de 1 a 5, en donde 5 representa la mejor calificación de acuerdo a las características de cada componente. De esta manera, se busca



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

presentar una evaluación de la alternativa en la cual se tengan resultados cualitativos y cuantitativos que permitan determinar la viabilidad de la alternativa propuesta.

Para definir la alternativa más viable, es importante tener en cuenta los diferentes aspectos socio-económicos, culturales y de escolaridad del municipio de San José del Guaviare, con el fin de verificar si el costo de la alternativa propuesta es acorde a la situación económica que presenta el municipio.

De acuerdo a lo anterior, se debe elegir la alternativa que genere un menor impacto a la comunidad en los aspectos culturales, sociales y económicos.

Los componentes que se tuvieron en cuenta fueron:

- **COMPONENTE SOCIAL:**

Se tienen en cuenta los aspectos que puedan generar efectos adversos en la población circundante a la planta. También se consideró por la mano de obra necesaria para operar la planta, la cual resulta ser no tan calificada, puesto que las unidades no son muy especializadas. Aunque no corresponde al ítem de mayor importancia es necesario tenerlo en cuenta al momento de evaluar la mejor alternativa.

- **COMPONENTE AMBIENTAL:**

La elección de la mejor alternativa involucra los aspectos ambientales que puedan afectar el buen desempeño de la unidad, así como las alteraciones al medio circundante.

- **COMPONENTE TÉCNICO:**

Este dependerá del grado de dificultad con que se realizaran los diseños y estudios que tendrán que cumplir con toda la reglamentación técnica vigente, en este se analizaran aspectos como: Geología de la zona, Hidráulica, consideraciones sísmicas, localización del proyecto, fuentes hídricas, estado actual de las estructuras y demás aspectos de tipo técnico que hagan parte de la viabilidad del proyecto.

- **COSTOS DE MANTENIMIENTO/MES:**

Los costos son asumidos por la alcaldía municipal, empresa de servicios o el ente regulador, se le da una alta importancia porque al elegir la mejor opción los costos



por operación y mantenimiento se habrán de reducir lo que hará más factible la construcción del sistema.

- **INVERSIÓN INICIAL:**

El porcentaje asignado para este componente corresponde a que la elección de una alternativa dependerá de los recursos económicos disponibles para su ejecución.

- **DISPONIBILIDAD DE ÁREA:**

Es importante tener en cuenta el área disponible para la ejecución de las obras proyectadas y específicamente la información de tipo predial consecuente para la consecución de los permisos que permitan la construcción del mismo.

9.1.1 CAPTACIÓN

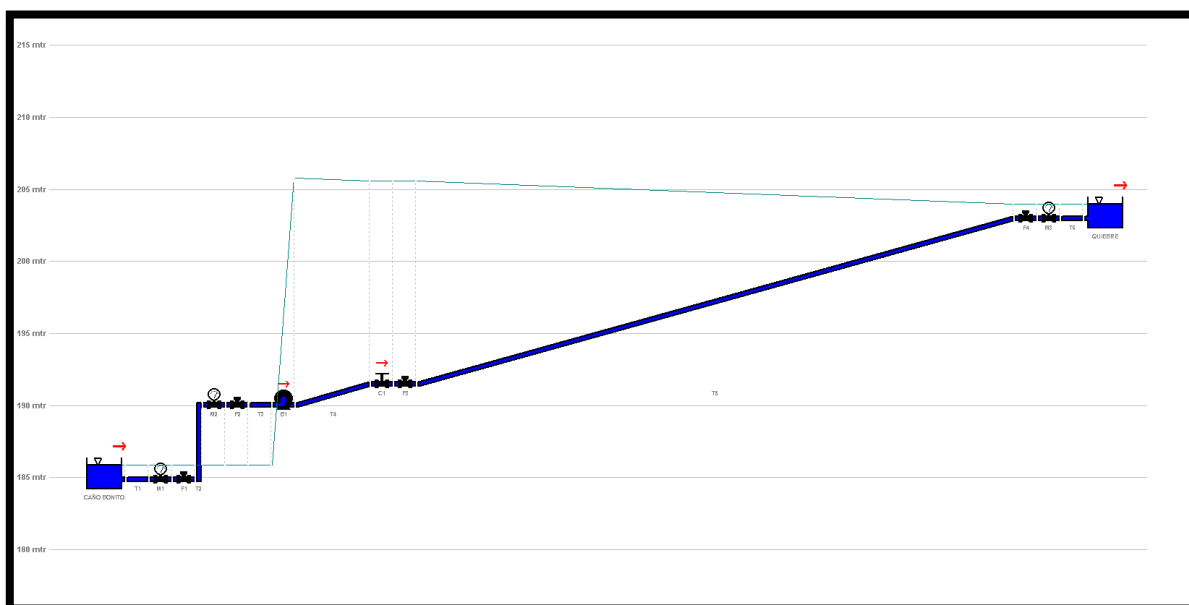
Para este proyecto se tiene proyecta una captación flotante debido al bajo caudal demandado teniendo en cuenta las variables como la población y le nivel de complejidad del sistema. A partir de las cotas de los diferentes puntos desde la captación hasta la entrada a la planta de tratamiento de agua potable, es necesario el uso bombas para el transporte del caudal necesario. Para la selección de la bomba que será utilizada en el proyecto se hizo uso del Software HYDROFLO y su complemento PUMPBASE, mediante el cual se llevó a cabo la modelación de la captación.

Parámetros de entrada:

PUNTO	COTA (msnm)
lámina de agua en captación	185,88
profundidad de la tubería de la captación flotante	184,88
caseta (cuarto de bombas)	190,02
Entrada a la PTAP proyectada	203,00
Longitud Captación -Ptap	1478 (m)

Una vez determinadas las cotas de los puntos de la línea piezométrica, se realiza el cálculo manual para definir la bomba a utilizar.





A partir de los resultados obtenidos, se tiene como resultado la curva de la bomba de diseño:

Tubería de Impulsión (HF) Condición Inicial:

diam. (pulg)	4
diam. (m)	0,1
V (m/s)	1,36
Sumergencia:	0,35

Tubería de Impulsión (HF) Condición Final:

diam. (pulg)	4
diam. (m)	0,1
V (m/s)	1,44
Sumergencia:	0,35

Alturas estáticas

Profundidad del pozo (m)	2
Profundidad de bomba (m)	2
Altura del tanque (m)	30
Altura estática total (m):	32

Alturas estáticas

Profundidad del pozo (m)	2
Profundidad de bomba (m)	2
Altura del tanque (m)	30
Altura estática total (m):	32

Pérdidas en la impulsión (AC)

Expansión concéntrica (12D)	1,2
Válvula de retención	0

Pérdidas en la impulsión (AC)

Expansión concéntrica (12D)	1,2
Válvula de retención	4,2



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Válvula de compuerta	0,4	Válvula de compuerta	0,4
Codo 90° Radio largo (3)	3,3	Codo 90° Radio largo (3)	3,3
Longitud de la tubería (m)	1469	Longitud de la tubería (m)	1469
Longitud equivalente total	1473,900	Longitud equivalente total	1478,100
J (m/m)	0,039	J (m/m)	0,039
Pérdidas en la impulsión (m)	57,592	Pérdidas en la impulsión (m)	57,756

Altura de velocidad en la descarga (m)

0,094

**Altura de velocidad en la descarga
(m)**

0,106
2

Altura dinámica total de elevación

89,69

Altura dinámica seleccionada

eficiencia 75%

Potencia (kw) 12,52

Potencia (HP) 16,79

Potencia del motor (Hp) 18,47

Altura dinámica total de elevación

89,86

Altura dinámica seleccionada

eficiencia 75%

Potencia (kw) 13,32

Potencia (HP) 17,87

Potencia del motor (Hp) **19,66**



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

9.1.2 DIMENSIONAMIENTO DESARENADOR

La capacidad hidráulica de un desarenador, según la tabla 2 de la resolución 0330 de 2017 en su artículo 47 especifica que este debe ser capaz de tratar el QMD proyectado al periodo de diseño, para lo cual hacemos usos de los caudales anteriormente descritos. Teniendo en cuenta estas especificaciones, procederemos a calcular la capacidad hidráulica del desarenador.

Inicialmente se determinan las dimensiones útiles del desarenador obteniendo que se proyecta un largo útil igual a 7.0m, un ancho útil igual a 2.0m y una altura útil de 1.50m.

Según el artículo 55 de la resolución 0330 el desarenador debe poder remover partículas de mínimo 0.1 mm de diámetro con un peso específico de 2.65 g/cm³. Considerando lo anterior se procede a calcular los siguientes parámetros:

- **Velocidad de sedimentación (V_s)**

Para estimar este valor se tuvo en cuenta una temperatura del agua igual a 20°C, con la cual se tiene una viscosidad cinemática de 0.01146 cm²/s

$$V_s = \frac{g}{18} \frac{(\rho_s - \rho)}{\mu} d^2$$

g: gravedad (cm/s²).

ρ_s : peso específico partícula arenas.

ρ : peso específico del fluido agua.

d: diámetro de la partícula (cm).

μ : viscosidad cinemática (cm²/s).

- **Tiempo de sedimentación (t)**

Considerando la profundidad real de sedimentación

$$t[s] = \frac{H}{V_s}$$

- **Periodo de retención hidráulico (θ)**

De acuerdo a la condición y eficiencia de las pantallas deflectoras escogidas (eficiencia de 85% y n=1 debido a deflectores deficientes o inexistentes), tomado del libro “elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, López C, Ricardo A, 2° edición, tabla 9.3. pág. 191” el periodo de retención hidráulico será de:



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Condiciones	Remoción (%)							
	87.5	80	75	70	65	60	55	50
n = 1	7.00	4.00	3.00	2.30	1.80	1.50	1.30	1.00
n = 3	2.75		1.66					0.76
n = 4	2.37		1.52					0.73
Máximo teórico	0.88		0.75					0.50

Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, 2004.

$$\theta[s] = 6 * t$$

Según la resolución 0330 de 2017 en el artículo 55, el tiempo de retención hidráulico no debe ser menor a 20 minutos.

- **Volumen del tanque (V)**

$$V[m^3] = Q * \theta$$

- **Área superficial del tanque (As)**

$$A_s[m^2] = \frac{V}{H} = B * L$$

- **Carga hidráulica (q)**

$$q \left[\frac{m^3}{m^2 * s} \right] = \frac{Q}{A_s}$$

En donde:

Q= Caudal de diseño para los años en estudio en m3/s.

Se recomienda una carga hidráulica entre 15 y 80 m3/m2*día

- **Velocidad de sedimentación de la partícula crítica (Vo)**

En condiciones teóricas, la carga hidráulica superficial es igual a la velocidad de sedimentación de la partícula crítica (Vo)

$$V_o[cm/s] = q \left[\frac{m^3}{m^2 * s} \right] * 100$$

- **Diámetro de la partícula crítica (do)**

$$d_o[cm] = \sqrt{\frac{V_o * 18 * \mu}{g * (\rho_s - \rho)}}$$



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Donde:

μ : viscosidad cinemática (cm²/s).

g: gravedad (cm/s²).

ρ_s : peso específico partícula arenas.

ρ : peso específico del fluido agua.

- **Velocidad horizontal (V_h)**

$$V_h \left[\frac{cm}{s} \right] = \frac{V_o * L}{H}$$

En donde:

L: Largo actual de la zona de sedimentación (m).

H: Profundidad útil del desarenador (m).

Según el artículo 55 la resolución 0330 de 2017 la velocidad horizontal debe ser menor de 0.25 m/s

- **Velocidad horizontal máxima (V_{h-max})**

Considerando la relación $V_h < 20V_s$, se calcula

$$V_{h \text{ máx}} \left[\frac{cm}{s} \right] = 20 * V_s$$

- **Velocidad de suspensión máxima (V_r):**

$$V_r \left[\frac{cm}{s} \right] = \sqrt{\frac{8k}{f} g(\rho_s - \rho)d}$$

Donde:

k y f son constantes que dependen del material a sedimentar.

g: gravedad (cm/s²).

ρ_s : peso específico partícula arenas.

ρ : peso específico del fluido agua.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

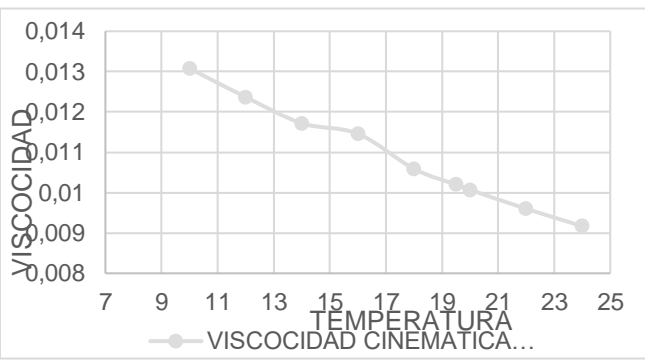


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

1. DATOS GENERALES DESARENADOR AÑO 2046				
CRITÉRIO	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD	NOTA
CAUDAL MÁXIMO DIARIO	$Q_{\text{Diseño}}$	2,83	l/s	Calculado
	$Q_{\text{Diseño}}$	0,00283	m ³ /s	Calculado
TEMPERATURA DEL AGUA	T°	20,00	°C	Dato levantamiento
EFICIENCIA DEL DESARENADOR	Valor asumido	80	%	Asumido
DIAMETRO DE LA PARTICULA A REMOVER	$D_{\text{partícula}}$	0,010	cm	Resolución 0330 Art. 55
	$D_{\text{partícula}}$	0,10	mm	Resolución 0330 Art. 55
GRAVEDAD	g	981,00	cm/s ²	Dato real
PESO ESPECIFICO DEL FLUIDO AGUA	P	1,00		Dato real
GRAVEDAD ESPECIFICA (ARENA)	Ps	2,65		Resolución 0330 Art. 55
LARGO DESARENADOR (ÚTIL)	L	7,00	m	Dato Planos Inalcon
ANCHO DESARENADOR (ÚTIL)	B	2,00	m	Dato Planos Inalcon
RELACIÓN LARGO: ANCHO	L:B	3,50		Calculado
	L:B	3(L): 1(B)		
CUMPLE RELACIÓN L/B				

2. CÁLCULOS Y CHEQUEOS DESARENADOR AÑO 2046		
VISCOCIDAD CINEMATICA		
TEMPERATURA DEL AGUA °C	VISCOCIDAD CINEMATICA (cm ² /s)	
10	0,01308	
12	0,01237	
14	0,01172	
16	0,01146	
18	0,01059	



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

19,5	0,0102
20	0,01007
22	0,0096
24	0,00917
VISCOCIDAD CINEMÁTICA (18°C)	0,01007

NÚMERO DE REYNOLDS				
NÚMERO DE REYNOLDS	Re	0,89	adim	Calculado
CUMPLE LEY DE STOKES $Re < 1$				
VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN				
$V_s = \frac{g}{18} \frac{(\rho_s - \rho)}{\mu} d^2 = K d^2$		Vs: velocidad sedimentación. Ps: peso específico partícula. P: peso específico del fluido. μ: viscosidad cinemática.		
VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN	Vs	0,89	cm/s	Calculado
GRADO DEL DESARENADOR (n)				
n:3 deflectores buenos	1			Dato Asumido
□/t	6,00			Asumido, de acuerdo a la condición y eficiencia de las pantallas deflectoras, tomado del libro "elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, López C, Ricardo A, 2° edición, tabla 9.3. pag 191."
PROFUNDIDAD UTIL DEL DESARENADOR	H	1,50	m	Dato Tomado de Plano de Inalcan
CUMPLE PROFUNDIDAD ÚTIL H:1,5-4,5m				
TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO				



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

TIEMPO QUE TARDARÍA LA PARTICULA EN CAER. $t = \frac{H}{V_s}$	t	167,97	s	Calculado
PERIODO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO	θ	7420,49	s	Calculado
	θ	123,67	min	Calculado pdf (volumen/caudal)
	θ	2,06	hr	Calculado

CUMPLE PERIODO RETENCIÓN >20

CAPACIDAD DE LA ESTRUCTURA

VOLUMEN REQUERIDO DESARENACIÓN	$V_{requerido}$	21,00	m ³	Calculado
ANCHO ACTUAL DE LA ZONA DE SEDIMENTACIÓN	B	2,00	m	Dato levantamiento
LARGO ACTUAL DE LA ZONA DE SEDIMENTACIÓN	L	7,00	m	Dato levantamiento
ÁREA SUPERFICIAL ACTUAL DEL DESARENADOR	$A_{superficial}$	14,00	m ²	Calculado
ÁREA SUPERFICIAL DEL DESARENADOR REQUERIDA	$A_{superficial}$ Requerido	14,00	m ²	Calculado
VOLÚMEN ACTUAL DEL DESARENADOR	$V_{desarenador}$	21,00	m ³	Calculado

CUMPLE VOLUMEN DESARENADOR

CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL

CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL	q	0,0002	m ³ /m ² *s	Calculado
		17,47	m ³ /m ² *día	Calculado

CUMPLE CARGA HIDRÁULICA (15-80)

DIÁMETRO DE LA PARTÍCULA CRÍTICA

$V_0=q$	Observaciones: la carga hidráulica superficial es igual a la velocidad de sedimentación de la partícula crítica "EN CONDICIONES TEÓRICAS", V_0 .			
VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN CRÍTICA $V_0=q$	V_0	0,020	cm/s	Calculado
DIAMETRO DE LA PARTÍCULA CRÍTICA $d_0 = \sqrt{\frac{V_0 \times 18 \times \mu}{g \times (\rho_s - \rho)}}$	d_0	0,002	cm	Calculado



	d ₀	0,015	mm	Calculado
CUMPLE DIAMETRO<0.1mm				

VELOCIDAD HORIZONTAL				
VELOCIDAD HORIZONTAL $V_h = \frac{Q}{W} = \frac{v_o L}{H}$	V _h	0,09	cm/s	Calculado
CUMPLE <0.25m/s				
VELOCIDAD HORIZONTAL MÁXIMA (V _{h-max} =20*Vs)	V _{h-max}	17,86	cm/s	Calculado
RELACIÓN (V _h /Vs)	V _h /Vs	0,11		Calculado
VELOCIDAD DE RESUSPENSIÓN MÁXIMA $V_r = \sqrt{\frac{8k}{f} g (\rho_s - \rho) d}$		K: Constante de sedimentación según el tipo de material a sedimentar F: Factor de sedimentación por acción de la gravedad (No hay coagulación)		
		k	0,04	Dato asumido
		f	0,03	Dato asumido
VELOCIDAD DE RESUSPENSIÓN MÁXIMA	V _r	13,14	cm/s	Calculado

3. ELEMENTOS DEL DESARENADOR				
CAUDAL TUBO DE ENTRADA DE RED DE ADUCCIÓN				
DIAMETRO TUBO DE LLEGADA	D	0,20	m	Dato levantamiento
PENDIENTE TUBERIA BOCATOMA - DESARENADOR	S	0,02	m/m	Tomado de planos
MANNING	n	0,009	-	Dato asumido
Q _o	Q _o	0,068	m ³ /s	Calculado
ALMACENAMIENTO DE LODOS				
PROFUNDIDAD MÁXIMA CALCULADA	P _{máximo}	0,70	m	
PROFUNDIDAD MÁXIMA	P _{máximo}	1,10	m	adoptada
PROFUNDIDAD MINIMA	P _{mínimo}	0,80	m	Asumido, de acuerdo a "elementos de



				diseño para acueductos y alcantarillados", López C, Ricardo A, 2° edición, pag 185, profundidad de lodos.
CUMPLE PROFUNDIDADES DE LODOS				
DIST. PTO SALIDA A LA CAMARA DE AQUIETAMIENTO	Xpca	2,33	m	CUMPLE CON EXISTENTE
DIST. PTO SALIDA AL VERTEDERO DE SALIDA	Xcs	4,67	m	CUMPLE CON EXISTENTE
PENDIENTE TRANSVERSAL	Ptrans	0,0%	%	calculada
PENDIENTE LONGITUDINAL	Xlong	12,9%	%	Tomada de planos
	Xlong	6,4%	%	Tomada de planos

VERTEDERO DE SALIDA				
ALTURA LAMINA DE AGUA VERTEDERO	Hv	0,008	m	calculado
VELOCIDAD EN EL VERTEDERO	Vv	0,169	m/s	calculado
ANCHO CAMARA DE SALIDA VERTEDERO	Xs	0,149	m	calculado
LONGITUD VERTEDERO	Lv	0,400	m	CUMPLE CON EXISTENTE
PROFUNDIDAD PANTALLA DE SALIDA	Hps	0,75	m	CUMPLE CON EXISTENTE 0.75
DISTANCIA PANTALLA DE SALIDA AL VERTEDERO DE SALIDA	Xvs	0,126	m	CUMPLE CON EXISTENTE 0.40
PROFUNDIDAD PANTALLA DE ENTRADA	Hps	0,75	m	CUMPLE CON EXISTENTE 0.75
DISTANCIA PANTALLA DE ENTRADA AL VERTEDERO DE ENTRADA	Xvs	1,750	m	CUMPLE CON EXISTENTE 3.45

4. CAMARA DE AQUIETAMIENTO				
ANCHO CALCULADO	Bcamara	0,667	m	calculado
CAUDAL DE EXCESOS	Qexce	0,066	m3/s	calculado



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

LAMINA DE AGUA SOBRE LE VERTEDERO EXCESOS	Hvex	0,142	m	calculado
PROFUNDIDAD PANTALLA DE SALIDA	Vvexce	0,69	m	calculado
DISTANCIA PANTALLA DE SALIDA AL VERTEDERO DE SALIDA	Xsexce	0,478	m	CUMPLE CON EXISTENTE 0.40
PROFUNDIDAD	Lcamara	0,500	m	CUMPLE CON EXISTENTE 0.75
5. TUBERIA DE LAVADO				
DIAMETRO TUBERIA EXCESOS	D	6,00	pulg	dato levamantamiento
		0,15	m	Calculado
Ao	Ao	0,02	m2	Calculado
COEFICIENTE DE DESCARGA	Cd	0,03	-	calculado
AREA SUPERFICIAL	As	14,00	m2	Calculado
ALTURA DISPONIBLE	h	2,10	m	dato levamantamiento
TIEMPO DE VACIADO	tvaciado	19236,12	s	Calculado
		5,34	h	Calculado

Lo anterior nos indica que el desarenador existente tiene la capacidad en volumen para tratar el caudal de diseño, por lo cual se encuentra habilitado para tratar los caudales actuales y proyectados. En cuanto a la velocidad horizontal y la velocidad de sedimentación cumplen con la relación indicada. Por otro lado, la carga hidráulica se presenta dentro de los límites hidráulicos permisibles.

