DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN ACUEDUCTOS RURAL - MORTIÑAL SECTOR ESCUELA DEL MUNICIPIO DE SOGAMOSO – CONTRATO No 2025-06

CONTRATANTE:

EMPRESA DE RENOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA DE SOGAMOSO ERI SAS
NIT: 901.881.213-1

CONTRATISTA:

AQUACIVIL SAS BIC
NIT: 900.930.173-0

SUPERVISOR:

JUAN MANUEL PEREZ FONSECA

REPUBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
MUNICIPIO DE SOGAMOSO
2025
INFORME FINAL

DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

CÓDIGO:
DPTAP 01

Cargo	Responsable	Firma
Firma Consultoría	**AQUACIVIL SAS BIC**	
Ingeniero Hidráulico	**EDGAR LEONARDO PRECIADO M.** Ingeniero Civil – Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental	
Supervisor del contrato	**JUAN MANUEL PEREZ FONSECA**	



EDGAR LEONARDO PRECIADO M.
Ingeniero Civil

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **EDGAR LEONARDO PRECIADO MORALES**, identificado (a) con C.C. 1.057.575.797 de Sogamoso, en mi calidad de Ingeniero Civil Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental con Matrícula Profesional No. 15202-221700BYC, CERTIFICO que realicé el **DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE** del acueducto veredal del Mortiñal sector la escuela, del municipio de Sogamoso, para el Contrato de consultoría No 2025-06 cuyo objeto es "**REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN ACUEDUCTOS RURAL - MORTIÑAL SECTOR ESCUELA DEL MUNICIPIO DE SOGAMOSO**", teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la resolución de 330 de Junio de 2017 del RAS, y resolución 799 de 2021, de acuerdo con los requisitos técnicos vigentes, cuyos resultados se encuentran consignados en el informe anexo.



Atentamente,

_____

EDGAR LEONARDO PRECIADO MORALES
Profesión INGENIERO CIVIL
Especialización AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL
C.C. 1.057.575.797 de Sogamoso
Matrícula Profesional No. 1520222170BYC
Celular: 3133167472

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 6
2. ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA DE AGUA 7
2.1 Estudio De la Población 8
2.1.1 Periodo de Diseño 8
2.1.2 Proyección de la Población 8
2.1.3 Población de diseño 15
2.2 Estudios De Demanda De Agua 16
2.2.1 Dotación Neta 16
2.2.2 Dotación Bruta 16
2.2.3 Caudal medio diario 16
2.2.4 Caudal Máximo Diario 17
2.2.5 Caudal Máximo Horario 17
2.2.6 Caudal de diseño 17
3. DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE 19
3.1 Parámetros de diseño de los sistemas de tratamiento de agua potable 19
3.2 Resultados de la caracterización del agua cruda 20
3.3 Tren de Tratamiento 21
3.4 Filtración 24
3.5 Desinfección 28
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 31

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Censos Población sector la Escuela vereda Mortiñal 8
Tabla 3. Cálculo de la población por el método aritmético..... 10
Tabla 3. Cálculo de la población por el método Geométrico..... 11
Tabla 4. Cálculo de la población por el método Exponencial..... 12
Tabla 5. Proyección de población post - covid (centros poblados y zona rural de Sogamoso) 13
Tabla 6. Resumen proyección población según crecimiento Post Covid..... 13
Tabla 7. Población de diseño..... 15
Tabla 8. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar 16
Tabla 9. Caudales de Diseño..... 17
Tabla 10. Información de la muestra de agua cruda..... 20
Tabla 11. Resultados Fisicoquímicos y Microbiológico del análisis de agua cruda 21
Tabla 12. tecnologías de tratamiento de potabilización 22
Tabla 13. tecnologías de tratamiento de potabilización 23
Tabla 14. Características de filtración convencional..... 24
Tabla 15. Características de filtración lenta en múltiples etapas /FiME)..... 24
Tabla 16. Características de membranas de filtración avanzada 25
Tabla 17. Datos del sistema de filtración 27
Tabla 18. Tipos de desinfección 28
Tabla 19. Parámetros de Desinfección por cloración (< 1 UNT)..... 29
Tabla 20. Parámetros de Desinfección por cloración (1 - 2 UNT)..... 29

LISTA DE ILUSTRACIÓNS

Ilustración 1 Proyección de la población por cada método..... 14
Ilustración 2 Proyección de la población escogida (Post Covid)..... 15
Ilustración 3 Diagrama de procesos seleccionados – Tren de Tratamiento..... 24
Ilustración 4 Esquema de dos unidades de filtración..... 27