Puede remover particular de 0.1mm dado que el tiempo de retención es superior al recomendado por la resolución.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea realizar la optimización, limpieza y mantenimiento de la estructura, con el fin de mantenerla en un estado óptimo.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

9.1.3 ALTERNATIVAS DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

10.7.1.1. PLANTA PARA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, CAPACIDAD 3 L/S EN FLUJO CONTINUO AUTOMÁTICA COTIZACIÓN IN-260.

El agua es conducida desde el tanque de agua sin tratar a la torre de aireación en esta pasa por las bandejas que tienen un lecho de carbón para acelerar la oxidación de minerales al multiplicar la cantidad de oxígeno en el agua, este carbón también tiene la función de absorber las partículas de hierro que se oxidan, luego de pasar por las 4 bandejas el agua es recolectada por la 5 bandeja que la lleva por tubería al tanque de coagulación y mezcla hidráulica, en esta cámara se adicionan los químicos coagulantes (sulfato de aluminio) (y regulador de PH) esta mezcla se produce hidráulicamente al entrar por tubería tangencial y desciende rápidamente por el cono de mezcla, luego el agua es obligada a ascender nuevamente por una pared deflectora en este trayecto los cambios de gradientes de velocidad producen una mezcla homogénea dando formación a pequeñas partículas que ganan tamaño creando el Flock (partículas de gran tamaño) estas pasan al módulo de sedimentación en donde se cambian los gradientes de velocidad, al producir arrastre las partículas con iones similares se adhieren unas a otras produciendo un Flock pesado que al ganar peso se precipita a el fondo por los módulos o aceleradores de PVC que están instalados en esta cámara y que tienen un ángulo de caída de 45 grados para ser evacuado por los drenajes, una vez clarificada el agua asciende por nivel pasando al tanque de equilibrio de ahí es tomada por la bomba de filtración que al pasarla por el filtro de arena retira las partículas livianas que no se sedimentaron el proceso anterior produciendo una filtración de 20 micras, luego pasa por un segundo filtro (carbón activado) que retira los sedimentos más finos, olor, color, sabor, gases disueltos, herbicidas y plaguicidas produciendo una micro filtración de 0.5 micras. Luego el agua es conducida al tanque de almacenamiento y en este trayecto se le inyecta una dosificación de cloro de 1 parte por millón esta concentración varia de acuerdo a los requerimientos del proceso y al tiempo de almacenamiento del agua tratada.



(+57) 3108519270-3166345859



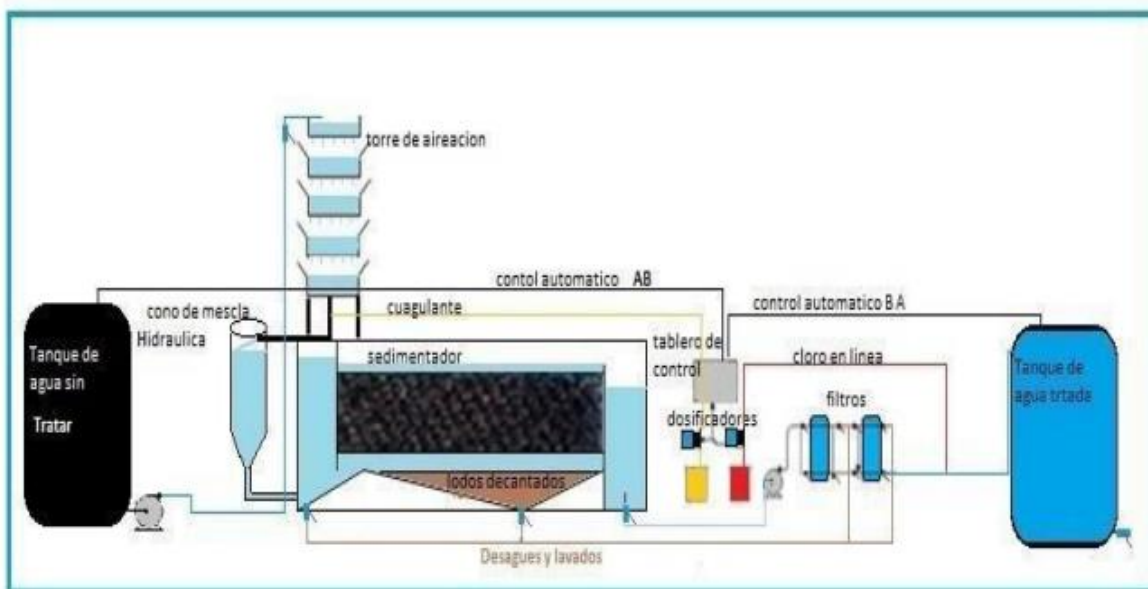
vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co



Estas plantas funcionan en modalidad automática o manual, requieren un mínimo de operación ya que en modalidad automático se auto regulan con controles eléctricos que optimizan y aseguran un suministro continuo de agua, su operación no requiere de personal especializado, a continuación, se describen los diferentes procesos para el funcionamiento de la planta.

Torre De Aireación: La torre de aireación es la unidad donde empieza el tratamiento del agua esta torre se compone de 5 bandejas con lecho de carbón coque para oxidación absorción de minerales. Dimensiones 1 m de ancho por 1 m largo por 20 cm fondo fabricado en fibra de vidrio, este tipo de tratamientos presenta ventajas ya que al Transferir oxígeno al agua aumenta el OD, Disminuir concentración de CO₂, Remover gases como el metano, Oxidar hierro y manganeso, Remover compuestos orgánicos volátiles que generan olores.

Tanque Clarificador: Dimensiones 4,0 mts de largo por 2.0 mts de altura por mts de ancho, construido en fibra de vidrio reforzado con poliéster y dividido internamente en tres compartimientos a saber:



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

- a) Una cámara de coagulación y floculación equipada con un cono de mezcla de 18" de diámetro.
- b) Módulo de sedimentación para retención de partículas livianas no sedimentables en la primera cámara, provista de paneles de sedimentación tipo colmena para el control de los lodos livianos difíciles de precipitar. Además, en esta cámara se dispondrá de un área de sedimentación mayor para permitir que el Flock semipesado arrastrado de la primera cámara se precipite al fondo.
- c) Un tanque de equilibrio para depósito de agua tratada. En esta cámara se instalarán dos controles de nivel (por debajo y alto nivel) con el fin de automatizar la unidad de tratamiento. Además, servirá de punto de succión para la electrobomba que llevará agua a través de los filtros y de allí al tanque de almacenamiento de agua tratada.
- d) El tanque clarificador lleva drenajes para la eliminación parcial de lodos y vaciado de las cámaras internas, en tubería de PVC de 2" de diámetro y válvulas bridada industrial.

Equipo De Filtración: Se suministran dos filtros de costado recto fabricados en acero al carbono con lecho de arena de sílice cuarzo, y carbón activado americano de 30" de diámetro por 24" de altura salidas en 1". Adicionalmente, Se instalará un filtro de carbón activado americano, para producir micro filtración a una micra y retirar los sólidos livianos esto con el fin de cumplir las normas del Decreto 475 del Ministerio de Salud, hoy Medio Ambiente.

Equipo De Dosificación: Para el tratamiento químico se implementará la planta con dos bombas dosificadoras eléctricas para el suministro de Cloro (desinfectante) y Sulfato de Aluminio clase A (coagulante).



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Valor de la alternativa

6. CONDICIONES COMERCIALES.

ITEM	DESCRIPCION	CANT	VR TOTAL
1	Valor de la planta con torre de aireación y paneles colmena	1	70.000.000
2	Tanque agua cruda de 20.000 litros	1	15.000.000
3	Tanque agua tratada de 20.000 litros	1	15.000.000
4	Tuberías, accesorios, válvulas	varios	7.000.000
5	Tablero de control incluye tuberías EMT flotadores eléctricos	1	9.000.000
Subtotal			116.000.000
Mano de obra			7.000.000
Total			123.000.000
Iva 19%			23.370.000
Transporte			3.000.000
Total, global			149.370.000

Costos Operacionales

RESUMEN COSTOS DIRECTOS OPERACIÓN PTAP ALTERNATIVA 1		GESTION PROYECTOS AMBIENTALES			
		FORMATO DE REGISTRO			
		FGP-83		Página 1	
		Versión 2		8/06/2022	
AUTODECLARACION COSTOS DE INVERSION Y ANUAL DE OPERACIÓN DE CAPTACIÓN,CONDUCCIÓN,CONTROL,TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN					
COSTO ANUAL DE OPERACIÓN					
2. COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL		PRECIOS AÑO: 2022			
DESCRIPCION		UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
2.1. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS					
Hipoclorito de calcio (75% de pureza)		kg	180	\$ 25.000	\$ 4.500.000
SUBTOTAL					
2.2. MANO DE OBRA					
TECNÓLOGO EN AREAS DE INGENIERÍA		Uad	12	\$ 2.805.000	\$ 33.660.000
2.2.1. OTROS					
AYUDANTE		Uad	12	\$ 1.650.000	\$ 19.800.000
SUBTOTAL					
2.3. ARRENDAMIENTOS, ALQUILERES, SERVICIOS PÚBLICOS, SEGUROS Y OTROS GASTOS GENERADOS.					
Servicio de Energía		kw	311400	\$ 644	\$ 200.479.320
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS DE OPERACION ANUAL (2)					
TOTAL COSTOS DEL PROYECTO =					
(1) TOTAL COSTOS DE INVERSION + (2) TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL				\$ 258.439.320	



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



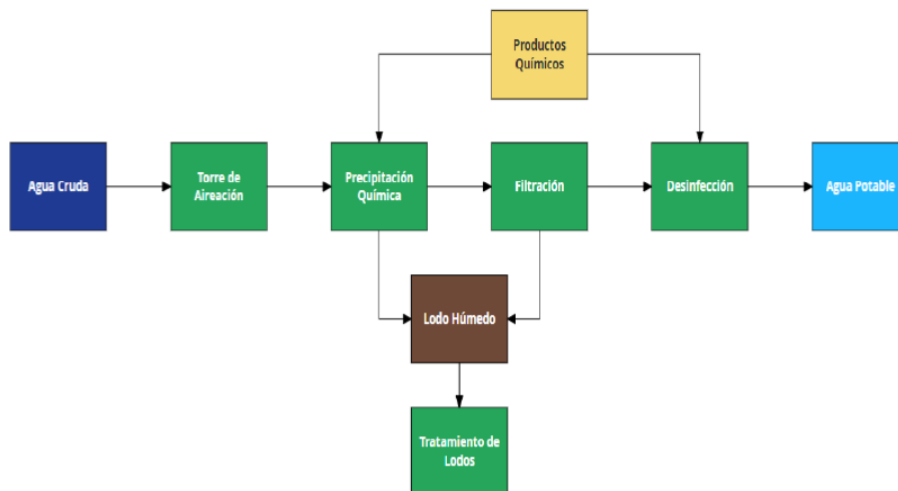
www.guaviare.gov.co

10.7.1.2. PLANTA DE AGUA POTABLE, CAPACIDAD 3 L/S SISTEMA DE TRATAMIENTO POR MANTO DE LODOS.

Los clarificadores de manto de lodos (CML) son sistemas de potabilización no convencionales en los cuales se integran la coagulación, floculación y sedimentación en una unidad compacta. Son ventajosos por aspectos económicos, alto desempeño, incluso con agua de alta turbiedad, y poco espacio requerido. Su principal desventaja radica en que su operación precisa de mayor control que un sistema convencional. Aunque las ventajas tienen mayor peso, los clarificadores de manto de lodos han sido poco estudiados en nuestro país y, por consiguiente, es muy bajo su uso.

Descripción del sistema

DIAGRAMA PROCESO



Precipitación Química: A través de la aplicación de productos químicos se retirará los componentes no deseados del agua. Para ello se realizarán el proceso de Floculación (mezcla rápida de los productos químicos y el agua), Coagulación (Mezcla lenta de los productos químicos) y Sedimentación, La estructura donde se realizan los procesos permitirá el flujo hidráulico sin requerir unidades de bombeo.

-Cámara de floculación:



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Tipo: Floculación Hidráulica con cono de mezcla.

-Cámara de Floculación. Campana interna tipo manto de lodos.

-Cámara de Sedimentación:

Tipo: De alta tasa - Módulos: Tipo colmena 60°. Asegurando una carga de 180 m³/m²-día. - Con módulo de doble altura.

Filtración: Retiene partículas de diámetro muy pequeños que no fueron eliminados en el proceso de sedimentación. En esta línea no se requiere equipos de bombeo ya que el filtrado y lavado se realiza por columna de agua almacenada en una cámara interna del sistema.

No. de Unidades: Una (1) unidad.

Material: P.R.F.V.

Forma: Vertical Cilíndrica.

Dimensiones totales: Ver esquema

Altura material: 1.0 m

Medio de filtración: gravas y arenas sílices.

Dosificación De Productos Químicos: Los dosificadores permitirán el ingreso continuo de productos químicos a la unidad de tratamiento

No de Unidades: Cuatro (4) unidades.

Funcionamiento: Dosificadoras eléctricas

Marca: Prominent o similar

Capacidad: 21.9 LPH

Almacenamiento de Químicos en canecas de polietileno con capacidad de 250 L.

Accesorios: Válvulas de succión y descarga, mangueras, tubo visión, registros de entrada y salida, acoples, nicles.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

DIMENSIONES DE LA UNIDAD (m)		
No. Trenes	Un (1) tren con capacidad de 3 LPS	
PRECIPITACIÓN QUÍMICA	Numero de Reactores	Una (1)
	Diámetro (W pq)	1.90
	Altura total (HT pq)	3.60
FILTROS	Número de Filtros	Una (1)
	Diámetro (W f)	1.90
	Altura total (HT f)	2.50

Costo de la Alternativa:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT	V/ UNITARIO	V/TOTAL
	Alternativa 1.			
	SISTEMA MANTO DE LODOS PARA 3 LPS			
1	La unidad de potabilización incluye todos los elementos hidráulicos y eléctricos para su operación y todos los componentes descritos en la descripción técnica de la presente oferta.	1	\$ 142.670.000	\$ 142.670.000
TOTAL (Incluye IVA sobre la utilidad)			\$ 142.670.000	



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Costo de Operación.

	RESUMEN COSTOS DIRECTOS OPERACIÓN PTAP ALTERNATIVA 2	GESTION PROYECTOS AMBIENTALES				
		FORMATO DE REGISTRO				
		FGP-83		Página 1		
		Versión 2		8/06/2022		
AUTODECLARACION COSTOS DE INVERSIÓN Y ANUAL DE OPERACIÓN DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, CONTROL, TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN						
COSTO ANUAL DE OPERACIÓN						
2. COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL		PRECIOS AÑO: 2022				
DESCRIPCION				UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
2.1. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS						
Hipoclorito de calcio (75% de pureza)				kg	180	\$ 25.000 \$ 4.500.000
SUBTOTAL						
2.2. MANO DE OBRA						
TECNÓLOGO EN ÁREAS DE INGENIERÍA				Uad	12	\$ 2.475.000 \$ 29.700.000
2.2.1. OTROS						
AYUDANTE				Uad	12	\$ 1.650.000 \$ 19.800.000
SUBTOTAL						
2.3. ARRENDAMIENTOS, ALQUILERES, SERVICIOS PÚBLICOS, SEGUROS Y OTROS GASTOS GENERADOS.						
Servicio de Energía				kw	415200	\$ 644 \$ 267.305.760
SUBTOTAL						
TOTAL COSTOS DE OPERACION ANUAL (2)						
TOTAL COSTOS DEL PROYECTO =						
(1) TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN + (2) TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL						\$ 321.305.760

Selección de alternativa planta de agua potable por componente.

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN		Puntaje máximo	Nivel de incidencia	Puntaje x Calificación	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 1
					Clasificación	Clasificación
Costos económicos (40)	Costos por inversión inicial	20	Alto	5	Medio 10	Medio 10
			Medio	10		
			Bajo	20		
	Costos por operación y mantenimiento	20	Alto	5	Medio 10	Alto 10
			Medio	10		
			Bajo	20		



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN		Puntaje máximo	Nivel de incidencia	Puntaje x Calificación	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 1
					Clasificación	Clasificación
Aspectos técnicos (30)	Facilidad constructiva	30	Alta	30	Media 20	Media 20
			Media	20		
			Baja	10		
Socioambiental (30)	Impacto comunitario	30	Alto	10	Bajo 30	Medio 20
			Medio	20		
			Bajo	30		
Calificación Total		100			70	60

De acuerdo al análisis anteriormente realizado para las alternativas 1 y 2 planteadas en los puntos críticos del sistema de acueducto, se establece la *Alternativa 1* como la óptima para dar funcionalidad al sistema de potabilización del agua a través de la construcción de la planta de agua potable en flujo continuo automática para la vereda agua bonita, teniendo un costo de construcción de \$ 149.370.000 CIENTO CUARENTA Y NUEVE MILLONES TRECIENTOS SETENTA MIL PESOS.

9.1.4 DISEÑO HIDRAULICO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO PTAP

El tanque de almacenamiento de agua potable se proyecta en el predio de la PTAP.

Caudal de diseño.

Para realizar el diseño y el dimensionamiento del tanque de almacenamiento se utiliza el caudal máximo diario (QMD), el cual corresponde al caudal que debe proveerse al centro poblado de tres esquinas (2.83 L/s al año de diseño 2046) según la resolución 0330 de 2017 artículo 47. Las memorias de cálculo de estos diseños se presentan en el Anexo E.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Volumen útil del tanque de almacenamiento

El volumen de diseño debe ser la mayor cantidad obtenida entre la capacidad de regulación y la capacidad de almacenamiento de acuerdo al artículo 81 de la resolución 0330 de 2017. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, debido a la información limitada con la cual cuenta el municipio respecto a sus sistemas de macromedición, el volumen útil del tanque será determinado como la capacidad de almacenamiento.

La capacidad de almacenamiento dese ser igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo.

Dimensionamiento Tanque de almacenamiento

A continuación, se dimensiona el tanque de almacenamiento urbano dado el volumen requerido determinado anteriormente, cabe aclarar que este tanque será un tanque cuadrado semienterrado.

$$\text{Volumen útil tanque} = 81.68\text{m}^3$$

El volumen útil del Tanque a construir (81.68m^3) es mayor al necesario (81.50m^3), por tanto, cumple el almacenamiento requerido a futuro para el sistema de Acueducto.