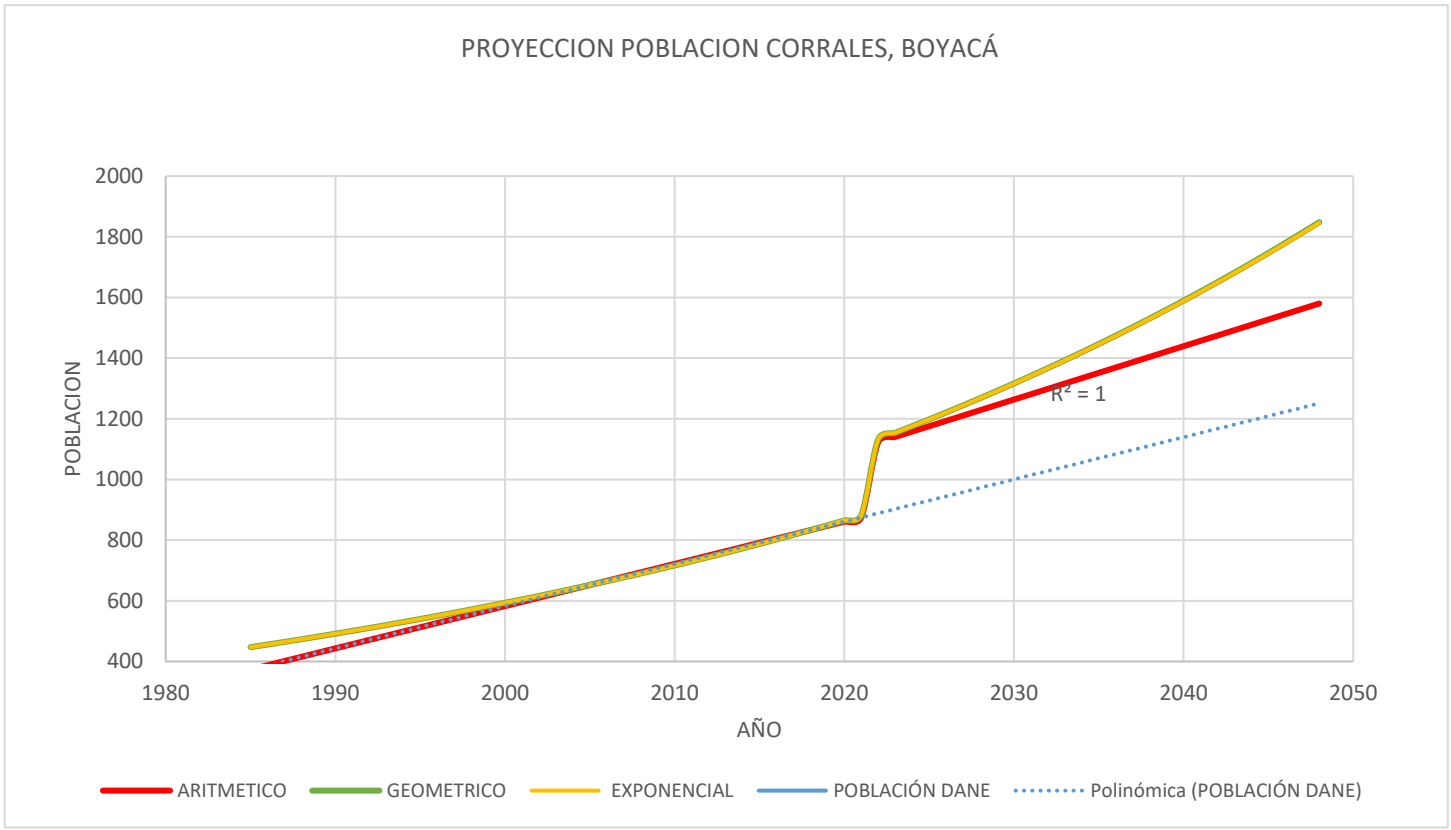
1. INTRODUCCION

La vereda Mortiñal Sector la Escuela del municipio de Sogamoso no cuenta con un sistema de acueducto por lo tanto no existe un sistema de tratamiento por lo que los habitantes del sector La escuela de la vereda Mortiñal no cuentan con el suministro de agua potable, esto debido a que en el sector no hay suficientes fuentes hídricas con el fin de poder abastecer del preciado recurso a los habitantes.

El presente informe contiene el diseño del sistema de tratamiento de agua potable para el sistema de acueducto que se proyecta para el sector La Escuela de la vereda Mortiñal, teniendo en cuenta que se diseña a partir de la caracterización físico química del agua tomada desde el nacimiento de agua que existe en el sector y que cuenta con la proyección del permiso de concesión de agua.

La Planta de Tratamiento de Agua Potable se proyecta construirla en un área disponible en la Institución educativa del sector, sobre esta área se dispondrá para la instalación de la PTAP y de las obras adicionales requeridas para su funcionamiento.

2. ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA DE AGUA





2.1 Estudio De la Población

2.1.1 Periodo de Diseño

Tabla 1. Censos Población sector la Escuela vereda Mortiñal

Departamento	Boyacá
Ciudad / Municipio	Sogamoso
Vereda / Centro Poblado	Mortiñal
Sector	La Escuela
No de viviendas actual	50
No de habitantes por vivienda	3.8
Altura sobre el nivel del mar del casco urbano	3.058 m.s.n.m.

Fuente: estudio

De acuerdo con la Resolución 330 de 2017 del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, para todos los componentes de los sistemas de acueducto se adopta como periodo de diseño **25 años**.

2.1.2 Proyección de la Población

La definición de los criterios de diseño parte del cumplimento de los requisitos establecidos en el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS (Res 330 de 2017 y 799 de 2021) y demás normas aplicables, en las cuales se señalan los requisitos, parámetros y procedimiento técnicos mínimos que obligatoriamente deben reunir los diferentes procesos involucrados en la concepción, construcción, puesta en marcha y operación de los sistemas de acueducto.

Para la obtención de la población de diseño de la vereda Mortiñal Sector la Escuela del municipio de Sogamoso se utilizarán diversos métodos de ajuste matemático, los cuales se basan en el crecimiento de tipo aritmético, geométrico, exponencial, de la curva de crecimiento, con el fin de compararlos entre sí tras un análisis de sensibilidad, y decidir mediante cuál de ellos se refleja el crecimiento real poblacional del municipio, según los registros históricos censales mostrados en la Tabla, para posteriormente realizar el estimativo de la misma al final del periodo de diseño, para lo cual se ha decido tomar el promedio estimado de los tres métodos.

Cálculo de la proyección de población según métodos propuestos:

Método Aritmético. Este tipo de crecimiento poblacional es aplicado a ciudades pequeñas no industrializadas y a zonas rurales, y parte de la base que el crecimiento de la población es lineal, o sea, supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$\boldsymbol{Pf} = \boldsymbol{PUC}\frac{\boldsymbol{PUC-PCI}}{\boldsymbol{TUC-TCI}}\,(Tf - TUC)$$

Donde, P_f es la población (hab) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población, P_{uc} es la población (hab) correspondiente al último año censado con información, P_{ci} es la población (hab) correspondiente al censo inicial con información, T_{uc} es el año correspondiente al último año censado con información, T_{ci} es el año correspondiente al censo inicial con información y T_f es el año al cual se quiere proyectar la información.

La aplicación exacta de la fórmula implica no tener en cuenta la dinámica de crecimiento en los años intermedios con información censada. Por tanto, a los resultados obtenidos se les ha hecho un análisis de sensibilidad teniendo en cuenta las siguientes variaciones metodológicas:

Usar como año inicial para la proyección cada uno de los años existentes entre el primero y el penúltimo censo.
Calcular una tasa de crecimiento poblacional representativa de la dinámica entre los diferentes datos censales y disponibles, y con esto realizar las proyecciones a partir de los datos del último censo.

$$\boldsymbol{K}" = \frac{(PUC - PCI)}{(TUC - TCI)}$$

***Método Geométrico*.** Este método es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades.

La ecuación que se emplea es:

$$P_f = P_{uc}\left(1+r\right)^{Tf-Tuc}$$

Donde *r* es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que para el método anterior. La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

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

La aplicación de este método tampoco tiene en cuenta la dinámica de crecimiento en los años intermedios, por lo cual sus resultados se han sometido a un análisis de sensibilidad similar al efectuado para el método Aritmético.

Método exponencial. La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean extensas áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

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

Donde *k* es la tasa de crecimiento de la población, la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{LnP_{cp} - LnP_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

La diferencia de este método y el de crecimiento geométrico, radica en que en el primero el tiempo se toma como una variable continua, y en el segundo es una variable discreta. En tal sentido, la tasa de crecimiento diferirá en los dos modelos: En el primero medirá la tasa instantánea de crecimiento y en el segundo estará evaluando la tasa de crecimiento entre puntos en el tiempo que están igualmente espaciados.

Con los métodos anteriores se realiza la tasa de crecimiento teniendo en cuenta los diferentes censos, entre censos se realiza el cálculo del porcentaje de crecimiento por cada método expuesto anteriormente, quedando como resultado de la siguiente manera:

Tabla 2. Cálculo de la población por el método aritmético

METODO ARITMETICO	
Pci (habitantes) 2024	188
Tf (años)	**2050**

AÑO	POBLACIÓN
2025	190
2026	192
2027	194
2028	196
2029	198
2030	200
2031	202
2032	204
2033	206
2034	208
2035	210
2036	212
2037	214
2038	216
2039	218
2040	220
2041	222
2042	224
2043	226
2044	228
2045	230
2046	232
2047	234
2048	236
2049	238
2050	240

Fuente: Autor del estudio

Tabla 3. Cálculo de la población por el método Geométrico

METODO GEOMETRICO	
Pci (habitantes)	188
r (Tasa de crecimiento anual en forma decimal)	0,0106
Tf (años)	**2050**
AÑO	POBLACIÓN
2025	190
2026	192
2027	194
2028	196
2029	198
2030	200

2031	202
2032	205
2033	207
2034	209
2035	211
2036	213
2037	216
2038	218
2039	220
2040	223
2041	225
2042	227
2043	230
2044	232
2045	235
2046	237
2047	240
2048	242
2049	245
2050	248

Fuente: Autor del estudio

Tabla 4. Cálculo de la población por el método Exponencial

METODO EXPONENCIAL	
Pca (habitantes)	188
k (Tasa de crecimiento de la población)	0,010582
Tf (años)	**2050**
AÑO	POBLACIÓN
2025	190
2026	192
2027	194
2028	196
2029	198
2030	200
2031	202
2032	205
2033	207
2034	209
2035	211
2036	213
2037	216

2038	218
2039	220
2040	223
2041	225
2042	227
2043	230
2044	232
2045	235
2046	237
2047	240
2048	242
2049	245
2050	248

Fuente: Autor del estudio

Además de lo anterior, se tiene en cuenta la proyección de la población Post Covid en el sector rural, se calcula la tasa de crecimiento en lo rural de Sogamoso, con esta tasa de crecimiento se proyecta la población dando como resultado la siguiente proyección post Covid.