CRITERIO	VALOR	UNIDADES
Volumen por capacidad de almacenamiento		
caudal máximo diario QMD (2046)	2.83	l/s
	244.512	m ³ /día
volumen por resolución 0330 de 2017 (1/3)	81.504	m ³
volumen para control de incendio		
volumen control de incendio (15%)	0	m ³
volumen final para dimensionamiento	81.50	m ³
DIMENSIONAMIENTO TANQUE DE ALMACENAMIENTO		
LARGO (L) (m)	5.50	m
ANCHO (B) (m)	5.50	m
ALTURA INTERNA DEL TANQUE	3.00	m
PROFUNDIDAD ÚTIL	2.70	m
VOLUMEN TOTAL DEL TANQUE NUEVO	90.75	m ³
VOLUMEN ÚTIL TOTAL DEL TANQUE NUEVO	81.68	m ³
VOLUMEN ÚTIL TOTAL DEL TANQUES	81.68	m ³
CUMPLE CAPACIDAD AÑO 2046		
tiempo de llenado	8.02	h
tiempo de vaciado		
diámetro de la tubería	0.10	m
coeficiente (0,5-0,6) ras 2000 B,9,4,10	0.6	
tiempo de vaciado	1.32	h



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Forma y tiempo de llenado del tanque de almacenamiento

El proceso de llenado inicia con el suministro de agua desde la conducción desde la el sistema de tratamiento de la planta compacta, por medio de una tubería de 3" en PVC RDE21, dicho fluido pasa a través de una válvula de control tipo flotador de 4" en la cámara de llegada, la cual funcionara como cierre para permitir el lavado del tanque y que el fluido pase a través de la tubería ByPass de 3" en PVC RDE21; o como reguladora de entrada de agua, con lo cual una vez el líquido llegue a su nivel máximo (1.70m) esta se cierre y no permita el desbordamiento del agua, o se abra cuando esté en su nivel mínimo.

El tiempo de llenado se da a partir de la ecuación de tiempo en función del caudal de entrada y el volumen de agua a ocupar dentro del tanque, por tanto, tenemos que

$$t = \frac{\text{Volumen}}{\text{Caudal}} = \frac{81.68}{0.00283} = 8.02h$$

Tiempo de Vaciado

El tiempo de vaciado del tanque calculado con la siguiente ecuación, debe ser menor que 8.5 horas. Dicha ecuación es válida, para tanques con área superficial constante a lo largo de su altura.

Con una tubería de Lavado de 2":

$$T = \frac{2 * A * \sqrt{H}}{C * A_o * \sqrt{2 * g}} = \frac{2 * A(5 * 5) * \sqrt{1.7}}{C * 0.007 * \sqrt{2 * 9.81}} = 0.87h$$

Donde:

A: Altura útil del tanque

H: Altura útil del tanque

Cd: coeficiente de descarga

Ao: área transversal de la tubería de salida

g: aceleración de la gravedad

Con una tubería de 4" para Lavado del Tanque de Almacenamiento cumple con un valor que no supera las 8 horas (RAS 2000-B9.4.10).

Materiales

Según el numeral B.9.4.7 de la RAS 2000 el material del tanque debe resistir los empujes hidrostáticos, así como las fuerzas causadas por el empuje de tierra y de flotación, en el caso de tanque enterrados o semienterrados, cuando el tanque se encuentre desocupado.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

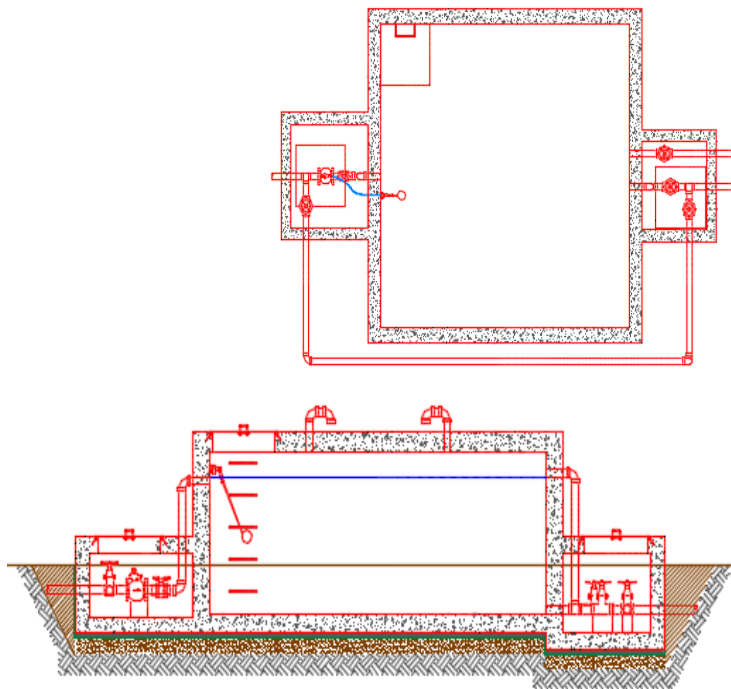
Para el cálculo de las presiones y el diseño estructural del tanque, se calculan de acuerdo a lo establecido por la NSR-10.

Por tanto, el material utilizado para el tanque de almacenamiento será concreto reforzado de 28MPa.

Control de nivel

El tanque se construye con un sistema indicador de nivel y de cierre en la entrada, que disminuya la posibilidad de rebose Medición de caudal. El cierre automático del paso del agua se realizará, mediante una válvula de flotador con control piloto 3" que va conectada a flotador con cuerpo y conector en Bronce Fundido por medio de una manguera, que se situara al inicio de la tubería de llenado del tanque. Este a su vez contiene un vástago, varillade 3/8"x0.50m y tornillos en latón, sello de caucho y bola en cobre de 198mm de diámetro y 223mm de longitud, con esto mientras el agua va alcanzando el nivel deseado (1.70m), el flotador mediante una articulación, va obstruyendo el orificio de entrada hasta llegar al cierre del mismo.

Ilustración 19 Esquema general del tanque de almacenamiento proyectado



Fuente: Anexo J - Planos



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA CASETA DE LA PTAP

Se debe contemplar un sistema de tratamiento anaerobio para la caseta que será instalada en la PTAP, dado que esta contempla un baño que estará en disposición de los operadores del servicio. Es importante aclarar que dicho sistema será incluido en el presupuesto, pero será del uso particular de la PTAP.

10. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED Y SUS ACCESORIOS

Antes de entrar en materia de los respectivos diseños respectivos de las redes realizaremos un comparativo del PVC y el polietileno, los cuales son materiales de tubería comerciales que se manejan con mayor frecuencia en el país y que serán evaluados para seleccionar la mejor opción en el proyecto.

Requisito	Tubería PVC	Tubería Polietileno
Técnico	No requiere de equipos mecánicos para su transporte e instalación	Para su transporte e instalación no requiere de equipos especiales; mientras que para realizar la unión por electro fusión es necesario de equipos especiales
	Por su versatilidad, peso y tipo de material no ofrecen dificultad en la instalación cuando se tenga muchos cambios de dirección tanto horizontal como verticalmente, es necesario la utilización de codos.	Por su versatilidad, peso y tipo de material no ofrecen dificultad en la instalación cuando se tenga muchos cambios de dirección tanto horizontal como verticalmente no es necesario la utilización de codos, dado que puede adaptarse a las sinuosidades del terreno.
	No se necesita de equipos especiales para corte de tubería	No se necesita de equipos especiales para corte de tubería



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Requisito	Tubería PVC	Tubería Polietileno
	En el proceso de su construcción no pueden quedar a la intemperie, puesto que el sol cristaliza el PVC.	En el proceso de su construcción pueden quedar a la intemperie, dado el color de la misma.
	Requiere cama de cimentación para su instalación	Requiere cama de cimentación para su instalación
	El proceso de relleno o tape de zanjas amerita el especial cuidado de realizarse por capas y con la debida compactación	El proceso de relleno o tape de zanjas amerita el especial cuidado de realizarse por capas y con la debida compactación
Social	La oferta de mano de obra en la región tiene mayor experiencia con la tubería en PVC lo que permite una construcción más eficiente	La mano de obra en la región carece de experiencia con este material
Duración	De acuerdo a las fichas técnicas de los proveedores se asegura que la duración de un tubo de PVC alcanza a periodos entre 50 y 100 años	Según fichas técnicas de los proveedores la tubería de polietileno alcanza periodos entre 25 y 50 años de duración
Financiero	Los precios del PVC se encuentran en el mismo rango que el polietileno, pero por la experiencia de la mano de obra con este material el rendimiento logra ser más eficiente	Los precios del polietileno se encuentran en el mismo rango que el PVC, pero por la experiencia de la mano de obra con este material el rendimiento logra ser más deficiente

Para efectos de dimensionar la red de conducción - distribución y sus accesorios, se cuenta con los parámetros y criterios de diseño, a parte de los valores requeridos de caudal y la energía estática disponible del trazado.

10.1. CAUDAL DE DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN (RAMALES) DEL PROYECTO PROPUESTO.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

El proyecto propuesto en el presente estudio, no cuenta con infraestructura existente del acueducto. Se tomará como diseño como caudal de diseño el caudal máximo horario. De acuerdo a lo interior se calculó el caudal de diseño de la línea de conducción igual a 4.25 Lt/s año inicial y 4.53 lt/s año proyectado.

En las áreas rurales de población dispersa donde los usuarios se encuentran distantes, como es nuestro caso, lo normal es considerar redes abiertas que lleven el agua hasta el usuario.

10.2. DIÁMETROS MÍNIMOS.

En el caso de los acueductos rurales, como es nuestro caso, el diámetro mínimo tanto para las tuberías de aducción y conducción como para las redes de distribución, no podrá ser inferior a 50mm de acuerdo al artículo 63 de la resolución 0330 de 2017.

10.3. PRESIONES MÍNIMAS.

La presión dinámica mínima en la red debe ser de 10mc.a. de acuerdo al artículo 61 de la resolución 0330 de 2017.

10.4. PRESIONES MÁXIMAS.

Se debe instalar una válvula de cierre en todas las conexiones de los sectores hidráulicos de acuerdo al artículo 62 de la resolución 0330 de 2017, que en nuestro caso será en cada ramal que sale de la red principal.

10.5. VÁLVULAS DE CIERRE

La presión estática máxima debe ser de 50m.c.a. de acuerdo al artículo 64 de la resolución 0330 de 2017.

10.6. MODELACIÓN HIDRÁULICA DE DISEÑO

Una vez se determina que la mejor opción en material para la red es PVC, se realiza la modelación hidráulica teniendo en cuenta la topografía de la zona y los criterios anteriormente descritos.



Caudal año actual l/s	4.25
Caudal año futuro l/s	4.53
Manning n	0.01
Rugosidad Absoluta (mm)	0.0015

10.6.1. Alternativas de distribución

Se ha tenido en cuenta 5 alternativas, la cuales se describen a continuación:

- **Alternativa 1:** En esta modelación se tuvo en cuenta dos sistemas de bombeo con equipos de 10 caballos de fuerza, de trabajo continuo para mantener las presiones en la red y diámetros menores de 2" para cumplir con las velocidades mínimas de retrolavado.
- **Alternativa 2:** En esta modelación no se utilizó ninguna estación de bombeo para la red de distribución y se ubicó un tanque elevado 15m sobre el nivel del terreno más alto según lo indicado en la topografía y diámetros menores a 2".
- **Alternativa 3:** En esta modelación se ubicó únicamente un tanque elevado 15m sobre el nivel del terreno más alto según lo indicado en la topografía y se utilizó como diámetro mínimo 2".
- **Alternativa 4:** En esta modelación se utilizó una sola estación de bombeo de trabajo continuo de 10 caballos de fuerza ubicada en la PTAP para la red de distribución y se ubicó un tanque elevado 15m sobre el nivel del terreno más alto según lo indicado en la topografía con diámetros menores a 2".
- **Alternativa 5:** En esta modelación se tuvo en cuenta dos sistemas de bombeo continuo de 10 caballos de fuerza cada uno para mantener las presiones en la red y diámetros mínimos a 2".



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



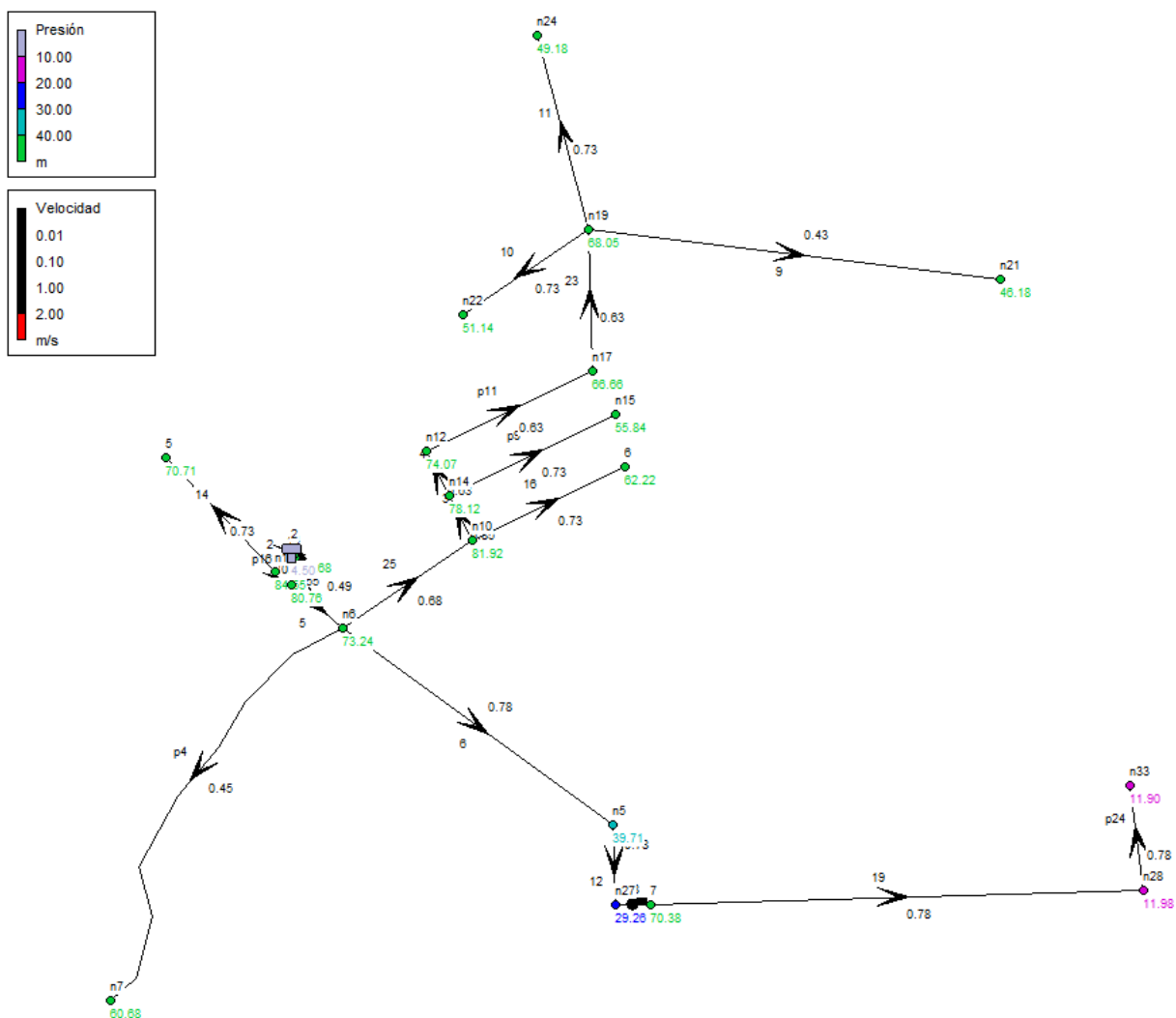
Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

10.6.2. Resultados de presión y velocidad

A continuación, se ilustran los resultados de presión en la red para la alternativa 1:



MODELACIÓN 1	
VELOCIDAD ($0.5\text{m/s} < V < 6\text{m/s}$)	CUMPLE
PRESIONES ($P > 5\text{mca}$)	CUMPLE
DIÁMETROS ($D > 2"$)	NO CUMPLE



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

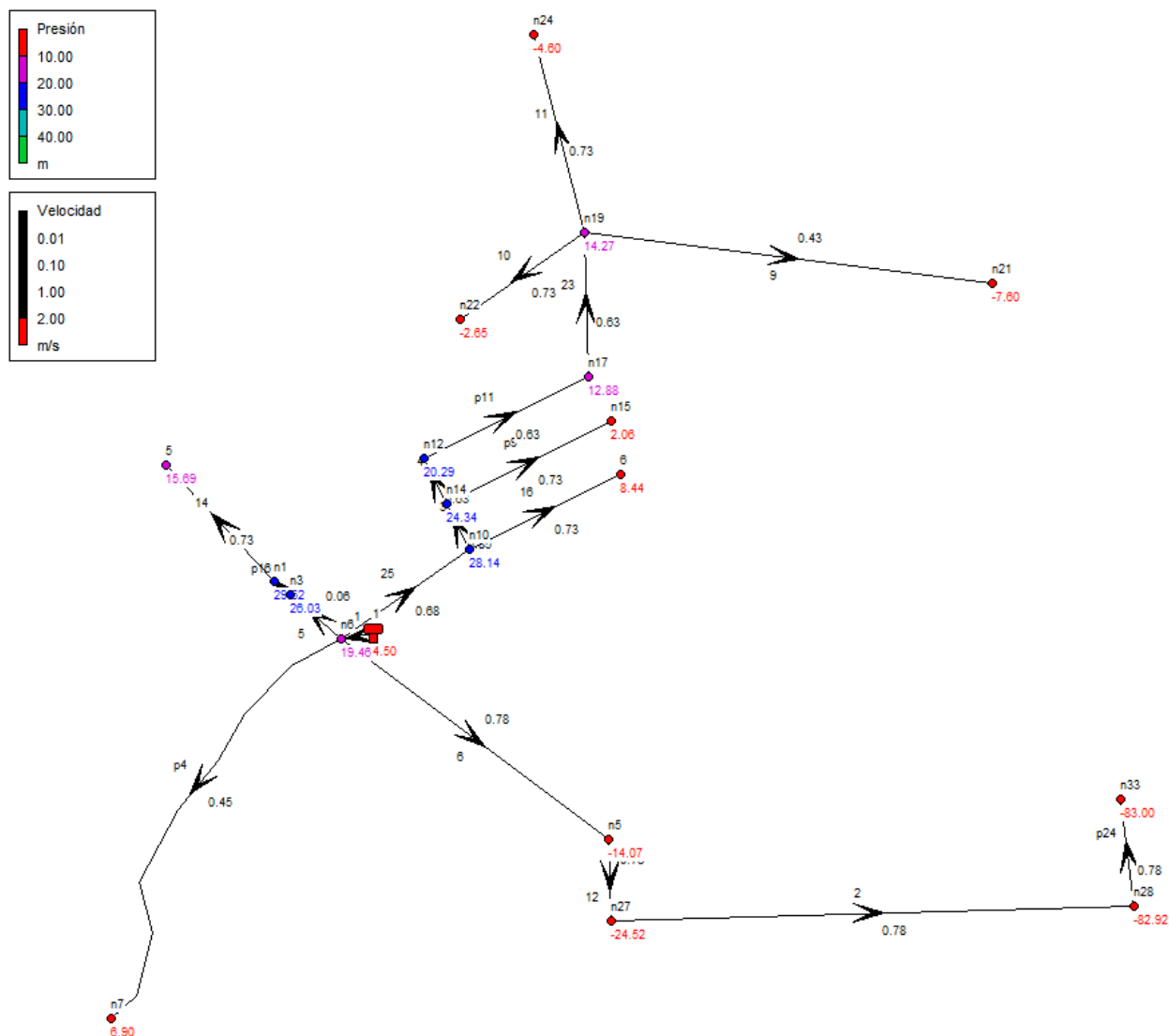


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

A continuación, se ilustran los resultados de presión en la red para la alternativa 2:



MODELACIÓN 2	
VELOCIDAD (0.5m/s<V<6m/s)	CUMPLE
PRESIONES (P>5mca)	NO CUMPLE
DIÁMETROS (D>2")	NO CUMPLE



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

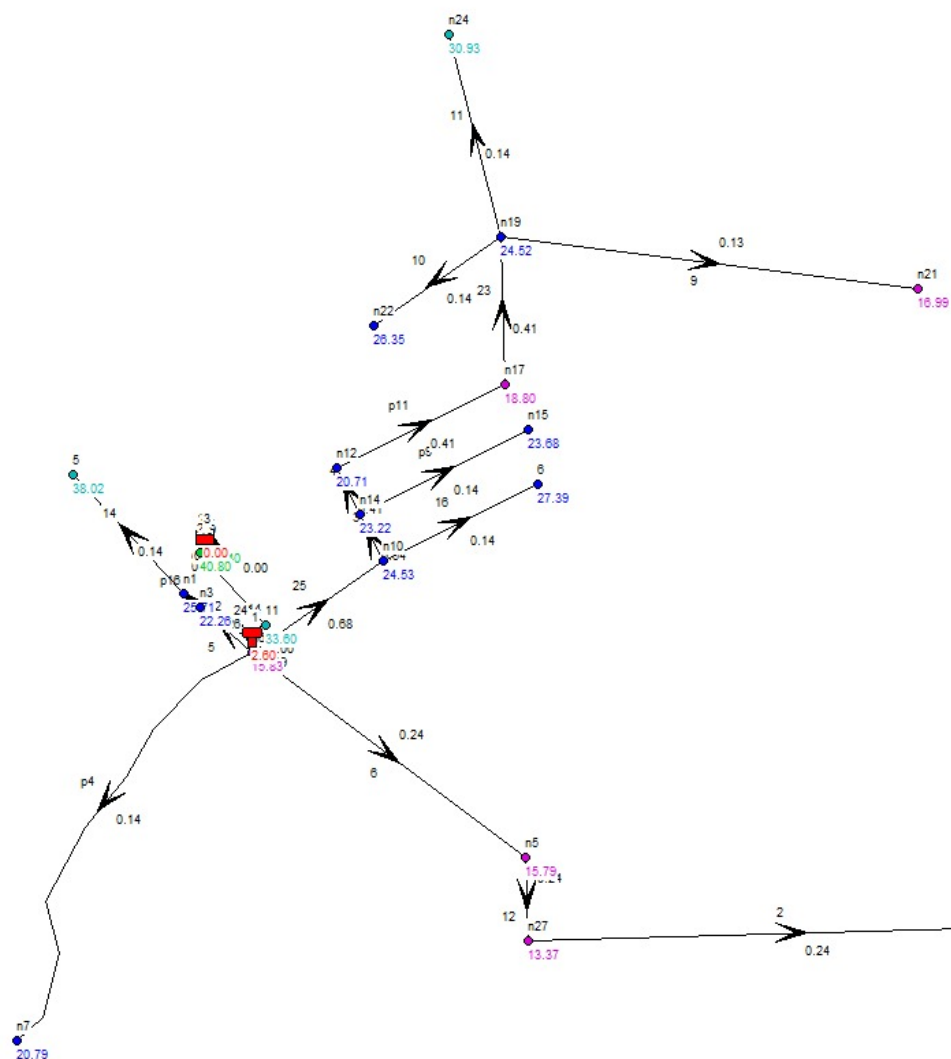


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

A continuación, se ilustran los resultados de presión en la red para la alternativa 3:



MODELACIÓN 3	
VELOCIDAD ($0.5\text{m/s} < V < 6\text{m/s}$)	NO CUMPLE
PRESIONES ($P > 5\text{mca}$)	CUMPLE
DIÁMETROS ($D > 2"$)	CUMPLE



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

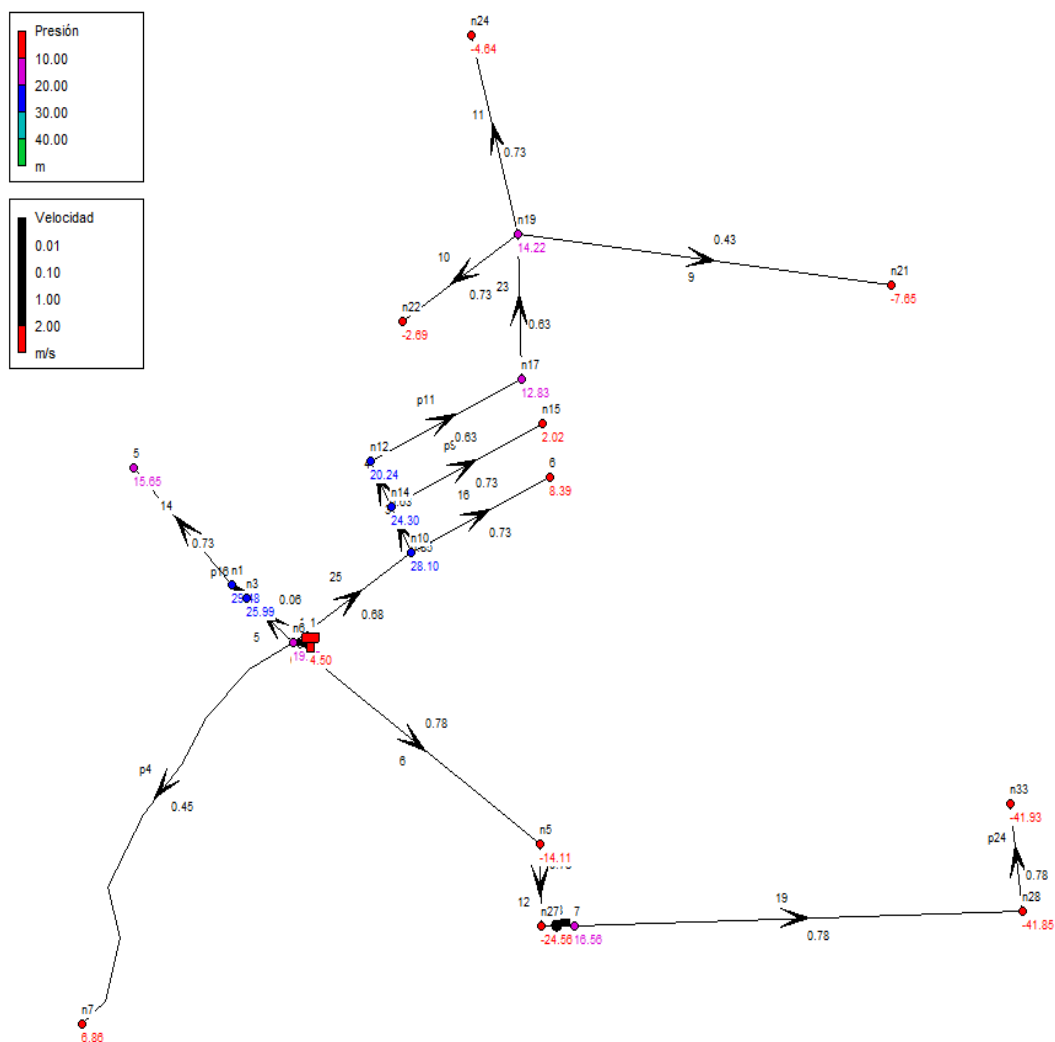


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

A continuación, se ilustran los resultados de presión en la red para la alternativa 4:



MODELACIÓN 4	
VELOCIDAD (0.5m/s<V<6m/s)	CUMPLE
PRESIONES (P>5mca)	NO CUMPLE
DIÁMETROS (D>2")	NO CUMPLE



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

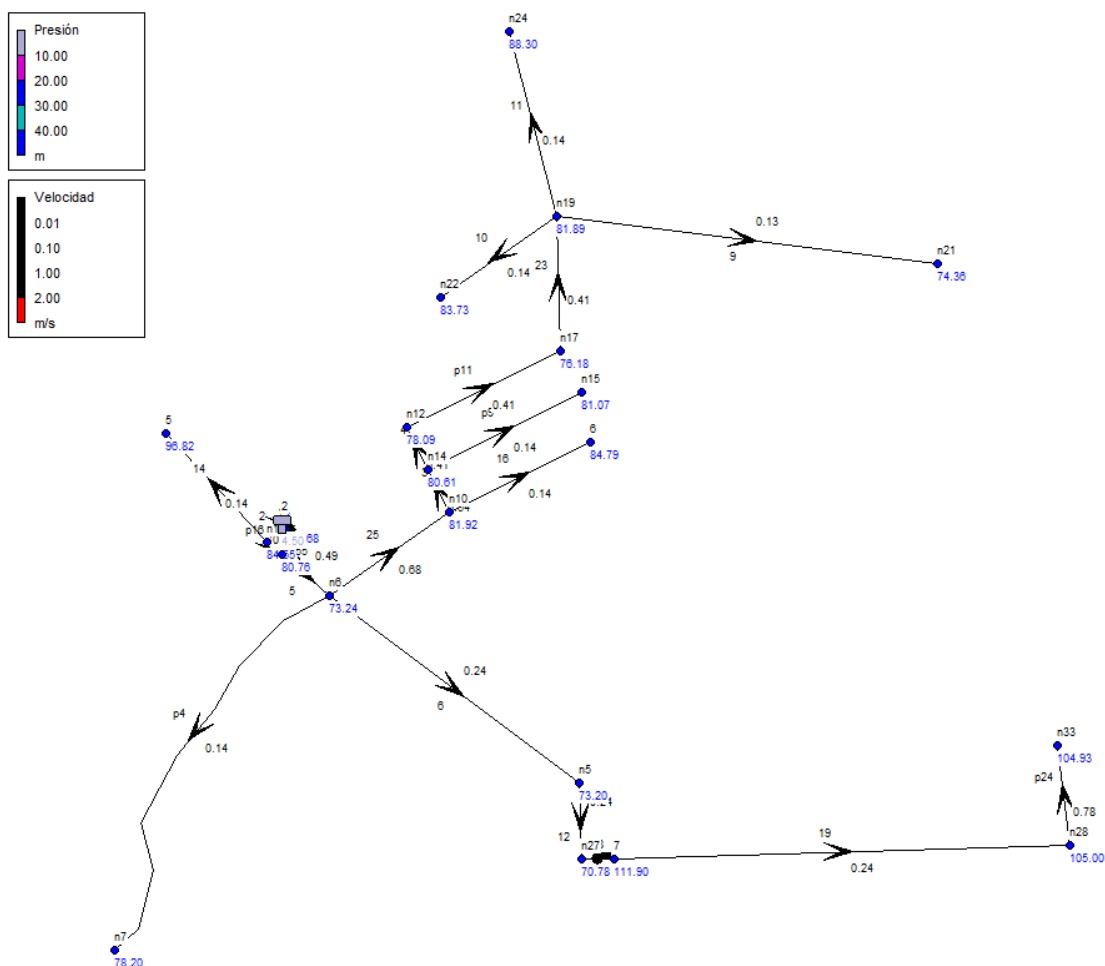


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

A continuación, se ilustran los resultados de presión en la red para la alternativa 5:



MODELACIÓN 5	
VELOCIDAD (0.5m/s<V<6m/s)	NO CUMPLE
PRESIONES (P>5mca)	CUMPLE
DIÁMETROS (D>2")	CUMPLE



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

10.6.3. Selección de alternativa

De acuerdo a los resultados obtenidos en las modelaciones, se construye una matriz de análisis multicriterio en el que evaluaremos 3 aspectos importantes:

1. Presión del fluido.
2. Velocidad del fluido.
3. Costos de operación.

A cada uno de estos parámetros se les asignó un puntaje con base a su relevancia en el sistema. Ya que la velocidad y la presión en la tubería son parámetros físico mecánicos del flujo y por lo tanto afectan la red en mayor parte, se les asignó un puntaje de 40% a cada uno, mientras que al mantenimiento se le asignó un valor de 20%0

VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS					
PARÁMETRO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5
VELOCIDAD ($0.5\text{m/s} < V < 6\text{m/s}$)	30	35	10	40	0
PRESIONES ($P > 5\text{mca}$)	40	0	40	0	40
Costos de operación.	0	0	30	20	10
TOTAL	70	35	80	60	50

De acuerdo a los resultados obtenidos la alternativa a seleccionar será la 3 dado que su eficiencia en cuanto a presión y costos operativos en el sistema es la más adecuada, a pesar de que las velocidades se consideren bajas dado a los diámetros, el sistema será eficiente.

10.6.3.1. Resultados Alternativa seleccionada

Resultados Nodos en Periodo Estático.

Label	Elevation (m)	Pressure (m H2O)	X (m)	Y (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Revision
J-2	202,80	28	1.162.749,40	770.490,17	0	230,45	Cumple
N-1	204,00	26	1.162.782,79	770.458,06	0	230,45	Cumple
N-2	205,00	25	1.162.898,74	770.555,99	0	230,45	Cumple



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

N-3	198,20	32	1.162.328,32	770.918,74	0	230,45	Cumple
N-4	194,00	36	1.162.328,78	770.996,93	0	230,45	Cumple
N-5	221,80	9	1.162.800,41	770.442,91	0,01	230,45	Cumple
N-6	218,98	11	1.162.904,76	770.333,46	0,02	230,45	Cumple
N-7	204,70	26	1.162.849,67	770.382,77	0,06	230,45	Cumple
N-8	199,80	31	1.163.536,93	770.781,57	0,08	230,44	Cumple
N-9	211,96	18	1.166.318,57	769.317,43	0,08	230,44	Cumple
N-10	218,20	12	1.166.358,72	769.089,13	0,08	230,44	Cumple
N-11	212,70	18	1.164.232,03	769.208,33	0,11	230,44	Cumple
N-12	203,96	26	1.163.418,45	770.529,33	0,14	230,45	Cumple
N-13	217,32	13	1.165.837,08	769.092,61	0,16	230,44	Cumple
N-14	198,90	31	1.164.240,33	771.128,94	0,16	230,44	Cumple
N-15	208,20	22	1.162.899,18	770.327,64	0,16	230,45	Cumple
N-16	192,00	38	1.162.407,15	770.832,08	0,18	230,45	Cumple
N-17	200,50	30	1.164.171,52	771.327,95	0,22	230,44	Cumple
N-18	213,18	17	1.164.063,59	769.531,39	0,22	230,44	Cumple
N-19	199,80	31	1.163.636,66	770.599,08	0,24	230,44	Cumple
N-20	212,94	17	1.164.177,24	769.441,99	0,27	230,44	Cumple
N-21	201,50	29	1.163.456,35	770.968,87	0,27	230,44	Cumple
N-22	214,60	16	1.164.224,61	769.017,72	0,33	230,44	Cumple
N-23	185,60	45	1.163.917,83	772.618,77	0,35	230,44	Cumple
N-24	214,80	16	1.163.087,15	770.186,82	0,4	230,45	Cumple
N-25	215,48	15	1.164.834,94	769.043,40	0,44	230,44	Cumple
N-26	216,57	14	1.165.570,24	769.092,28	0,45	230,44	Cumple
N-27	190,30	40	1.163.700,62	771.489,92	0,48	230,44	Cumple
N-28	192,50	38	1.164.101,82	771.808,93	0,56	230,44	Cumple
N-29	213,59	17	1.163.757,50	769.617,36	0,59	230,44	Cumple
N-30	207,00	23	1.166.305,46	769.523,62	0,6	230,44	Cumple
N-31	208,70	22	1.162.208,59	768.636,46	0,67	230,45	Cumple
N-32	196,50	34	1.164.311,08	770.937,05	0,8	230,44	Cumple
N-33	199,10	31	1.165.779,90	771.616,56	0,97	230,44	Cumple



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Resultado Nodos Periodo Extendido

Label	Elevation (m)	Pressure (m H ₂ O)	X (m)	Y (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)
N-25	212,480	8,000	1164834,940	769043,400	0,004	220,080
N-13	212,320	8,000	1165837,080	769092,610	0,001	220,080
N-10	212,200	8,000	1166358,720	769089,130	0,001	220,080
N-18	212,180	8,000	1164063,590	769531,390	0,002	220,090
N-9	211,960	8,000	1166318,570	769317,430	0,001	220,080
N-20	211,940	8,000	1164177,240	769441,990	0,002	220,090
N-24	211,800	8,000	1163087,150	770186,820	0,003	220,100
N-11	211,700	8,000	1164232,030	769208,330	0,001	220,090
N-22	211,600	8,000	1164224,610	769017,720	0,003	220,090
N-29	211,590	8,000	1163757,500	769617,360	0,005	220,090
N-26	211,570	8,000	1165570,240	769092,280	0,004	220,080
N-31	208,700	11,000	1162208,590	768636,460	0,006	220,100
N-15	208,200	12,000	1162899,180	770327,640	0,001	220,100
N-6	208,200	12,000	1162904,760	770333,460	0,000	220,100
N-30	207,000	13,000	1166305,460	769523,620	0,005	220,080
N-2	205,000	15,000	1162898,740	770555,990	0,000	220,100
N-5	204,800	15,000	1162800,410	770442,910	0,000	220,100
N-7	204,700	15,000	1162849,670	770382,770	0,001	220,100
N-1	204,000	16,000	1162782,790	770458,060	0,000	220,100
N-12	203,960	16,000	1163418,450	770529,330	0,001	220,090
J-22	203,140	17,000	1162795,160	770437,980	0,000	220,100
J-2	202,800	17,000	1162749,400	770490,170	0,000	220,100
N-21	201,500	19,000	1163456,350	770968,870	0,002	220,090
N-17	200,500	20,000	1164171,520	771327,950	0,002	220,080
N-8	199,800	20,000	1163536,930	770781,570	0,001	220,090
N-19	199,800	20,000	1163636,660	770599,080	0,002	220,090
N-33	199,100	21,000	1165779,900	771616,560	0,008	220,030



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

N-14	198,900	21,000	1164240,330	771128,940	0,001	220,090
N-3	198,200	22,000	1162328,320	770918,740	0,000	220,100
N-32	196,500	24,000	1164311,080	770937,050	0,007	220,090
N-4	194,000	26,000	1162328,780	770996,930	0,000	220,100
N-28	192,500	28,000	1164101,820	771808,930	0,005	220,080
N-16	192,000	28,000	1162407,150	770832,080	0,002	220,100
N-27	190,300	30,000	1163700,620	771489,920	0,004	220,080
N-23	185,600	34,000	1163917,830	772618,770	0,003	220,080

Resultado Tuberías Periodo Extendido.

Label	Start Node	Stop Node	Length (Scaled) (m)	Diameter (in)	Flow (L/s)	Material	Darcy-Weisbach e (mm)	Velocity (m/s)	Hazen-Williams C	Headloss Gradient (m/m)
L-1	N-28	N-33	1.689,00	1,00	0,97	PVC	0,00	1,92	130,00	0,17
L-2	N-24	N-31	1.884,00	2,00	0,67	PVC	0,00	0,33	130,00	0,00
L-3	N-17	N-28	486,00	2,00	2,36	PVC	0,00	1,16	130,00	0,03
L-4	N-11	N-22	191,00	2,00	2,13	PVC	0,00	1,05	130,00	0,03
L-5	N-28	N-23	830,00	2,00	0,35	PVC	0,00	0,17	130,00	0,00
L-6	N-28	N-27	513,00	2,00	0,48	PVC	0,00	0,23	130,00	0,00
L-7	N-10	N-9	232,00	2,00	0,67	PVC	0,00	0,33	130,00	0,00
L-8	N-9	N-30	207,00	2,00	0,60	PVC	0,00	0,29	130,00	0,00
L-9	N-13	N-10	522,00	2,00	0,75	PVC	0,00	0,37	130,00	0,00
L-10	N-26	N-13	267,00	2,00	0,91	PVC	0,00	0,45	130,00	0,01
L-11	N-22	N-25	611,00	2,00	1,80	PVC	0,00	0,89	130,00	0,02
L-12	N-25	N-26	737,00	2,00	1,36	PVC	0,00	0,67	130,00	0,01
L-13	N-20	N-11	240,00	2,00	2,24	PVC	0,00	1,11	130,00	0,03
L-14	N-18	N-20	145,00	2,00	2,51	PVC	0,00	1,24	130,00	0,03
L-15	N-29	N-18	318,00	2,00	2,73	PVC	0,00	1,35	130,00	0,04
L-16	N-8	N-21	204,00	2,10	2,84	PVC	0,00	1,22	130,00	0,03
L-17	N-19	N-8	208,00	2,10	3,08	PVC	0,00	1,32	130,00	0,04
L-18	N-15	N-7	74,00	2,10	0,45	PVC	0,00	0,10	130,00	0,00
L-19	N-21	N-17	800,00	2,10	2,57	PVC	0,00	1,10	130,00	0,02
L-20	N-8	N-14	784,00	2,10	0,45	PVC	0,00	0,07	130,00	0,00
L-21	N-19	N-32	754,00	2,10	0,80	PVC	0,00	0,34	130,00	0,00
L-22	N-24	N-29	880,00	2,10	3,32	PVC	0,00	1,42	130,00	0,04
L-23	N-24	N-12	477,00	2,10	4,26	PVC	0,00	1,82	130,00	0,06



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

L-24	N-12	N-19	229,00	2,10	4,12	PVC	0,00	1,76	130,00	0,06
L-25	N-7	J-22	78,00	2,10	0,18	PVC	0,10	0,08	130,00	0,00
L-26	J-22	N-16	553,00	2,10	0,18	PVC	0,10	0,08	130,00	0,00
L-27	N-15	N-24	235,00	3,00	0,45	PVC	0,00	0,09	130,00	0,00
L-28	J-2	N-1	46,00	3,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-29	N-1	N-2	152,00	3,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-30	N-3	J-2	601,00	3,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-31	R-1	PMP-1	9,00	3,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-32	N-4	N-3	78,00	3,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-33	PMP-1	GPV-3	10,00	3,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-34	GPV-3	N-4	21,00	3,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-35	N-5	N-6	151,00	3,20	9,08	PVC	0,00	1,79	130,00	0,04
L-36	N-6	N-24	234,00	3,20	9,06	PVC	0,00	1,78	130,00	0,04
L-37	1	N-5	150,00	3,20	0,45	PVC	0,00	0,00	130,00	0,00
L-38	N-2	TCV-11	11,00	4,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-39	TCV-11	1	10,00	4,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00

De acuerdo a la modelación realizada, se encontró que, las presiones máximas alcanzadas se encuentran a las 5 am, de acuerdo con la demanda horaria de la zona.