Tabla 5. Proyección de población post - covid (centros poblados y zona rural de Sogamoso)

Proyección de población post - covid (centros poblados y zona rural de Sogamoso) Fuente: DANE	
2025	15057
2035	15740
Tasa de crecimiento anual - Total	68,3 Hab/año
% Crecimiento anual	0,454%
Tasa de crecimiento anual - Morcá	0,9 Hab/año

Fuente: DANE

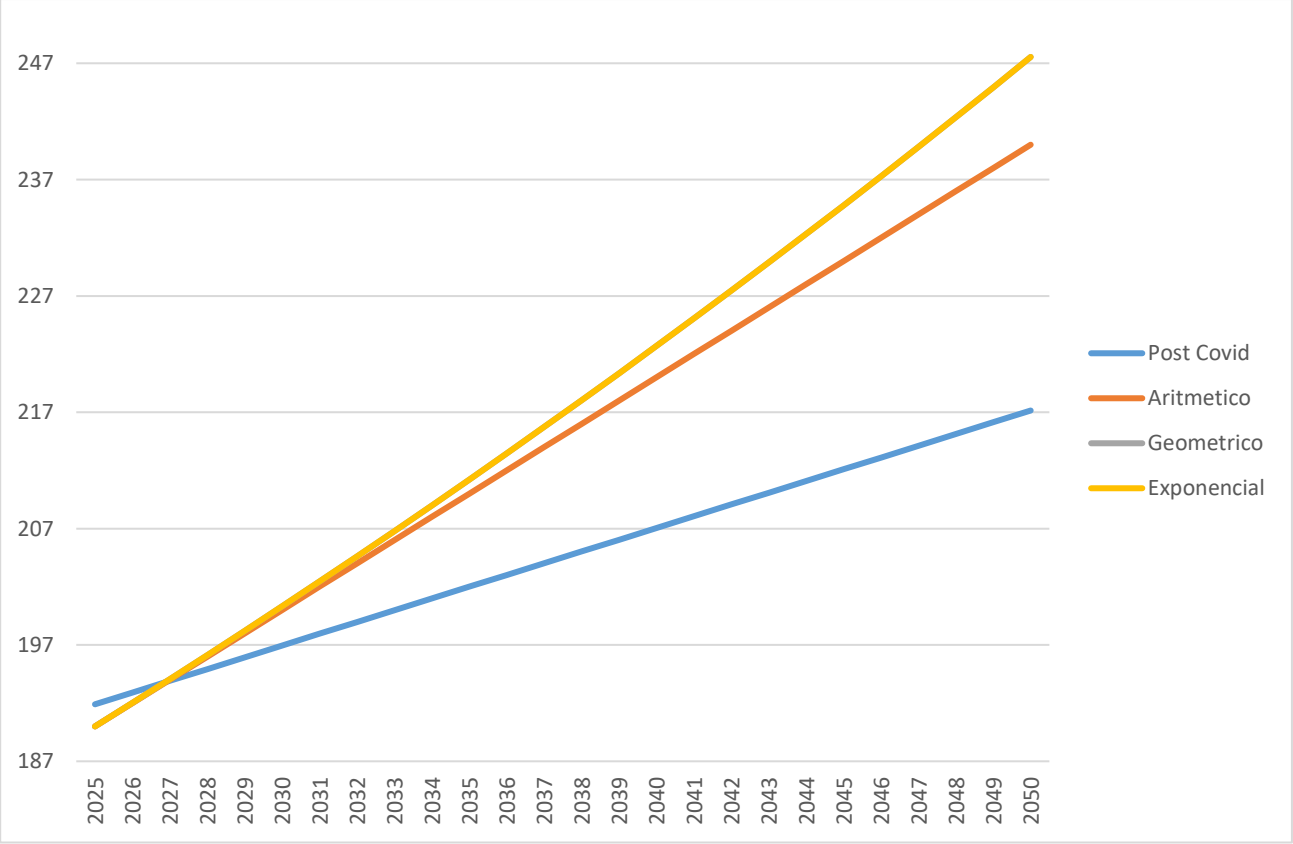
Tabla 6. Resumen proyección población según crecimiento Post Covid

Año	**No. Habitantes**	**Población flotante**	**Total población de diseño**
2025	190	1%	192
2026	191	1%	193
2027	192	1%	194
2028	193	1%	195
2029	194	1%	196
2030	195	1%	197
2031	196	1%	198
2032	197	1%	199
2033	198	1%	200
2034	199	1%	201
2035	200	1%	202

Año	No. Habitantes	Población flotante	Total población de diseño
2036	201	1%	203
2037	202	1%	204
2038	203	1%	205
2039	204	1%	206
2040	205	1%	207
2041	206	1%	208
2042	207	1%	209
2043	208	1%	210
2044	209	1%	211
2045	210	1%	212
2046	211	1%	213
2047	212	1%	214
2048	213	1%	215
2049	214	1%	216
2050	215	1%	217

Fuente: Autor del estudio

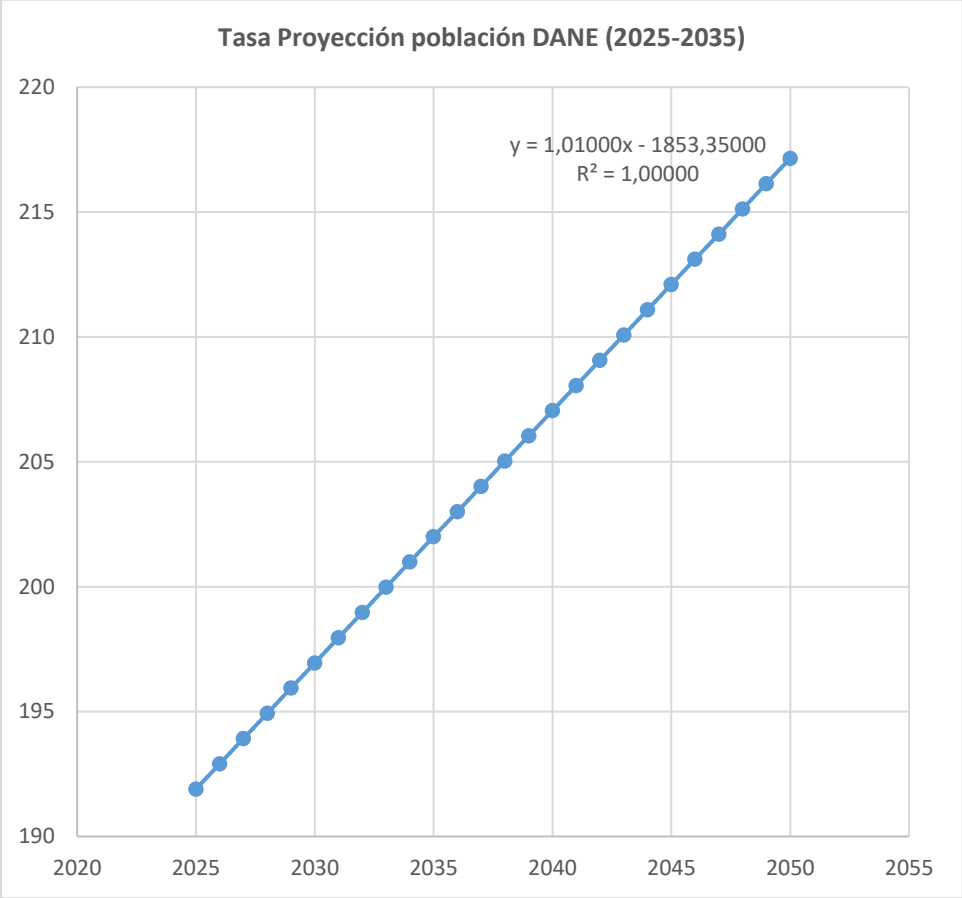
Ilustración 1 Proyección de la población por cada método



Fuente: Autor del estudio

De lo anterior, y teniendo en cuenta que el crecimiento en el sector no es alto, se proyecta la población con el método de la tasa de crecimiento de la población Post Covid en lo rural.

Ilustración 2 Proyección de la población escogida (Post Covid)



Fuente: Estudio

2.1.3 Población de diseño

Tabla 7. Población de diseño

Año	POBLACION FINAL DE DISEÑO
2050	217

Fuente: Autor del estudio

2.2 Estudios De Demanda De Agua

2.2.1 Dotación Neta

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

Tabla 8. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación neta máxima (L/hab-día)
> 2000 m.s.n.m.	120
1000 – 2000 m.s.n.m.	130
< 1000 m.s.n.m.	140

Fuente: RAS (Resolución 330 de 2017)

La vereda Mortiñal Sector la Escuela del municipio de Sogamoso se encuentra aproximadamente a **3.000 m.s.n.m**., el municipio de Sogamoso se encuentra localizado en la provincia de Sugamuxi al Oriente del Departamento de Boyacá, por lo cual la Dotación neta máxima es de **120 (L/hab-día).**

2.2.2 Dotación Bruta

La dotación bruta para el diseño del sistema de acueducto se debe calcular de acuerdo con la siguiente ecuación:

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

El porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles en la ecuación anterior no deberá superar el 25%, por lo cual la dotación bruta será:

$$D_{bruta} = \frac{120\ (L/hab - día).}{1 - 25\%}$$

$$\boldsymbol{D_{bruta} = 160\ (L/hab - día)}$$

2.2.3 Caudal medio diario

Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año.

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

$$Q_{md} = \frac{217\ habitantes * 160\ (L/hab - día)}{86400s}$$

$$\boldsymbol{Q_{md} = 0.41\ L/s}$$

2.2.4 Caudal Máximo Diario

Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año.