Resultado Tuberías Periodo Estático.

Label	Start Node	Stop Node	Length (Scaled) (m)	Diameter (in)	Flow (L/s)	Material	Darcy-Weisbach e (mm)	Velocity (m/s)	Hazen-Williams C	Headloss Gradient (m/m)
L-1	n28	n33	464,00	2,00	0,60	PVC	0,00	0,97	150,00	0,00
L-2	n6	n7	1.921,00	2,00	0,67	PVC	0,00	1,09	150,00	0,00
L-3	n27	n28	2.154,00	2,00	0,68	PVC	0,00	1,10	150,00	0,00
L-4	n19	n24	828,00	2,00	0,35	PVC	0,00	0,57	150,00	0,00
L-5	n19	n22	619,00	2,00	0,48	PVC	0,00	0,77	150,00	0,00
L-6	n19	n21	1.662,00	2,00	0,97	PVC	0,00	1,57	150,00	0,01
L-7	n5	n27	331,00	2,00	1,01	PVC	0,00	1,64	150,00	0,01
L-8	n10	n14	201,00	2,00	3,08	PVC	0,00	4,32	150,00	0,03
L-9	n3	n1	93,00	2,00	0,19	PVC	0,00	0,26	150,00	0,00
L-10	n12	n17	745,00	2,00	2,57	PVC	0,00	3,61	150,00	0,02
L-11	n14	n15	745,00	2,00	0,16	PVC	0,00	0,23	150,00	0,00



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

L-12	n6	n10	635,00	2,00	4,12	PVC	0,00	5,78	150,00	0,05
L-13	n17	n19	585,00	2,00	2,36	PVC	0,00	3,30	150,00	0,02
L-14	n10	6	684,00	2,00	0,80	PVC	0,00	1,12	150,00	0,00
L-15	n1	5	563,00	2,00	0,18	PVC	0,10	0,26	150,00	0,00
L-16	n6	n5	1.355,00	2,00	1,28	PVC	0,00	1,79	150,00	0,01
L-17	n14	n12	208,00	2,00	2,84	PVC	0,00	3,99	150,00	0,03
L-18	J-3	J-2	151,00	3,00	8,91	PVC	0,00	6,41	150,00	0,04
L-19	J-4	J-3	46,00	3,00	8,91	PVC	0,00	6,41	150,00	0,04
L-20	J-8	J-9	78,00	3,00	8,91	PVC	0,00	6,41	150,00	0,04
L-21	J-9	J-4	601,00	3,00	8,91	PVC	0,00	6,41	150,00	0,04
L-22	PMP-3	GPV-2	9,00	3,00	8,91	PVC	0,00	6,41	150,00	0,04
L-23	GPV-2	J-8	22,00	3,00	8,91	PVC	0,00	6,41	150,00	0,04
L-24	J-2	TCV-4	11,00	3,00	8,91	PVC	0,00	6,41	150,00	0,04
L-25	TCV-4	T-1	11,00	3,00	8,91	PVC	0,00	6,41	150,00	0,04
L-26	n6	n3	273,00	3,00	0,25	PVC	0,00	0,16	150,00	0,00
L-27	J-1	n6	366,00	3,00	6,32	PVC	0,00	4,08	150,00	0,02
L-28	J-10	TCV-3	24,00	3,00	6,32	PVC	0,00	4,08	150,00	0,02
L-29	TCV-3	J-1	108,00	3,00	6,32	PVC	0,00	4,08	150,00	0,02
L-30	T-1	TCV-5	8,00	3,00	6,32	PVC	0,00	4,08	150,00	0,02
L-31	TCV-5	J-10	9,00	3,00	6,32	PVC	0,00	4,08	150,00	0,02
L-32	R-2	PMP-3	9,00	4,00	8,91	PVC	0,00	3,61	150,00	0,01
L-33	PMP-1	GPV-3	10,00	3,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-34	GPV-3	N-4	21,00	3,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-35	N-5	N-6	151,00	3,20	9,08	PVC	0,00	1,79	130,00	0,04
L-36	N-6	N-24	234,00	3,20	9,06	PVC	0,00	1,78	130,00	0,04
L-37	1	N-5	150,00	3,20	0,45	PVC	0,00	0,00	130,00	0,00
L-38	N-2	TCV-11	11,00	4,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00
L-39	TCV-11	1	10,00	4,00	0,45	PVC	0,30	0,00	130,00	0,00



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare

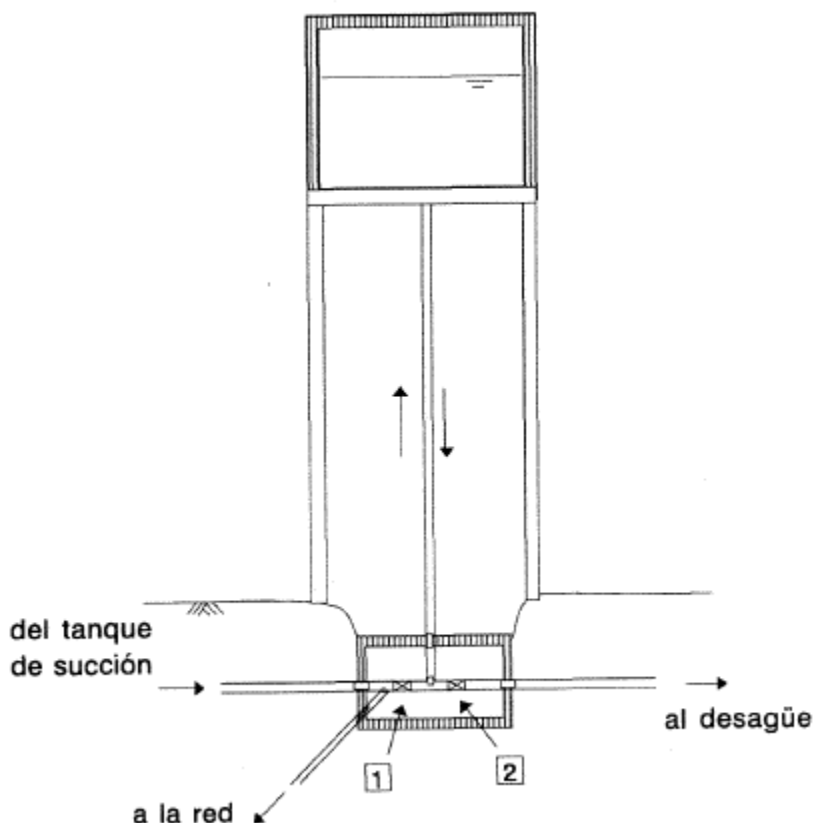


www.guaviare.gov.co

10.7. TANQUE ELEVADO

Con el fin de obtener una relativa economía, se acostumbra utilizar una sola tubería que sirve de entrada y salida del tanque elevado, en estos casos, cuando el suministro excede el consumo, el agua sobrante subirá por la tubería para llenar el tanque elevado y cuando el suministro sea inferior al consumo, el agua bajará por la tubería para compensar el déficit.

El caso de una sola tubería se ilustra continuación, en el cual se observa que, para las condiciones de operación normal, la válvula 1 estará abierta y la válvula 2 se encontrará cerrada. En el caso de mantenimiento del tanque elevado, se deberá invertir la operación de estas dos válvulas.



Numero de tanques y periodo de diseño

El número de tanques debe establecerse con posterioridad al calculo del volumen requerido para la regulación de la demanda de la población y el cumplimiento de la presión de diseño en la red de distribución. Generalmente, es suficiente un solo



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

tanque ubicado después de la planta de purificación. Para poblaciones pequeñas, el tanque puede ser de compartimiento sencillo.

Igualmente, el número de tanques y el número de compartimientos dependerá del periodo de diseño, el cual se encuentra entre 20 y 30 años, para este caso particular será de 25 de acuerdo al artículo 40 (resolución 0330 de 2017 del MVCT).

Cálculo de capacidad del tanque

La forma de alimentación será mediante bombeo y se realizará con dos tanques: un tanque de succión y un tanque elevado. La forma de operación del bombeo tiene implicaciones económicas, ya que en cuanto mayor sea el número de horas de bombeo menor será la capacidad del tanque, pero mayores serán los costos de operación del sistema de bombeo.

los tanques deben permitir que las demandas máximas que se producen en el consumo sean satisfechas cabalmente, al igual que cualquier variación en los consumos registrados en las 24 horas del día, proveyendo distribuciones adecuadas en la red de distribución, considerando esto, el volumen de regulación de los tanques propuestos para Agua Bonita, se obtuvo haciendo uso del método basado en la curva de distribución horaria del consumo del Municipio de San José del Guaviare.

CONSUMO POBLACIÓN SAN JOSÉ DEL GUAVIARE (POBLACIÓN DE 88529 HABITANTES)		
HORA	C (%)	Q(l/s)
0-1	1.00	3.46
1-2	1.00	3.46
2-3	1.00	3.46
3-4	1.00	3.46
4-5	2.00	6.92
5-6	4.00	13.83



CONSUMO POBLACIÓN SAN JOSÉ DEL GUAVIARE (POBLACIÓN DE 88529 HABITANTES)		
HORA	C (%)	Q(l/s)
6-7	9.50	32.85
7-8	8.00	27.66
8-9	7.00	24.21
9-10	4.00	13.83
10-11	3.00	10.37
11-12	5.50	19.02
12-13	9.00	31.12
13-14	5.00	17.29
14-15	3.00	10.37
15-16	2.50	8.65
16-17	3.00	10.37
17-18	3.50	12.10
18-19	5.00	17.29
19-20	9.00	31.12
20-21	8.50	29.39
21-22	2.00	6.92
22-23	1.50	5.19

Pese a que la distribución horaria del consumo es consecuente de las costumbres de sus habitantes, se puede establecer que las horas de máxima demanda coinciden con las horas de las comidas descritos por los pobladores de Agua Bonita, donde manifestaron que aquellas personas que trabajan o estudian (medio tiempo), arriban entre las 13:00 horas y las 14:00 horas a almorzar y al finalizar su jornada laboral o de estudio van llegando a sus hogares entre las 18:00 horas y 20:00 horas, producto del alto tráfico que se presenta en estos intervalos de tiempo.



(+57) 3108519270-3166345859



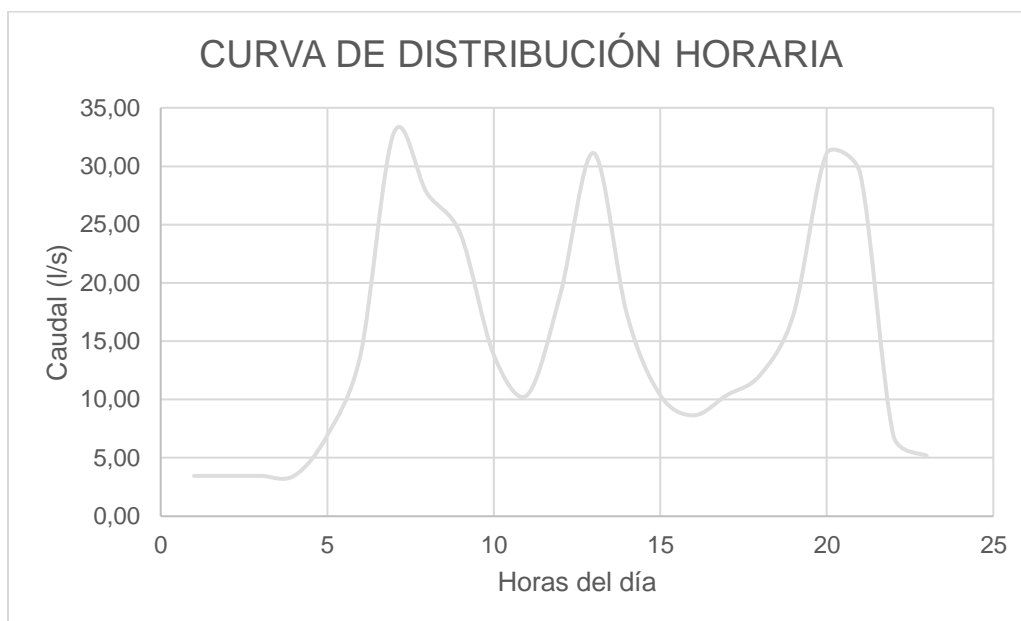
vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co



A partir de la curva de distribución horaria se genera la curva integral de consumo, en donde se tienen en cuenta los valores de consumo acumulado en un periodo de 24 horas.

HORA	C (%)	SUM_C(%)	S(%)	SUM_S(%)	D (S-C)	D SUM (S-C)	V%
0-1	1.00	1.00	0.00	0.00	-1.00	-1.00	15.50
1-2	1.00	2.00	0.00	0.00	-1.00	-2.00	14.50
2-3	1.00	3.00	0.00	0.00	-1.00	-3.00	13.50
3-4	1.00	4.00	0.00	0.00	-1.00	-4.00	12.50
4-5	2.00	6.00	0.00	0.00	-2.00	-6.00	10.50
5-6	4.00	10.00	0.00	0.00	-4.00	-10.00	6.50
6-7	9.50	19.50	12.50	12.50	3.00	-7.00	9.50
7-8	8.00	27.50	12.50	25.00	4.50	-2.50	14.00
8-9	7.00	34.50	12.50	37.50	5.50	3.00	19.50
9-10	4.00	38.50	12.50	50.00	8.50	11.50	28.00
10-11	3.00	41.50	0.00	50.00	-3.00	8.50	25.00
11-12	5.50	47.00	0.00	50.00	-5.50	3.00	19.50
12-13	9.00	56.00	0.00	50.00	-9.00	-6.00	10.50



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

HORA	C (%)	SUM_C(%)	S(%)	SUM_S(%)	D (S-C)	D SUM (S-C)	V%
13-14	5.00	61.00	0.00	50.00	-5.00	-11.00	5.50
14-15	3.00	64.00	0.00	50.00	-3.00	-14.00	2.50
15-16	2.50	66.50	0.00	50.00	-2.50	-16.50	0.00
16-17	3.00	69.50	12.50	62.50	9.50	-7.00	9.50
17-18	3.50	73.00	12.50	75.00	9.00	2.00	18.50
18-19	5.00	78.00	12.50	87.50	7.50	9.50	26.00
19-20	9.00	87.00	12.50	100.00	3.50	13.00	29.50
20-21	8.50	95.50	0.00	100.00	-8.50	4.50	21.00
21-22	2.00	97.50	0.00	100.00	-2.00	2.50	19.00
22-23	1.50	99.00	0.00	100.00	-1.50	1.00	17.50

El volumen para regulación de la demanda doméstica (consumo diario 244.51m³).

%consumo máximo diario: 29.50%

Volumen Tanque elevado: $1.2 \times 29.50\% \times 244.51 = 87\text{m}^3$

Predimensionamiento del tanque

Para el tanque elevado se proyecta un tanque cuadrado cuya altura será de 3m, es decir, que sus lados serán de:

$$B = L = \sqrt{\frac{87}{3}} = 5.40\text{m}$$



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

10.8. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ACCESORIOS PROYECTADOS

Hacen parte de los accesorios de las redes, las calculas de purgas para efectos de drenaje y vaciado de la tubería, así como la extracción de sedimentos, válvulas de ventosas para expulsar y admitir aire al momento del llenado y vaciado de la tubería y por último los anclajes para contrarrestar los empujes horizontales y verticales de la tubería. Es importante mencionar que los accesorios de las deflexiones no hacen parte de este grupo de elemento y su geometría de detalle depende de los planos de taller o mecánicos que la empresa fabricante ganadora del proyecto debe mandar a elaborar, este trabajo se conoce comúnmente como despiece de la línea.

10.8.1. Diseño y Dimensionamiento de las Válvulas de Lavado.

Como se indicaba anteriormente, las purgas del sistema contribuyen al drenaje de la tubería para efectos de vaciado de la misma, también colabora para sacar los sedimentos que se depositan en los puntos bajos donde se colocan estos elementos, su diseño depende de la cabeza disponible al momento del vaciado, el diámetro de la purga y la velocidad del diseño en la línea y en la válvula de salida. El procedimiento de diseño y cálculo es el que se indica a continuación.

10.8.1.1. Parámetros y Metodología de Diseño de las Válvulas de Lavado.

Para efecto del cálculo, diseño y dimensionamiento de las válvulas purgas en líneas de conducción, se procede considerando el caudal de vaciado generado por la columna de agua estática. Para el diseño se consideró la metodología recomendada por la Norma NS 036 de la EAAB. Teniendo en cuenta la recomendación del artículo 67 de la resolución 0330 de 2017 “Se recomienda que el diámetro de la tubería de desagüe este entre el $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{4}$ del diámetro principal, con un mínimo de 100 mm (4”) para tuberías mayores a 100 mm (4”), para diámetros menores debe adoptarse el mismo diámetro de la tubería principal.

La función de la purga es permitir drenar el caudal necesario para no exceder el tiempo disponible de vaciado, cuyo valor debe ser inferior a 4 horas y evitar mayores problemas con el funcionamiento y servicio del sistema, con lo cual se concluye que las variables son: cabeza estática disponible, caudal de evacuación, velocidad en la línea y en la válvula de salida y por último el diámetro que ajuste estos requerimientos. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se calcula el máximo desnivel entre los puntos más alejados y altos, seguidos aguas arriba y abajo del punto de la purga, por lo general las dos válvulas ventosas ubicadas antes y después del punto bajo.



2. Se establece la velocidad máxima permitida en la línea y en el punto de salida de la purga, para evitar cavitación en la válvula de la misma, por lo general recomendada en compuerta de sello metálico o elástico, el valor según norma es de 5 m/s, sin embargo, para el diseño se empleará 3 m/s, siempre que no exceda el tiempo.
3. Se calcula la velocidad de salida máxima cuando se inicia el drenaje, con toda la cabeza hidráulica disponible para conversión en energía cinética, el cálculo se efectúa por la ecuación de energía, de la siguiente manera:

$$V_s = C_d (2GH)^{1/2}$$

Dónde:

V_s : Velocidad de salida de la purga al iniciar el drenaje, en m/s

C_d : Coeficiente de contracción o descarga, por vena líquida, para este 0.63

H : Carga estática disponible al iniciar el drenaje, en m

G : Aceleración de la gravedad, dada en 9.81 m/s^2

De esta misma manera y con esta ecuación, se puede calcular el caudal de salida de la línea, con respecto a un área transversal de evacuación:

$$Q_d = A C_d (2GH)^{1/2}$$

Dónde:

Q_d Caudal de drenaje de la purga al inicio del vaciado, en m^3/s

A Área transversal de la tubería de salida, en m^2

4. Con estas ecuaciones, lo primero que se efectúa es calcular la velocidad de salida con la cabeza disponible, colocando en H , la diferencia entre las cotas de salida de la purga y la cota más alta hacia el punto de admisión de aire del sistema, es decir, la ventosa más alta hacia aguas abajo o arriba de la purga.
5. En caso dado que la velocidad supere los 3 m/s, se diseñan bajo el mismo principio de velocidad de salida, la platina de orificios para permitir una pérdida local que disipe la energía y disminuya el área de salida para bajar la velocidad. Cuya disposición de orificios y tamaño se definen en los planos de diseño.
6. Se verifica la velocidad en la tubería de la línea de conducción, para analizar que no sobre pase los límites para esta también, sin embargo, este valor nunca supera el valor que el diseño presenta para la condición de operación normal.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

El tiempo de vaciado de la línea se calcula mediante la fórmula integral de caudal de salida con lámina decreciente, la cual establece que el tiempo es una función de la lámina de agua, que, a su vez varía con el paso del tiempo al bajar el nivel, la ecuación expresa la siguiente relación:

$$T_v = 2 A_s H^{1/2} / C_d A_o (2G)^{1/2}$$

Dónde:

- T_v Tiempo de Vaciado de la tubería, en segundos
A_s Área transversal de la tubería de la línea, expresada en m²
A_o Área transversal de la tubería de descarga, expresado en m²

Este valor no debe superar las 4 horas de vaciado, dependiendo de las alturas límites de la purga en relación a las ventosas aguas arriba y abajo del punto de salida. Es importante mencionar que el tiempo de vaciado se calcula conforme a las condiciones de trabajo, es decir, si presenta o no platina de orificio.