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

$$QMD = 0.41\ L/s * 1{,}3$$

$$\boldsymbol{QMD = 0.53\ L/s}$$

2.2.5 Caudal Máximo Horario

Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio.

$$QMH = QMD * K2$$

$$QMH = 0.53\ L/s * 1{,}3$$

$$\boldsymbol{QMH = 0.70\ L/s}$$

2.2.6 Caudal de diseño

ARTÍCULO 47[1]. Caudales de diseño. *Los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, según las variaciones diarias y horarias que pueden presentar, se establecen en la siguiente tabla:*

Tabla 9. Caudales de Diseño

Componente	Caudal de diseño
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD

[1] Resolución 330 de 2017. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de distribución	QMH

Fuente: Resolución 330 de 2017

3. DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Las plantas de tratamiento de agua potable son sistemas que se componen de diferentes tipos de procesos hidráulicos y mecánicos con el fin de disminuir la carga contaminante que se presenta en las fuentes hídricas del sitio de captación, los análisis fisicoquímicos y microbiológicos caracterizan el agua con el fin de conocer y proceder a diseñar de manera adecuada y eficiente los procesos que se deben realizar para disminuir la carga contaminante cumpliendo con los parámetros mínimos para su distribución y consumo final a los usuarios del sistema de acueducto.

3.1 Parámetros de diseño de los sistemas de tratamiento de agua potable

- En la entrada de las plantas de tratamiento, por cada una de las fuentes.

Análisis completo de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda para definir la tecnología más conveniente y cumplir con los valores máximos aceptables establecidos en la Resolución 2115 de 2007, expedida por los entonces Ministerios de Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o aquella que la adicione, modifique o sustituya. Para la selección de la tecnología se deberá tener en cuenta el nivel de desarrollo y la capacidad técnico- administrativa de la persona prestadora del servicio.

Análisis de los criterios y parámetros de diseño adoptados para establecer alternativas técnicas de procesos de tratamiento y su eficiencia.

Análisis económico de la tecnología que se va a seleccionar, el cual deberá considerar la sumatoria del costo de inversión del proyecto, más la operación y sostenibilidad del mismo al horizonte de diseño de este.

Disponibilidad de recursos y materiales en la región, en términos de cantidad, calidad y oportunidad.

En la medida de lo posible, adaptarse a las condiciones locales, para garantizar soluciones que utilicen el mínimo uso de energía eléctrica y/o combustibles y, así mismo, que no presenten complejidad en su operación y mantenimiento.

Esquemas y modulación de las unidades del sistema de tratamiento. Cuando se disponga de múltiples unidades de un proceso se deberá verificar en el diseño, la operación del sistema con una unidad fuera de servicio.

En el caso en que las dimensiones internas de las estructuras de los procesos unitarios no permitan el uso de métodos constructivos convencionales tradicionales.

En el caso en que las dimensiones internas de las estructuras de los procesos unitarios no aseguren su adecuado mantenimiento.

Cuando el predio destinado a la implantación sea de difícil acceso, ya sea por condiciones topográficas, climáticas o de seguridad.

Si se tienen estructuras existentes dentro del área disponible, que no deben ser demolidas, para su aprovechamiento en el proyecto y posterior uso en el sistema.

3.2 Resultados de la caracterización del agua cruda

Tabla 10. Información de la muestra de agua cruda

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE	
Nombre / Razón Social: ASOCIACION DE SUSCRIPTORES DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA DE MORTIÑAL SECTOR AL ESCUELA MUNICIPIO DE SOGAMOSO	
Nit o CC: 901.957.189-9	
Nombre del Contacto: AQUACIVIL SAS BIC	
Dirección: CALLE 11 No. 12-27 OF. 310	Ciudad: SOGAMOSO
Teléfono: 3133167472	Email: aquacivilingenieria@gmail.com
Cotización No.: CESQL-0045T-2025	

2. INFORMACIÓN DEL RECOLECTOR	
Nombre: JUAN PABLO PEREZ ALARCON	
No. CC: 1057.603.278	Teléfono: 3143969227

3. LOCALIZACIÓN SITIO DE MUESTREO
Departamento: BOYACA
Ciudad / Municipio: SOGAMOSO
Vereda / Barrio: MORTIÑAL SECTOR LA ESCUELA
Dirección: PREDIO EL ALISAL
Coordenadas: N: 5°41´42" W: 72°53´32"

4. OBSERVACIONES DEL CLIENTE O RECOLECTOR
Uso destinado para el agua: Agua para uso domestico.

5. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
No. Muestra: 0455-2025	
Nombre de la Fuente: EL ALISAL	
Sitio de Toma: GALERIA FILTRANTE	
Fecha de Toma: 2025-07-08	Hora: 11:30 AM
Clasificación de la Muestra: AGUA CRUDA	
Tipo de Muestreo: PUNTUAL O SIMPLE	
Análisis Solicitado: FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	
Plan de Muestreo: CLIENTE	
Procedimiento de Muestreo: N/E	
Condiciones Ambientales: N/E	

6. RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	
Fecha de recepción: 2025-07-08	Hora: 4:00 PM

7. DESVIACIONES PRESENTADAS DURANTE EL MUESTREO O EN EL ANÁLISIS
NINGUNA

Fuente: Anexo reporte de laboratorio de agua

Tabla 11. Resultados Fisicoquímicos y Microbiológico del análisis de agua cruda

8.1 FISICOQUÍMICOS							
Fecha de Análisis	PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	VALORES Ref: Resolución 2115/07
2025-07-08	HIERRO TOTAL	mg Fe/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 3500-Fe B.	< 0.07	N/A	0.3
2025-07-08	MAGNESIO	mg Mg/L	CÁLCULO	SM 3500 - Mg B	1.88	N/A	36
2025-07-08	NITRATOS	mg NO3-/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 4500-NO3 B	1.877	± 0.150	10
2025-07-08	NITRITOS	mg NO2-/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 4500-NO2-	< 0.02	N/A	0.1
2025-07-08	SULFATOS	mg SO42-/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8051	< 10	N/A	250
2025-07-08	TURBIEDAD	UNT	NEFELOMÉTRICO	SM 2130 - B	0.05	N/A	2

8.2 MICROBIOLOGICOS							
Fecha de Análisis	PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	VALORES Ref: Resolución 2115/07
2025-07-08 a 2025-07-09	COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - B	20	N/A	0 UFC/100 mL
2025-07-08 a 2025-07-09	ESCHERICHIA COLI	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - D	10	N/A	0 UFC/100 mL

N/E.: No Especificado N/A.: No Aplica *Parámetro subcontratado ** Parámetro medido "In situ" φ: Resultado pendiente

Fuente: Anexo reporte de laboratorio de agua

3.3 Tren de Tratamiento

Para aguas provenientes de fuentes de abastecimiento superficiales o subterráneas, las opciones de selección de los procesos unitarios que se van a diseñar, construir y operar, deben tener en cuenta los contaminantes presentes en ellas.

Se deberá estudiar y evaluar la configuración del tren de procesos seleccionado para garantizar los estándares de calidad de agua para consumo humano, según la normativa vigente con las más altas eficiencias operativas, de acuerdo con las tecnologías planteadas en la siguiente tabla.

Para el presente proyecto la fuente de abastecimiento es un nacimiento de agua, en el cual actualmente existe una caja de recolección para ser distribuida, se utiliza actualmente para riego de cultivos y algunas viviendas para consumo humano.

Tabla 12. tecnologías de tratamiento de potabilización

Tabla 4. Tecnologías de Tratamiento de Potabilización

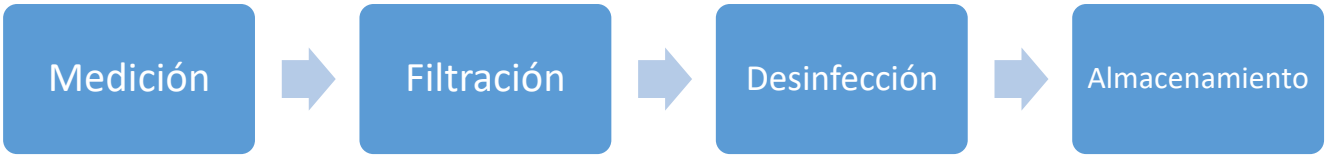
TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO / CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER	Aeración	Coagulación + Floculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis inversa	Electrodiálisis inversa	Intercambio iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
Características físicas													
Color aparente		X	X		X	X	X	X	X			X	X
Olor y sabor	X				X							X	
Turbiedad		X	X			X	X						X
Sólidos disueltos totales		X	X			X	X		X	X	X		X
Características químicas inorgánicas													
Antimonio									X	X			
Arsénico		X	X	X					X	X	X	X	X
Bario				X					X	X	X		
Cadmio		X	X	X					X	X	X		X
Cianuro libre y disociable					X								
Cloruros							X		X	X			
Cobre		X		X					X		X		
Cromo		X	X	X					X	X	X		X
Dureza				X				X	X	X	X		
Fluoruros				X					X	X		X	
Fosfatos			X						X			X	X
Hierro	X	X	X	X	X						X		X
Manganeso	X	X	X	X	X						X		X
Mercurio				X					X	X			
Molibdeno												X	
Níquel				X					X	X	X		
Nitratos									X	X	X		
Nitritos									X	X	X		
Plomo		X							X		X		
Selenio		X							X	X	X	X	
Sulfatos								X	X	X			
Trihalometanos Totales	X				X			X			X	X	
Zinc				X					X	X	X		
Características químicas orgánicas													
Carbono Orgánico Total		X				X	X	X	X			X	
Pesticidas/Herbicidas								X	X			X	
Orgánicos sintéticos									X			X	
Orgánicos volátiles	X											X	
Características microbiológicas													
Escherichia Coli			X			X	X						X
Giardia y Cryptosporidium						X	X						X

Para aguas provenientes de fuentes de abastecimiento superficiales o subterráneas, las opciones de selección de los procesos unitarios que se van a diseñar, construir y operar, deben tener en cuenta los contaminantes presentes en ellas. Se deberá estudiar y evaluar la configuración del tren de procesos seleccionado para garantizar los estándares de calidad de agua para consumo humano, según la normativa vigente con las más altas eficiencias operativas, de acuerdo a las tecnologías planteadas en la siguiente Tabla.