Para efectos de ilustrar el cálculo y definir las variables y resultados del ejercicio de las purgas del sistema, se diseña una de ellas.

10.7.2. Diseño y Dimensionamiento de las Válvulas ventosa

Las válvulas de ventosas se utilizan para expulsar y admitir aire al momento del llenado y vaciado de la tubería, a partir del siguiente procedimiento se establecen los diámetros de las mismas a instalar:

10.7.2.1. Parámetros y Metodología de Diseño de las Válvulas de Ventosa

Para efecto del cálculo, diseño y dimensionamiento de las válvulas de ventosas en las redes, se procede considerando el caudal de admisión generado por el drenaje o la expulsión de aire por el llenado. Para el diseño se consideró la metodología recomendada por la Norma NS 036 de la EAAB. Teniendo en cuenta la recomendación del artículo 66 de la resolución 0330 de 2017.

- El diámetro mínimo de las ventosas será de 25 mm (1")

La función de la válvula de ventosa es permitir admitir o expulsar el caudal de aire necesario para no crear vacíos al interior de la tubería o sobre presión, el diseño está sujeto al caudal de drenaje de la purga, con lo cual se concluye que las variables son: caudal de evacuación, velocidad en la línea y en la válvula de entrada y por último el diámetro que ajuste estos requerimientos. Los pasos a seguir son los siguientes:



1. Calcular como ya se estableció, el caudal de drenaje de la línea según lo dispuesto para la purga, tal como se calculó anteriormente. Este mismo caudal será el empleado en el cálculo de la admisión de aire por la ventosa, considerando la velocidad máxima de admisión de diseño de 15 m/s.
2. Con respecto al caudal de admisión de aire, igual al caudal calculado de drenaje de la tubería, se calcula el área necesaria y el diámetro. De tal forma que el cálculo es:

$$Q_a = V_a A_v$$

Dónde:

Q_a : Caudal de admisión de aire, en m^3/s

V_a : Velocidad de diseño máxima de admisión de aire, 15 m/s

A_v : Área transversal de la ventosa, expresado en m^2

De esta manera se dimensionan todas y cada una de las ventosas del proyecto, como ejemplo se diseñará la que le compete admitir el aire de la purga calculada anteriormente, el cálculo es.

$$0.01524 = 15 \text{ m/s } A_v$$

Dónde:

$$A_v = 0.001016 \text{ m}^2$$

Este valor de área corresponde a un diámetro de $\varnothing 1.44''$, con lo cual se aproximaría a $\varnothing 2''$, para este caso.

10.7.3. Localización de otros accesorios.

En este capítulo se detalla la ubicación y tipo de accesorio adicionales a instalar sobre las redes:

10.7.3.1. Válvulas de control de caudal

Se contempla la instalación de cámaras de control de caudal a la entrada de cada ramal, con el fin de regular el caudal a abastecer en cada zona, utilizando válvulas de control de tasa de flujo con placa orificio estándar bridadas 150 en acero o hierro dúctil con presión máxima de 250PSI, piloto de control de tasa, eyector, válvula de aguja, filtro y válvulas de aislamiento, con su debido bypass.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

10.7.3.2. Mácrómetros

Se proyecta la instalación de un mácrómetro a la salida de la PTAP, con el fin de tener control de la cantidad de agua a abastecer y reducir las pérdidas de agua.

10.8. ANÁLISIS DEL GOLPE DE ARIETE.

El análisis del fenómeno del golpe de ariete se realizó siguiendo las recomendaciones del RAS 2000 en el literal B.6.4.11, para las válvulas de lavado, las ventosas, de cierre y las válvulas de corte (cámaras de control de presión).

La línea de conducción funciona a presión por lo cual el golpe de ariete se analiza desde el punto más alto de la conducción (desarenador o ERP) al sitio donde se encuentra ubicada la válvula y/o accesorio más bajo.

Realizadas las modelaciones las presiones máximas no ocurren bajo las condiciones de operación si no que son generadas por la presión estática cuando se cierra la tubería. Para optimizar el funcionamiento de la línea de conducción se propone instalar una Estación Reguladora de Presión (ERP) para generar caída de presión y sobre los ramales en la zona urbana unos pilotos reguladores de presión.

Las caídas de presión se toman de la presión absoluta a la presión de servicio requerida para garantizar el caudal de diseño. La caída de presión puede ser hasta de 1/3 de la presión total para evitar problemas de cavitación en la válvula, lo cual indica que la ERP está en el rango permitido.

Con la implementación de los anteriores aditamentos se pretende controlar las sobrepresiones generadas por el golpe de ariete a lo largo de la red. Cualquier sobre presión será regulada por la ERP: Una presión mayor a 110 m.c.a que llegue a la ERP será reducida a un valor de 110 m.c.a, para los caudales que actualmente se manejan, ahora bien, a medida que pasan los años proyectados se deberá de ajustar hasta un mínimo de 90m.c.a.

Cálculo del diámetro de la válvula reguladora de presión

$$d = 18.8 * \sqrt{\frac{\Delta p}{v}}$$

Donde:

Δp es la diferencia de presión a la entrada y salida PSI

v es la velocidad de paso m/s



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare

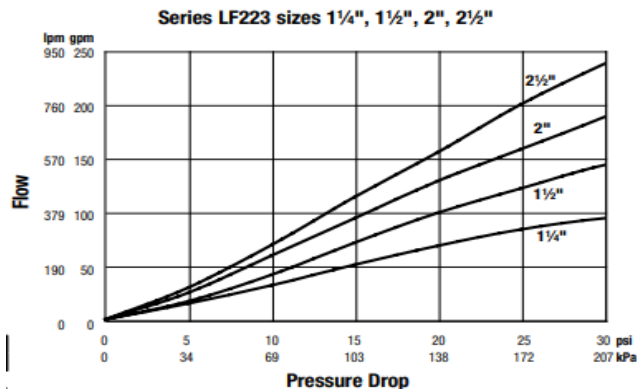


www.guaviare.gov.co

$$d = 18.8 * \sqrt{\frac{\Delta p}{v}} = 18.8 * \sqrt{\frac{(171 - 110)}{1.26}} = 130.80mm = 6"$$

Para que a las viviendas de las veredas se pueda presentar una presión no superior a los 50m.c.a. (70PSI), se deberá de instalar válvulas reguladoras de presión, para los cuales se determina su diámetro a partir del delta de presión:

De acuerdo al catálogo de WATTS para sus reguladores de presión de alta capacidad para agua potable referencia, la capacidad de estas depende de su caudal de entrada según se presenta en las siguientes dos ilustraciones. Además, de acuerdo a lo reportado en las especificaciones técnicas de estas válvulas se establece que estas son capaces de soportar una presión de hasta **300PSI** y son capaces de generar reducciones de presión de acuerdo a su diámetro según se presenta en la tercera ilustración.



REDUCED PRESSURE RANGE - SUFFIX HP		
SIZE	RANGE	
in.	psi	bar
½	50-145	3.4-10.0
¾	50-145	3.4-10.0
1	50-145	3.4-10.0
1¼	50-120	3.4-8.3
1½	50-95	3.4-6.6
2	50-95	3.4-6.6
2½	50-95	3.4-6.6



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co

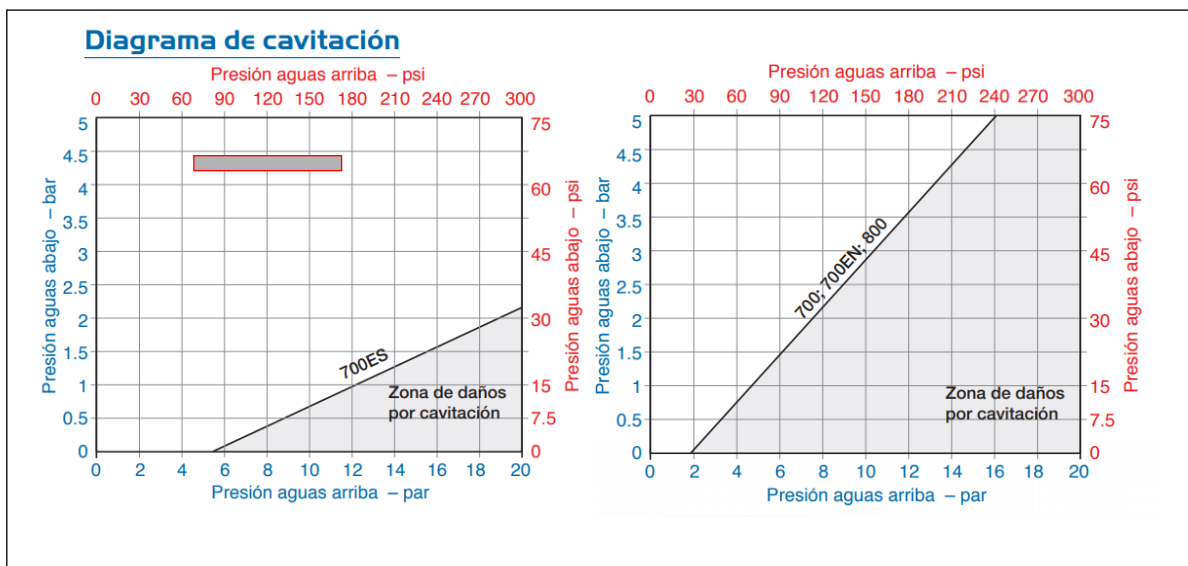


Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Por otro lado, justificando la escogencia de los diámetros de los pilotos reguladores de presión, se realizó un chequeo de la cavitación presente en los diferentes pilotos teniendo en cuenta los límites de presiones de trabajo de Bermad y las anteriores presiones a la entrada y salida de los pilotos, viéndose que no presenta cavitación de acuerdo a la zona enmarcada.



Fuente: Bermad.com

Sin embargo, como precaución y recomendación se calculará el tiempo de maniobra lenta de las válvulas para evitar un posible golpe de ariete, tanto para la ERP como para las válvulas de cierre en los mácromedidores proyectados a la entrada de cada ramal o vereda, a continuación, se muestra el ejemplo con la válvula ERP, de esta misma forma se calculara para el resto de válvulas:

10.8.1. Cálculo de la Celeridad de la Onda de Presión.

$$C = \frac{\sqrt{E/\gamma}}{\sqrt{1 + \frac{D * E * (1 - \mu_p^2)}{E_p * e_p}}}$$

$$C = \frac{\sqrt{2.05E^9Pa/1000Kg/m^3}}{\sqrt{1 + \frac{2.05E^9Pa*0.1522m*(1-0.5^2)}{2.76^9Pa*0.00803m}}}$$



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

$$C = 421.11 \text{ m/seg}$$

C para tubería Ø 6" RDE 21

Dónde:

- C Celeridad de la onda de presión en m/s
- E_p Módulo de elasticidad del material PVC, igual $2.76 \times 10^9 \text{ Pa}$.
- γ Densidad del agua, igual a 1000 Kg/m^3 .
- D Diámetro interno real de la tubería en m.
- μ_p Relación de Poisson del material de la tubería, igual a 0.5 adimensional.
- E Módulo de compresibilidad del agua en Pa, igual a $2.05 \times 10^9 \text{ Pa}$.
- e_p espesor de la tubería en m.

10.8.2. Cálculo de Fase o Periodo de la Tubería (τ)

$$\tau = \frac{2L}{C}$$

$$\tau = \frac{2 * 916}{421,11}$$

$$\tau = 4.35 \text{ s}$$

- L Distancia desde la cámara de quiebre No 1 a la válvula en m, igual a 11820 m. para la válvula de control de caudal N° 1.

10.8.3. Cálculo de la Sobrepresión (h_a)

$$h_a = \frac{C * V}{g}$$

$$h_a = \frac{421,11 * 1,26}{9.81}$$

$$h_a = 54.11 \text{ m}$$

- V Velocidad del flujo en m/s, igual 1,14 m/s según cálculos hidráulicos.
- g Aceleración de la gravedad, igual a $9,81 \text{ m/s}^2$

ahora bien se calcula la presión total sobre la válvula: Sobrepresión + Presión estática

$$H_t = 140 + 54.11 = 182.95 \text{ m}$$

Sobrepresión máxima permitida:

$$H_a = 140$$



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Como se puede apreciar, si se genera un cierre instantáneo en la válvula la tubería no tendrá la capacidad de soportar la sobre presión generada, por tanto se deberá calcular el tiempo de maniobra de apertura o cierre de la válvula:

10.8.4. Tiempo de Maniobra Lenta para Evitar el Golpe de Ariete (T)

Para el control del golpe de ariete se debe operar la válvula con un tiempo de maniobra lenta, el cual se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$T = \frac{2 * L * V}{g * h_a}$$
$$T = \frac{2 * 916 * 1,26}{9,81 * 54,11}$$
$$T = 4,35 \text{ seg}$$

La válvula de la cámara de control de presión N° 1 deberá ser cerrada en un tiempo superior a 4.35 segundos, con el fin de evitar que la presión sobrepase la presión de trabajo de la tubería y de válvula.

Para que el golpe de ariete no ocurra se pueden tomar algunas medidas como:

- Limitación de velocidades (0.6-3 m/seg)
- Cierre lento de las válvulas mediante colocación de un volante de gran diámetro.
- Las válvulas no tendrán rueda de manejo (SRM).
- Empleo de válvulas especiales contra el golpe de ariete.
- Aumentar el espesor de la pared del tubo.
- Construcción de pozos de oscilación o cámaras de aire comprimido.

10.9. DIMENSIONAMIENTO DE ANCLAJES

Para el dimensionamiento de los anclajes se adopta lo estipulado en el artículo 76 de la resolución 0330 de 2017 que expresa “ En las líneas de aducción o conducción mediante tuberías a presión deben preverse y proyectarse los anclajes de seguridad necesarios ya sea en concreto (ciclópeo, simple o reforzado) o metálicos, de tal forma que se garantice la inmovilidad de la tubería en los cambios de dirección tanto horizontales como verticales, de tramos enterrados o expuestos, siempre que el cálculo estructural lo justifique”.

El empuje para cualquier codo, sin importar su dirección es igual a la siguiente ecuación general:



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

$$E = 2 * \gamma * A * (H + \frac{V^2}{2g}) * \text{sen}(\theta/2)$$

Dónde:

E	Empuje en kN
γ	Peso específico del agua, igual a 9.8 kN/m ³
A	Área de la sección del tubo en m ²
H	Altura de la columna de agua, en m.
V	Velocidad del agua en el accesorio, en m/s.
θ	Ángulo del codo.

En la ecuación general todos los términos son conocidos. A continuación, se presente el cálculo de los anclajes.

10.9.1. Anclaje para Codo Sentido Horizontal.

La ecuación del empuje de un codo horizontal es la siguiente:

$$E_h = P * tg\theta_{m\acute{a}x} + L * H_a * \frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{2}$$

Dónde:

E_h	Empuje en kN
L	Longitud del anclaje, limitado por la longitud del accesorio, en m.
P	Peso del anclaje, en kN
H_a	Altura del anclaje, limitado por el diámetro de la tubería, en m.
$T_g\theta_{m\acute{a}x}$	Coefficiente de fricción entre el suelo y el concreto, 0.30 adimensional
$\sigma_{m\acute{a}x}$	Esfuerzo o capacidad de soporte vertical del suelo, del estudio de suelos se tiene un valor de 1.50 Kg/m ² , adoptando un factor de seguridad se asume un valor de 1.0 Kg/m ² o 98.07 KN/m ² o 98.07 KPa, para el cálculo de los anclajes

Para el cálculo del anclaje se debe igualar a la ecuación general y se determina L y H_a , se determina entonces el empuje y se reemplaza en la ecuación de un codo horizontal, con el objeto de despejar el valor del factor LxH_a ; el valor de H_a se asume de acuerdo con el diámetro de la tubería, generalmente es igual al diámetro más 0.15 m.

10.9.2. Anclaje para Codo Sentido Vertical Inferior (CÓNCAVO).

La ecuación del empuje de un codo vertical inferior es la siguiente:

$$E = B * L * \sigma_{m\acute{a}x} - P$$

Dónde:

E	Empuje en kN
L	Longitud del anclaje, limitado por la longitud del accesorio, en m.
P	Peso del anclaje, en kN
B	Ancho del anclaje, limitado por el diámetro de la tubería, en m.
$\sigma_{m\acute{a}x}$	Esfuerzo o capacidad de soporte vertical del suelo, del estudio de suelos se tiene un valor de 1.50 Kg/m ² , adoptando un factor de seguridad se asume un valor de 1.0 Kg/m ² o 98.07 KN/m ² o 98.07 KPa, para el cálculo de los anclajes

Para el cálculo del anclaje se debe igualar a la ecuación general y se determina L y B, se determina entonces el empuje y se reemplaza en la ecuación de un codo Vertical inferior, con el objeto de despejar el valor del factor L x B; el valor de B se asume de acuerdo con el diámetro de la tubería, generalmente es igual al diámetro más 0.20 m.

10.9.3. Anclaje para Codo Sentido Vertical Superior (Convexo).

La ecuación del empuje de un codo vertical superior es la siguiente:

$$E = P; P = B * L * H * \gamma_{concreto}$$

Dónde:

E	Empuje en kN
L	Longitud del anclaje, en m.
P	Peso del anclaje, en kN
B	Ancho del anclaje, en m.
H	Altura del anclaje, en m.
$\gamma_{concreto}$	Peso específico del concreto, igual 23 kN/m ³

El peso del anclaje debe ser como mínimo igual al empuje de la tubería, el detalle en el anclaje está en el dimensionamiento del amarre entre el codo y el anclaje

10.10. CIMENTACIÓN DE TUBERÍA

Teniendo en cuenta que el proyecto de tuberías de la Red de Acueducto, estarán colocadas a una profundidad promedio de 1.26 m, se recomienda aplicar el siguiente esquema representativo del tipo de cimentación como soporte de la Red, dado que este se ajusta a las condiciones encontradas en el área del proyecto y se aprovecha el material proveniente de excavación, y con la finalidad de no generar sobrecostos en el transporte de los materiales de llenos desde la cantera hasta el sitio de obra, y desde el sitio de obra hasta el botadero autorizado. Se recomienda utilizar un atraque con arena de río o peña desde la base hasta 0,30m por encima



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

de la cota clave, compactado para disminuir los vacíos. El material debe estar limpio y no puede tener sobrantes de construcción, material orgánico como madera, hojas o gravas mayores de 1".

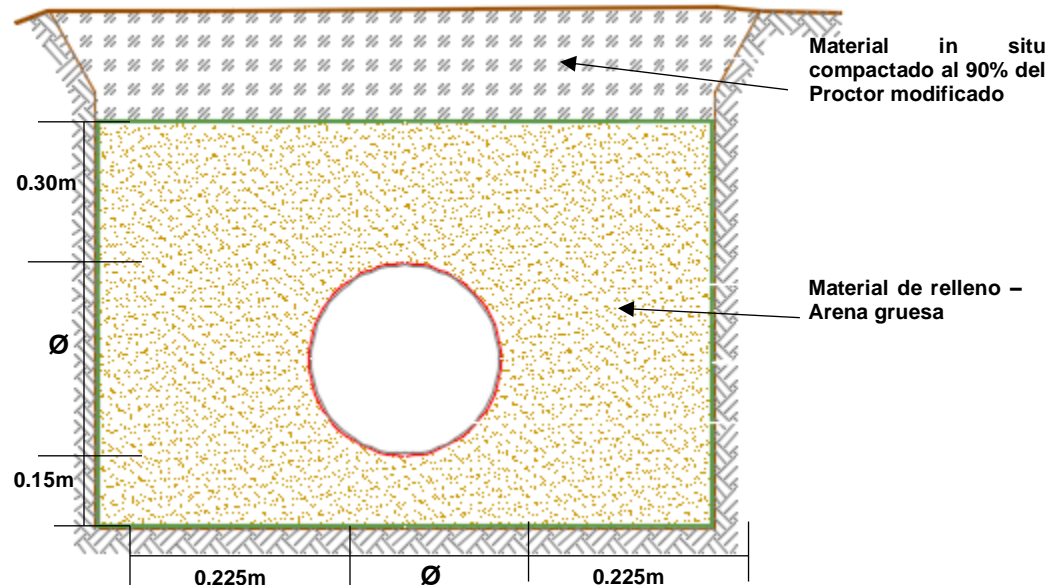
Este relleno se debe realizar con una densidad del 90% del proctor modificado para el material de relleno. Las pruebas de densidades de campo se deben realizar cada 100m.

El material a compactar e instalar no puede estar saturado por causa de la lluvia, en este caso se debe proteger el material después de realizada la excavación.

Las excavaciones se deben proteger para evitar que se presenten saturación del material de suelo de la subrasante y de las paredes de la excavación.

Se deben establecer en obra que el avance de excavación con respecto a sitio de instalación no pueden ser mayor a dos tubos.

Solo se podrá adelantar la excavación del siguiente tubo, cuando se tape el 70% de la excavación del tubo que se acaba de instalar según el frente de excavación.



Fuente: Consultoría 2020



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

10.10.1. Materiales a utilizar en el atraque de la cimentación

Los materiales utilizados en el atraque de las obras deben presentar como mínimo las siguientes características generales:

- No deben tener características expansivas, colapsables, erodables o cársticas.
- Los materiales no deben tener materia orgánica.
- Deben estar constituidos por material limpio, resistente, duro, durable.
- No pueden ser desintegrables, deleznable, meteorizables ni solubles.
- Deben estar sanos, sin agrietamientos, sin exceso de partículas planas y/o blandas.

Los materiales pueden ser utilizados de forma individual (un único material) o empleando una combinación de dos o más materiales considerando o no una estabilización mecánica o química de los mismos.

10.10.2. Relleno de arena lavada de río

Propiedades

- La arena debe ser limpia y tener un contenido de finos (porcentaje que pasa el tamiz N°200)
- menor del cinco por ciento (5%) de su peso
- Su peso específico de sólidos deberá ser mayor de 2.4.

La granulometría que debe cumplir el material de relleno es la mostrada en la siguiente tabla:

TABLA G.2.3
Material granular

Diámetro de la Tubería	Tamiz	% que Pasa
Mayor de 762 mm	¼	95-100
Menor e igual a 762 mm	½	95-100
Todos	No.4	20

10.10.3. Material a utilizar en el relleno de la cimentación

Los materiales utilizados en el relleno de las obras deben presentar como mínimo las siguientes características generales:

El material de relleno no debe contener limo orgánico, materia vegetal, basuras, desperdicios o escombros.

- El tamaño máximo del material debe ser el menor entre el calculado con los 2/3 del espesor de la capa compactada y tres pulgadas (3").
- El contenido de finos (porcentaje que pasa por el tamiz N° 200) debe ser inferior al treinta por ciento (30%)
- El contenido de materia orgánica debe ser menor del 1%.
- El límite líquido menor del 45% y el índice de plasticidad menor del 12%.

El material debe cumplir la siguiente granulometría:



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Tabla 320 - 3. Franjas granulométricas del material de sub-base granular

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0 2"	37.5 1 ½"	25.0 1"	12.5 1/2"	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.075 No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Fuente: INV E.320-12

El porcentaje de compactación debe ser mayor o igual al 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo de Compactación Proctor Modificado.

Para modelo de cimentación recomendado, se debe colocar y compactar a cada lado del tubo o tubos en capas horizontales simétricas no mayores de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de espesor final hasta la cota final de la zona. La compactación se debe hacer con pisones apropiados o planchas vibratorias.

Se recomienda la instalación de geotextil no tejido para separar el material de grava con el de arena y protegerlo del material existente en la excavación.

11. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

Los parámetros presentados a continuación se toman del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000 títulos B y C y la resolución 0330 de junio de 2017 sección 5 y sección 6 de diseño.

Una planta debe mantenerse siempre limpia. Esto favorece al ánimo de los empleados y tiende a mejorar su actitud por el trabajo que realizan. Además, el aspecto que proyectan hacia los usuarios o personas que transitan cerca de ella, favorece su imagen ante la población.

Un buen control del proceso de tratamiento no puede realizarse sin que se siga un programa de mantenimiento. Cuando una planta ha operado por un largo período, las reparaciones del equipo se vuelven más frecuentes si no se ha seguido un



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

programa de mantenimiento preventivo. Además, algunos equipos pueden volverse obsoletos, ya sea por el paso del tiempo o por la aparición de modelos más modernos. Se justifica el cambio de un equipo cuando éste se vuelve obsoleto porque no es posible conseguir sus refacciones, ya que la continuidad del proceso no debe afectarse, porque el equipo más reciente favorezca la eficiencia del tratamiento o reduzca los costos de operación.

Un programa de mantenimiento es una parte muy importante en la operación de una planta. Este programa debe ser diseñado de tal manera que asegure la operación satisfactoria de la planta bajo cualquier condición. El programa debe contener mantenimiento preventivo y rutinario, así como de emergencia. Todas las plantas deben tener escritas las instrucciones de cómo operar y mantener el equipo. Estas instrucciones son de mucha ayuda cuando el operador es nuevo en este tipo de obligaciones o tareas. Los elementos principales que constituyen un programa de mantenimiento son los siguientes:

- Calendarización de actividades
- Registro de bitácoras
- Partes de almacén
- Control de presupuesto y costos
- Procedimientos de reparación de emergencias

Para llevar el registro del mantenimiento diario, se recomienda la utilización de formatos muy sencillos, que incluyan el equipo que comprende cada etapa del proceso, indicándose el tipo de servicio (mecánico o eléctrico) que requiera.

12. ASPECTOS DE OPERACIÓN

12.7.1. Bocatoma

12.7.1.1. Caudal

Una vez que el proyecto se encuentre en operación, y durante todo el período de vida útil del proyecto, deben verificarse los caudales midiéndolos a la entrada cada dos horas y guardar los registros con el fin de ser enviados, en caso de ser requeridos.

Con el fin de controlar la calidad del agua en la fuente durante todo el período de operación de las estructuras de la captación, debe hacerse por lo menos un muestreo semanal en la bocatoma con el fin de hacer los análisis de laboratorio y establecer las condiciones de calidad del agua en la fuente, y detectar si están ocurriendo cambios en ésta. Se deben guardar estas informaciones en medio magnético, con el fin de ser enviadas, en caso de ser requeridas



12.7.1.2. Bombas

En este caso no se aceptará la colocación de mallas debido a la dificultad de limpieza de las bombas.

La limpieza de las bombas de basuras debe hacerse en periodos iguales o inferiores a los recomendados por el diseñador o cuando las pérdidas menores en éstas sean más altas que las establecidas en el diseño

12.7.2. Desarenador

Una vez que los desarenadores entren en operación, debe probarse su capacidad durante por lo menos 24 horas con el caudal máximo horario, QMH.

Se recomienda verificarse la eficiencia de los desarenadores y la capacidad de remoción de sedimento arenoso retenido por éstos, al menos una vez por mes. Además, deben probarse todas las estructuras encargadas de la evacuación de las arenas retenidas en el desarenador. En el caso de desarenadores operados manualmente, debe verificarse la viabilidad de la operación manual del desarenador.

11.1.3. PTAP

11.1.3.1. Coagulación:

Para efectuar la mezcla rápida de los coagulantes que se agregarán al agua cruda; se utilizará un dispositivo hidráulico tipo DD30 o similar ubicado en la línea de abasto de agua cruda antes del primer tanque (Clarificador de manto de lodo). Este tendrá un difusor de solución, un manómetro de 60 PSI, una válvula de bola de 1/2 " de diámetro, filtro y galvanizado de 1/2 " de diámetro.

11.1.3.2. Flocculación:

La formación del floc se produce gracias a la agitación provocada en el sistema de entrada, la cual se hace menos intensa una vez el agua sube a través de la estructura cónica al interior del clarificador.

11.1.3.3. Sedimentación:

El floc a medida que asciende por el clarificador choca con otros flocs y gana peso, esto lo hace más propenso a sedimentarse. La planta de tratamiento de 2.83 L/s



requiere de 2 módulos compactos compuestos cada uno de Floculador – sedimentador.

11.1.3.4. Filtración:

A gravedad y tasa declinante, que se lleva a cabo en cuatro tanques cilíndricos verticales dispuestos luego del clarificador, los cuales tienen un medio filtrante compuesto por antracita, arena silíceas, y gravas de soporte.

11.1.3.5. Tanque de Retrolavado:

El sistema de Retrolavado, permite al mismo tiempo hacer dos funciones: la primera la de recoger las aguas clarificadas en el proceso de filtración y la segunda cuando se procede a lavar los filtros. En la parte central está ubicado el compartimiento que recoge las aguas clarificadas y son dirigidas al tanque de almacenamiento. En los laterales tiene cuatro compartimientos donde se desarrolla el proceso de retrolavado, donde el tanque se empieza a llenar, el agua se devuelve a los filtros que son de flujo ascendente, por lo que el agua entra del tanque de retrolavado a los filtros de manera descendente produciendo un contraflujo, y generando la expansión del lecho filtrante, para lograr eliminar algunos lodos finos que no alcanzan a evacuarse por el desagüe. Es indispensable hacerle mantenimiento al lecho filtrante para que no se colmate y pueda cumplir la función de filtrar las partículas más finas.

11.1.3.6. Desinfección:

Se adiciona como desinfectante cloro gaseoso, mediante un dosificador de cabeza constante, a la salida del tanque de aguas filtradas y/o al ingreso del tanque de almacenamiento permitiendo la eliminación de todo tipo de microorganismo patógeno en el agua de consumo.

11.1.4. Red de conducción

11.1.4.1. Actualización de las modelaciones hidráulicas

Los archivos de modelación hidráulica de las redes deberán actualizarse con nueva información topológicas, operáticas, patrones de consumo, demandas base y demás elementos con una prioridad mínima de cinco (5) años.

11.1.4.2. Prueba Hidrostáticas

Una vez que finalice la instalación de la tubería, ésta debe presurizarse hasta el nivel máximo de la presión estática que va a soportar durante su vida útil, con el fin de verificar si existen o no fugas superiores a los límites permisibles y si existen



problemas en las uniones, las juntas, los accesorios, etc. Igualmente debe verificarse el correcto estado de los anclajes. Estas pruebas pueden hacerse por tramos de la conducción.

11.1.4.3. Caudales

Una vez finalizadas las pruebas estáticas y después de llenar la zanja en los tramos enterrados de la aducción a presión deben verificarse los caudales de operación incluyendo el caudal máximo. Para verificar dichos caudales debe aforarse el caudal de entrada y el caudal de salida de la aducción

11.1.4.4. Línea piezométrica

Con el fin de verificar lo establecido por el diseño, debe medirse la altura piezométrica en diferentes puntos de la tubería para diferentes condiciones de flujo, incluyendo el caudal máximo. Para verificar la altura piezométrica pueden utilizarse los puntos de pitometría existentes en la tubería. Debe ponerse especial cuidado a los sitios de la tubería en donde haya cambios de dirección, tanto verticales como horizontales, en los puntos de presión máxima y sobre todo en los puntos en los cuales la línea física de la tubería se acerca más a la línea piezométrica o línea de gradiente hidráulico. Estos datos de línea piezométrica deben ser guardados, con el fin de ser enviados a la SSPD en caso de solicitud

11.1.4.5. Desinfección de la conducción

En el caso de que el conducto a presión sea una conducción, ésta debe ser desinfectada. La desinfección debe ser hecha por el instalador de la tubería y debe realizarse con el procedimiento descrito en la norma técnica NTC 4246, norma AWWA o la UNE para desinfección de líneas principales para la conducción de agua.

Para la desinfección de la conducción deben tenerse en cuenta los siguientes requerimientos:

1. Antes de la aplicación del desinfectante, la tubería debe lavarse haciendo circular agua a través de ella, y descargándola por las válvulas de purga con el objeto de remover todas las materias extrañas. El desinfectante debe aplicarse donde se inicia la tubería. Para secciones de la conducción localizada entre válvulas, el desinfectante debe aplicarse por medio de una llave de incorporación.
2. Debe utilizarse cloro o hipoclorito de sodio como desinfectante. La tasa de entrada a la tubería de la mezcla de agua con gas de cloro debe ser proporcional a la tasa de agua que entra al tubo. (Véase AWWA C651)
3. La cantidad de cloro debe ser tal que produzca una concentración mínima de 50 ppm.
4. El período de retención del agua desinfectada dentro de la red de distribución de agua potable no debe ser menor que 24 horas. Después de este período de



retención, el contenido de cloro residual en los extremos del tubo y los demás puntos representativos debe ser de por lo menos 5 ppm.

5. Una vez que se haya hecho la cloración y se haya dejado pasar el período mínimo, debe descargarse completamente la tubería. Cuando se hagan cortes en alguna de las tuberías que conforman la red de distribución con el fin de hacer reparaciones, la tubería cortada debe someterse a cloración a lado y lado del punto de corte.

6. Se debe hacer un muestreo final para llevar a cabo un análisis bacteriológico. En caso de que la muestra no tenga resultados de calidad de agua adecuada, debe repetirse el proceso de desinfección.

11.1.4.6. Accesorios

En el momento de entregar el proyecto de la línea a presión de aducción o de conducción, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos referentes a los accesorios de las tuberías.

- **Correcto funcionamiento del equipo electromecánico**

En caso de que en la línea de tubería existan accesorios mecánicos o electromecánicos, debe verificarse su correcto funcionamiento antes de proceder a cerrar la zanja en la cual se encuentra la tubería enterrada.

- **Presiones en los accesorios**

En aquellas aducciones o conducciones que incluyan tuberías con diámetros superiores o iguales a 600 mm (24 pulgadas), para diferentes condiciones de caudales en la tubería, deben verificarse la presión existente en el accesorio y la pérdida de cabeza ocurrida en éste. Debe ponerse especial cuidado a aquellos accesorios cuyo objetivo es el de producir una pérdida menor grande, tales como válvulas reguladoras de presión, válvulas reductoras de presión, etc.

- **Golpe de ariete**

Teniendo en cuenta lo establecido por el diseño con respecto al golpe de ariete en la tubería de conducción, debe tomarse la condición normal de operación que produzca las mayores sobrepresiones y la condición normal de operación que produzca las menores supresiones, con el fin de realizar una prueba de golpe de ariete. Esta prueba debe simular dicha condición normal de operación, y debe medirse, la presión en aquellos puntos que, de acuerdo con el diseño, presentan las máximas sobreelevaciones de presión y las mínimas



presiones. Estos datos deben ser registrados con el fin de ser enviados, en caso de ser solicitados, a la SSPD.

- **Derivaciones y válvulas de purga**

En caso de que en la tubería de la aducción o conducción existan derivaciones de agua cruda, debe verificarse su correcto funcionamiento, midiendo el caudal derivado en función de la presión en el sitio de derivación.

En todas las válvulas de purga que existan a lo largo de la línea debe verificarse su correcto funcionamiento y debe medirse el caudal y la velocidad de salida del agua, bajo diferentes condiciones de operación. Tanto para el caso de derivaciones como para el caso de válvulas de purga, debe verificarse el correcto funcionamiento de las estructuras y conductos de desagüe del agua que sale de la tubería.

- **Ventosas**

En todas las ventosas que existan a lo largo de la línea de aducción deben hacerse las pruebas correspondientes que aseguren su correcto funcionamiento para las diferentes condiciones normales de operación establecidas por el diseño; debe cumplirse con la norma técnica AWWA C512-92

11.1.4.7. Aspectos de operación

Una vez que la conducción se encuentre en operación, deben verificarse los caudales en las derivaciones de agua cruda.

11.1.4.8. Mediciones de caudal a la salida de la aducción y conducción

Con el fin de verificar la cantidad de agua que llega al final de la conducción durante todo el período de diseño del proyecto, se recomienda hacer una medición del caudal a la salida de la estructura de aducción o conducción cada dos horas durante todo el período de operación del proyecto y guardar los registros. Estos registros deben guardarse con el fin de ser enviadas.

11.1.4.9. Medición de sobrepresiones y subpresiones del golpe de ariete

En el caso de conducciones con tuberías presurizadas, a lo largo de toda la vida útil del proyecto se recomienda medir las sobrepresiones y las subpresiones, anotando la forma de operación de las válvulas para casos normales de operación de la aducción.

11.1.4.10. Línea piezométrica

Para las conducciones que estén compuestas por ductos presurizados, a lo largo de toda la vida útil del proyecto debe hacerse una revisión de la línea piezométrica



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

o línea de gradiente hidráulico a lo largo de toda la tubería, y debe medirse la línea piezométrica, al menos una vez al mes con el caudal máximo de operación.

11.1.4.11. Pitometría

En los casos de conducciones que incluyan tubería a presión, en los cuales existan puntos para mediciones pitométricas, deben hacerse medidas al menos una vez cada seis meses en todos los puntos de mediciones pitométricas. Estos registros deben guardarse con el fin de ser enviados.

11.1.5. Redes de distribución

Una vez finalizada la construcción de la red, ya sea en su totalidad en ciudades pequeñas o por tramos en ciudades pequeñas o grandes, la empresa prestadora del servicio en el municipio debe probar todas las tuberías puestas con una presión igual a 1.5 veces la presión máxima a la que las tuberías vayan a estar sometidas de acuerdo con el diseño.

La presión debe aplicarse con una bomba de émbolo provista de manómetro, instalada en la parte baja de la tubería que vaya a probarse. Si resultan daños durante la prueba de presión hidráulica, la reparación de tuberías y accesorios deberá ser realizada por el constructor o el diseñador, teniendo en cuenta la causa de la falla. Dicha presión debe medirse en el punto más bajo del tramo.

En la prueba de presión hidráulica debe tenerse en cuenta las normas técnicas correspondiente a cada material y accesorio.

Además, debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. La prueba de presión hidráulica debe hacerse bajo la vigilancia y aprobación de la empresa prestadora del servicio.
2. La prueba debe realizarse en tramos comprendidos entre válvulas siempre y cuando esta distancia no sea mayor que 500 m. Cuando la distancia entre válvulas sea mayor que 500 m, la empresa prestadora del servicio puede exigir que los tramos se subdividan mediante la instalación de tapones exteriores o cualquier otro sistema adecuado.
3. La tubería debe llenarse lentamente y a baja presión para permitir la salida de aire, el cual debe ser evacuado de la tubería completamente y por cualquier sistema, antes de aplicar la presión de prueba.
4. La tubería debe mantenerse sometida a la presión de prueba durante un tiempo no inferior a una hora.
5. En todos los casos, debe tenerse en cuenta las recomendaciones de las casas fabricantes de las tuberías en lo relacionado con la forma, duración, etc., de la prueba a presión.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

6. En los casos en que resulte factible desde el punto de vista de impacto urbano, estas pruebas de presión deben realizarse antes de cubrir las zanjas en las que se encuentren los tramos enterrados de las tuberías que conformen la red de distribución de agua potable.

11.1.5.1. Alturas piezométricas

con el fin de verificar lo establecido en el diseño de la red de distribución, debe medirse la altura piezométrica en diferentes nodos de la red para las condiciones extremas de flujo, incluyendo el caudal máximo correspondiente al caudal máximo horario (QMH) o al caudal medio diario (Qmd) más el caudal de incendio, de cualquiera de los dos, el que resulte mayor.

También debe verificarse la altura piezométrica para la hora del día en que se presenten los consumos mínimos. En todo caso, los puntos que se midan deben incluir aquellos nodos que, de acuerdo con el diseño, presentan las presiones máximas y las presiones mínimas para cada una de las condiciones de operación de la red.

Los datos tomados sobre alturas piezométricas en los diferentes nodos de la red deben ser guardados, con el fin de ser enviados,

12.7.2.1. Estanqueidad de la red

Una vez finalizada la instalación de las tuberías de la red de distribución debe llevarse a cabo una prueba de estanqueidad de ésta. La prueba consiste en aplicar por medio de una bomba de émbolo, provista de un manómetro, la presión hidrostática máxima de trabajo de la tubería y medir los escapes en el sector considerado por medio de un medidor instalado para tal fin.

Toda la longitud del tramo de la red de distribución que se someta a las pruebas de presión y estanqueidad debe recorrerse y revisarse cuidadosamente y deben repararse los tramos de tubería que fallen y las uniones defectuosas.

12.7.2.2. Golpe de ariete

Es recomendable una vez finalizada la instalación de la red de distribución, hacerse una prueba para verificar lo establecido por el diseño con respecto al golpe de ariete. Esta prueba debe llevarse a cabo en las condiciones extremas de operación normal de las válvulas que conforman los diferentes sectores de la red de distribución de agua potable. Se debe verificar que las presiones estén dentro los rangos calculados y que las estructuras antigolpes de ariete estén operando adecuadamente. Los datos de sobrepresiones y subpresiones detectados deben ser guardados para ser enviados, en caso de ser requeridos,



12.7.2.3. Mácromedidores

Antes de instalar los mácromedidores en la red de distribución de agua potable, ya sea aguas abajo de las plantas de tratamiento, aguas arriba de los tanques de compensación o en los puntos de entrada a sectores de la red bien definidos que pueden ser atendidos por empresas de prestación del servicio individuales, la empresa prestadora del servicio del municipio debe garantizar el correcto funcionamiento de éstos. Los mácromedidores deben ser probados en los talleres de la empresa o, en caso de que éstos no existan, en talleres de empresas de municipios que cuenten con ellos o laboratorios certificados en su país de origen según normas ISO, AWWA, DIN o ASTM.

En casos de mácromedidores especiales, la empresa prestadora del servicio en el municipio puede aceptar la calibración presentada por el fabricante, siempre y cuando éstos se encuentren homologados por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC).

Se debe verificar los caudales medidos por los mácromedidores, haciendo una medición horaria durante 24 horas de caudal al menos una vez cada dos meses.

12.7.2.4. Desinfección en la red

Antes de poner en servicio cualquier red de distribución, ésta debe ser desinfectada. La desinfección debe ser hecha por el instalador de la tubería. El proceso de desinfección debe hacerse según la norma NTC 4246 o la AWWA C 651.

12.7.2.5. Presiones en la red

Una vez que la red de distribución, o su ampliación, entre en operación, y durante todo el período de vida útil del proyecto, deben verificarse las presiones en diferentes puntos de la red, al menos una vez al mes en las horas de máximos y mínimos consumos.

12.7.2.6. Calidad de agua en la red

Una vez que la red de distribución se encuentre en operación y durante todo el período de vida útil de ésta, deben verificarse la calidad del agua en la red, debe hacerse un muestreo semanal en puntos preestablecidos de la red. El agua debe ser tomada teniendo en cuenta todas las precauciones para evitar su contaminación desde el momento en que se toma la muestra y el momento en que se analiza en laboratorio. En caso de que en el municipio no exista laboratorio, las pruebas de calidad de agua podrán realizarse en laboratorios de empresas de servicio de agua potable de otros municipios que cuenten con laboratorios debidamente certificados por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) y/o por el Ministerio de Salud Pública.



12.7.2.7. Fugas en la red

Una vez que la red de distribución de agua potable se encuentre en operación y durante todo el período de vida útil del proyecto, deben verificarse las posibles fugas y conexiones clandestinas en la red, debe hacerse una evaluación de pérdidas físicas y de las fugas al menos una vez al mes, en puntos preestablecidos de la red de distribución.

11.1.6. Válvulas

Todas las válvulas, antes de ser instaladas en la red de distribución, deben ser operadas para asegurar su perfecto funcionamiento. En lo posible, todas las válvulas deben probarse al doble de la presión de trabajo en los talleres de la empresa prestadora de los servicios públicos o en la casa fabricante, siempre y cuando la prueba se encuentre certificada por un Organismo de Certificación.

Se recomienda que, una vez instaladas en la red de distribución, las tuberías que tienen instaladas válvulas sean sometidas a pruebas estáticas que lleven la presión a 1.5 veces la presión de trabajo de esa zona de la red de distribución con el fin de verificar la unión de la válvula con las tuberías.

El personal que opera las válvulas debe utilizar las llaves de válvulas para abrir o cerrar estas, las hay diseñadas de varias clases. Dicho esto, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones para una buena operación.

- Para levantar la tapa de las válvulas se debe utilizar un gancho hecho de hierro dulce. Una vez levantada esta, se debe introducir la llave con cuidado hasta encontrar el cabezote de la válvula y una vez asegurada en su posición se debe girar en el sentido de las agujas del reloj para efectuar el cierre y en el contrario para abrirla.
- Hay casos en que el cabezote de la válvula no existe, entonces es necesario utilizar un dado del tamaño del cabezote con diferentes tipos de orificio para ensayar hasta encontrar el acoplamiento con el extremo del vástago de la válvula. El cabezote de las válvulas de sello elástico es triangular, y el de las de sello de bronce es cuadrado.

Por otro lado, el personal que opera las válvulas debe tener las siguientes precauciones:

- Tener la seguridad absoluta de la válvula que debe mover y verificar con un leve movimiento de rotación, si está abierta o cerrada antes de proceder.
- Siempre que deba mover una válvula en una tubería matriz debe solicitar previamente la autorización del jefe inmediato.



- En las válvulas grandes que están provistas de bypass, este deberá permanecer abierto cuando se esté cerrando la válvula principal y luego deberá cerrarse cuando se termine la operación principal. En la apertura se debe comenzar siempre por el bypass.
- Cuando en el cierre de un sector hay tuberías grandes, se cierran primero las válvulas que hay sobre éstas. Al restablecer el servicio se procede, al contrario, es decir, se abren primero las válvulas pequeñas.
- En toda operación de cierre y en especial cuando hay involucradas muchas válvulas, se debe detallar en una planilla la localización de éstas, de acuerdo a su posición en las esquinas, para tener en cuenta este listado en la operación de la apertura.

11.2. ASPECTOS DEL MANTENIMIENTO

11.2.3. Bocatoma

Las operaciones de mantenimiento y limpieza de todas las estructuras que forman la obra de captación no deben interferir el normal funcionamiento de ésta.

Todas las estructuras que forman parte de la obra de captación deben tener programas de mantenimiento correctivo y preventivo, las labores de mantenimiento serán preferiblemente correctivas, pero se recomiendan mantenimientos preventivos.

Con el fin de mantener un control efectivo sobre los sedimentos que entran a las estructuras de captación, se deben retornar al río o a la fuente aguas abajo de las estructuras de captación. En caso de que esto no sea factible los sedimentos deben depositarse en zonas adecuadas previamente.

Para el caso de los canales que conformen la estructura de captación aguas abajo de la barcaza se requieren lavado y la limpieza de los canales es obligatorio una vez al año.

El mantenimiento de las bombas debe hacerse al menos al menos tres veces al año.

11.2.4. Desarenador

En el caso de los desarenadores debe hacerse mantenimiento estructural y mecánico de todos los elementos que lo conforman, como difusores de flujo, uniformizadores de flujo, compuertas, válvulas, vertederos, etc., una vez al año.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

11.2.5. PTAP

- ✓ Verificar si existe en la estructura indicios de fisuras y detección de problemas.
- ✓ Determinar turbiedad y el color del agua sedimentada con frecuencia.
- ✓ Purga de lodos y partículas sedimentadas de acuerdo al nivel de concentración que alcance el manto de lodo, esta operación se determina observando que el manto de lodo no alcance un nivel muy alto y empiece a presentar arrastre de floc.
- ✓ Revisión de válvulas y tuberías.
- ✓ Registro de todas las operaciones de operación y mantenimiento.

El sistema de filtración rápida con tasa declinante, funciona con filtración rápida del agua en el medio filtrante compuesto por grava de soporte, arena y antracita, esta se realiza en sentido descendente gracias a la gravedad y el lavado se realiza con el agua del tanque de retrolavado.

- El medio filtrante es de especial cuidado, por lo cual debe mantenerse apto para la operación del sistema, por medio de lavados continuos y cambios del lecho filtrante cuando sea necesario.
- El operador debe tener especial cuidado con la operación de lavado de filtros a fin de obtener una limpieza efectiva del medio filtrante y evitar los problemas de: formación de bolas de barro, consolidación del lecho filtrante, desplazamiento de la grava de soporte, entrapamiento de aire o pérdidas de medio filtrante.
- El lecho filtrante de estos filtros está compuesto de una capa de arena y otra de antracita, la capa de antracita es más liviana que la arena y por lo tanto requiere una menor velocidad de lavado.
- Las siguientes actividades deben ejecutarse para asegurar una correcta operación del filtro:
 - ↪ Evitar turbulencias indebidas y agitación de la arena en el llenado del filtro.
 - ↪ Las válvulas se deben abrir y cerrar lentamente para prevenir el golpe de ariete
 - ↪ Determinar la turbiedad, el color y la pérdida de carga en el efluente.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

La determinación de cuanto cloro se debe aplicar es mediante una prueba de cloro residual utilizando un equipo comparador. De acuerdo con esto se regula la apertura de la válvula dosificadora del dispositivo clorador.

De acuerdo con el RAS/2000 (Reglamento técnico del Sector Agua potable y saneamiento básico.) Es obligatorio en todos los niveles de complejidad, desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento previo que se haya realizado para su potabilización.

La cloración en aguas de consumo humano, representa el proceso más importante y vulnerable, usado para la obtención de agua potable.

La muestra de agua tratada debe tomarse cerca de la salida del tanque de almacenamiento del agua. Es necesario medir el contenido de cloro residual, si este contenido está por debajo del valor deseado (1,0 mg/l), se debe ajustar la dosificación del cloro y después de una hora repetir la operación hasta el ajuste requerido. Se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Limpieza del equipo de muestreo con agua limpia.
- Añadir nuevamente el reactivo químico a la muestra siguiendo las instrucciones específicas del manual del equipo comparador.

Debe compararse el color de la muestra con un juego de patrones y registrar el valor encontrado para la concentración de cloro en la muestra.

Los ensayos deben efectuarse diariamente.

La concentración de cloro residual en el sistema de distribución debe estar entre 0,2 mg/L y 1,0 mg/L, según lo fijado por el decreto 1575 y resolución 2115 de 2007.

Es el tiempo de contacto entre el cloro y el agua, necesario para destrucción de todos los microorganismos patógenos; depende del pH y la temperatura del agua. Cuanto mayor el tiempo de contacto más efectiva su acción y la dosis de cloro puede ser menor.

Antes de realizar el abastecimiento de agua para su consumo, en el tanque de almacenamiento debe haber una concentración de cloro residual de 1,0 mg/l a 1,2 mg/l, el consumo de cloro varía de acuerdo con el caudal de la planta de potabilización, temperatura, exposición al sol, etc.

Inicialmente se debe experimentar hasta encontrar la regulación de la válvula para concentración antes estimada.



IMPORTANTE: El agua inicial producida no debe suministrarse a la población hasta que su calidad haya sido revisada. El filtrado inicial debe evacuarse por la válvula de drenaje.

Para su medición se utiliza el comparador de Cloro. Se adicionan a la muestra, tres gotas de DPD, se agita y se obtiene el resultado por comparación, con los tonos del patrón.

El Cloro residual a la salida de la planta, debe permanecer entre 1 y 1,2 ppm.; su control debe ser diario y cada vez que varíe el caudal.

El Cloro residual en la red debe oscilar en un rango entre 0,5 y 1,2 ppm. Si en la región hay brote de cólera, el CR no debe ser inferior a 0,3 ppm en el punto más alejado de la red.

Invariablemente, en estos sitios extremos siempre deben ser recogidas muestras. El control debe hacerse cada 8 días

Diariamente se debe controlar la magnitud del parámetro. Este debe oscilar entre 6,5 y 9,0, Estos valores le son favorables al proceso de cloración, pero en ocasiones de máxima acidez pueden perturbar la acción del coagulante e interferir con la generación y desarrollo del floc, por lo cual, corresponde al operador llevar un minucioso registro y observación, que permita sobre una base experimental, determinar la real necesidad de implementar un sistema de dosificación de cal.

La turbiedad y el color son dos parámetros que serán utilizados tanto para el control de procesos como para el control de la calidad del efluente clarificado.

A continuación se describen algunos aspectos a tener en cuenta antes de realizar el procedimiento de lavado del tanque.

- Utilizar el equipo adecuado para este tipo de trabajo, como: botas, casco, palas, baldes, manilas, etc.
- Realizar el mantenimiento los días de más bajo consumo, previamente identificados por el personal de la entidad administradora del acueducto.
- Antes de realizar el mantenimiento, dejar que el nivel del tanque de almacenamiento descienda a su nivel mínimo, con el fin de desperdiciar la menor cantidad de agua posible.
- Avisar con anterioridad a la comunidad del mantenimiento que se realizará, con el fin de que esta se prepare para la posible discontinuidad en el servicio de acueducto.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

- Cumplir con la programación previamente establecida.

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA Y SUS RESPECTIVOS PROCEDIMIENTOS PARA SU DETERMINACIÓN

➤ Alcalinidad

De la muestra a analizar recojo 100 ml, adicionó seis gotas de indicador mixto, el agua se tornará azulosa, luego título con ácido sulfúrico 0,02N y los ml gastados de ácido sulfúrico hasta que la muestra se vuelva rosada los multiplico por 10, siendo este el resultado en ppm de alcalinidad.

➤ Turbiedad

Se debe emplear un turbidímetro. Tomo la muestra, la coloco en el equipo y leo el resultado.

➤ Color

Se debe emplear un calorímetro. Tomo la muestra, la coloco en el equipo y leo el resultado.

➤ pH o Potencial de Hidrógeno

Utilizo el reactivo rojo de fenol. A la muestra analizar adicionamos dos gotas de rojo de fenol y realizó la lectura correspondiente en el respectivo equipo o disco.

➤ Cloruros

Tomo 50 ml de la muestra analizar, adicionó un ml de cromato de potasio, la muestra se tornará amarilla, luego titulo con nitrato de plata y los ml gastados de nitrato de plata hasta que la muestra se torne color ladrillo los multiplico por diez, siendo este el resultado en ppm.

➤ Dureza

Recojo 100 ml de la muestra analizar, le adicionó un ml de buffer amoniacal, luego adiciono una pastilla tampón para dureza, la muestra se tornará rojiza, título con EDTA, y los ml gastados de EDTA hasta que la muestra se torne verdosa los multiplico por 10 siendo este el resultado en ppm de dureza.

➤ Hierro



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

Tomo 7 ml de la muestra analizar, adicionó 10 gotas de reactivo uno, 25 gotas de reactivo dos, y dos gotas de reactivo tres, espero cinco minutos y realizó la lectura comparativa en el correspondiente equipo, lógicamente los reactivos utilizados (1, 2 y 3) son los que corresponden a la determinación del hierro.

➤ **Alcalinidad Fenol**

A 100 ml de la muestra analizar adicionó seis gotas de fenolftaleína, la muestra se torna color rosa, luego titulo con ácido sulfúrico 0,02N, los ml gastados de ácido sulfúrico hasta que la muestra vuelva su color normal los multiplico por diez, siendo este el resultado, sólo en pH altos existe alcalinidad fenol.

Cuando al adicionar fenolftaleína a la muestra analizar, esta no cambia de color la alcalinidad fenol será igual a cero. Con el propósito de garantizar unos resultados óptimos es necesario tener los respectivos cuidados en la manipulación de la muestra analizar.

11.2.6. Red de Conducción

11.2.6.1. Mantenimiento correctivo y preventivo

Todas las estructuras que formen parte de la obra conducción deben tener programas de mantenimiento preventivo, las labores de mantenimiento serán básicamente de tipo correctivo, pero se recomiendan mantenimientos preventivos. En caso de que las labores de mantenimiento impliquen la suspensión en el servicio de abastecimiento de agua, la empresa prestadora del servicio o en este caso la junta de aguas del sistema de acueducto debe informar a la comunidad sobre los horarios y cortes programados en el suministro de agua.

11.2.6.2. Suspensión del servicio por mantenimiento programado

En caso de que sea necesario suspender el servicio de la conducción por labores de mantenimiento programado, este debe tener una duración máxima de 36 horas.

11.2.6.3. Registro de mantenimientos

Siempre que se hagan labores de mantenimiento en la conducción, es obligatorio anotar la fecha del daño, el tipo de daño ocurrido, la causa del daño, los repuestos utilizados y los procedimientos de reparación.

11.2.6.4. Disponibilidad de repuestos

En el caso de que se requieran repuestos para las labores de mantenimiento de las estructuras y/o accesorios que conforman la conducción, la consecución y localización in situ de los repuestos requeridos por el mantenimiento debe hacerse en tres días como máximo.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

11.2.6.5. Válvulas de purga

Con el fin de mantener un control efectivo sobre los sedimentos atrapados en las tuberías de aducción, deben tenerse en cuenta que la empresa prestadora de servicio encargada del abastecimiento del agua potable debe mantener un conocimiento pleno del tipo de sedimentos que están siendo retenidos en la aducción. La apertura de las válvulas de purga debe hacerse en el momento en que la capacidad de conducción de la tubería de aducción se reduzca en un 10% para una cabeza dada en la entrada de la aducción especificada.

11.2.6.6. Verificación de asentamientos en los anclajes

En caso de que el sistema de aducción o conducción incluya tuberías presurizadas o tuberías a superficie libre en las cuales existan tramos por encima del nivel del terreno, deben verificarse los asentamientos de los anclajes en uniones, codos y otros tipos de accesorios, al menos una vez al año. Sin embargo, si la aducción cruza terrenos inestables con problemas neotectónicos o el municipio se encuentra localizado en una zona de amenaza sísmica alta, los asentamientos deben verificarse al menos una vez cada seis meses.

11.2.6.7. Mantenimiento de accesorios

Para el caso de los accesorios que formen parte de la estructura de conducción, se debe verificarse el estado, la apertura, el cierre de válvulas, purgas, ventosas, compuertas, etc., al menos una vez cada tres meses.

11.2.6.8. Desinfección de las tuberías de conducción y tuberías matrices

Antes de poner en marcha las tuberías de conducción, o las tuberías matrices de distribución o después de un proceso de reparación, éstas se deben desinfectar siguiendo los procedimientos indicados en la Norma Técnica Colombiana NTC 4246.

11.3. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se realiza la evaluación de acuerdo a la cantidad de personas requeridos para la operación y mantenimiento del acueducto. Para la realización del cálculo del costo y mantenimiento se estimó que se requiere de un vigilante en un turno de 12 horas en dos turnos, un operario en un turno mínimo de 8 horas en dos turnos y un supervisor de plantas con una duración de 0,8h. Por tanto, se calculó el costo



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co

mensual de labor de cada uno de los trabajadores teniendo en cuenta todas las prestaciones de ley, salario diurno, nocturno y horas extras.

Además, se realizó el cálculo del costo de los insumos químicos que se requieren aplicar en el tratamiento de agua potable como lo es el caso del hipoclorito de calcio, y el cálculo del costo de energía gastada en la bomba de dosificación en kW/h.

ITEM	VALOR
Vigilante (12 horas)	\$ 2.470.414,13
Fontanero (8 horas)	\$ 1.299.015,29
asesor de plantas (0,8 horas)	\$ 462.615,06
Servicios públicos	\$ 31.484,06
Insumos Químicos	\$ 1.136.844,80
Control de calidad del agua	\$ 70.000,00
TOTAL	\$ 5.470.373,34

Por último, se estableció el costo de la tarifa por m3 a aplicar en el proyecto:

COSTO DE LA TARIFA POR M3	
CAUDAL (M3/S)	0,0229
CAUDAL (M3/MES)	122,24
COSTO O&M (MES)	\$ 5.470.373,34
COSTO TRATAMIENTO (\$/MES)	\$ 44.751,09



13. BIBLIOGRAFÍA

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO – Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 y resolución 0330 de 2017.

LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Segunda Edición. Santafé de Bogotá, julio de 2003.

CORCHO R. HERNAN F. DUQUE S. JOSE I. Acueductos Teoría y Diseño. Universidad de Medellín. 1993.

METCALF & HEDDY INC. TCHOBANOGLOUS, George. Ingeniería de Aguas Residuales: Redes de Alcantarillado y Bombeo. Editorial McGraw - Hill. Primera Edición. España, 1995.

GUÍA AMBIENTAL. SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá D.C., año 2003.



(+57) 3108519270-3166345859



vivienda@guaviare.gov.co



Carrera 24 N° 7 - 81 San José del Guaviare



www.guaviare.gov.co