Tabla 13. tecnologías de tratamiento de potabilización

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO / CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER	Aeración	Coagulación + Floculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis inversa	Electrodiálisis inversa	Intercambio iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
Características físicas													
Color aparente		X	X		X	X	X	X	X			X	X
Olor y sabor	X				X							X	
Turbiedad		X	X			X	X						X
Sólidos disueltos totales		X	X			X	X		X	X	X		X
Características químicas inorgánicas													
Antimonio									X	X			
Arsénico		X	X	X					X	X	X	X	X
Bario				X					X	X	X		
Cadmio		X	X	X					X	X	X		X
Cianuro libre y disociable					X								
Cloruros							X		X	X			
Cobre		X		X					X		X		
Cromo		X	X	X					X	X	X		X
Dureza				X				X	X	X	X		
Fluoruros				X					X	X		X	
Fosfatos			X						X			X	X
Hierro	X	X	X	X	X						X		X
Manganeso	X	X	X	X	X						X		X
Mercurio				X					X	X			
Molibdeno												X	
Níquel				X					X	X	X		
Nitratos									X	X	X		
Nitritos									X	X	X		
Plomo		X							X		X		
Selenio		X							X	X	X	X	
Sulfatos								X	X	X			
Trihalometanos Totales	X				X			X			X	X	
Zinc				X					X	X	X		
Características químicas orgánicas													
Carbono Orgánico Total		X				X	X	X	X			X	
Pesticidas/Herbicidas								X	X			X	
Orgánicos sintéticos									X			X	
Orgánicos volátiles	X											X	
Características microbiológicas													
Escherichia Coli			X			X	X						X
Giardia y Cryptosporidium						X	X						X

Ilustración 3 Diagrama de procesos seleccionados – Tren de Tratamiento



Fuente: estudio

3.4 Filtración

Tabla 14. Características de filtración convencional

Características de filtración convencional			
Parámetro	**Filtración lenta con lecho simple**	**Filtración rápida con lecho simple**	**Filtración rápida con lecho mixto**
Tasa de filtración (m3/m2/d)	7 - 14	< 120	180 - 350
Profundidad del medio (m)	0,80 - 1,0	0,60 - 0,90	Antracita: 0,40 - 0,60 Arena: 0,15 - 0,30

Fuente: RAS 330 de 2017

Tabla 15. Características de filtración lenta en múltiples etapas /FiME)

Rangos de tasa de filtración lenta en múltiples etapas /FiME)			
Parámetro	Filtración lenta en arena	Filtro grueso dinámico	Filtro grueso ascendente
Tasa de filtración (m3/m2/d)	7 - 14	48 - 72	7,2 - 14,4

Rangos de tasa de filtración lenta en múltiples etapas /FiME)			
Profundidad del medio (m)	0,80 - 1,0	0,60 (0,20 cada capa)	0,40 - 0,90

Fuente: RAS 330 de 2017

Tabla 16. Características de membranas de filtración avanzada

Características de las membranas de Filtración avanzada		
Tipo de Proceso	**Tipo de sustancua que se rechaza**	**Tamaño de Poro**
Microfiltración	Material coloidal	0,10 - 0,20 µm
Ultrafiltración	Macromoléculas	0,01 - 0,04 µm
Nanofiltración	Azúcares / sales bivalantes	> 0,001 µm
Electrodiálisis	Azúcares / sales bivalantes	> 0,001 µm
Ósmosis Inversa	Sales monovalantes	5 - 20 Ångström

Fuente: RAS 330 de 2017

Cuando el lavado de los filtros rápidos se hace con fuente externa o tanque de lavado, el número mínimo de unidades debe ser tres; y para lavado mutuo el número mínimo de unidades debe ser cuatro, y su velocidad ascensional no menor de 0,6 m/min.

De acuerdo con estándares internacionales, la tasa de filtración contenida en la tabla 14, para la filtración rápida con lecho mixto, podría ser máximo de 350 (m3/ m2/d) si se garantiza una óptima operación y mantenimiento del sistema.

Así mismo, se diseñan teniendo en cuenta las siguientes especificaciones:

- Caudal de diseño del proceso.
- Calidad de agua deseada para la salida del proceso y los contaminantes presentes en la entrada, que deben ser retenidos.

- Sistema de pretratamiento de tecnología convencional (coagulación, floculación, sedimentación y filtración), para la protección de las membranas.

- Verificación del índice de densidad de sedimentos y el índice de ensuciamiento modificado de la membrana seleccionada, de acuerdo con la calidad a la entrada del proceso.

- Procedimientos y costos de operación y mantenimiento del proceso, teniendo en cuenta la vida útil de la membrana seleccionada.

- Concentración de los rechazos provenientes de la membrana seleccionada, que permitan métodos de tratamiento convencionales de subproductos.

- Frecuencia mínima de limpieza de la membrana por operación, y frecuencia necesaria por
- desinfección.

- Cuando se trate de procesos de ósmosis inversa, se deberá remineralizar cuando el proceso así lo requiera.

Datos de entrada:

Teniendo en cuenta que el sistema de tratamiento propuesto para el acueducto de la vereda Mortiñal sector la escuela debe operar en horas de la mañana se recomienda incrementar el caudal de la PTAP, para que la operación solo se realice en horas específicas, esto teniendo en cuenta que la junta no tiene la capacidad técnica ni económica para que se realice una operación las 24 horas de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, es por ello que se requiere contar con un almacenamiento previo de agua cruda para posterior realizar la operación de la PTAP, además de que la cabeza hidráulica no es la requerida desde el sitio de toma hasta el sitio proyectado para la PTAP, por lo tanto teniendo en cuenta que se realice un tiempo de operación de 12 horas y teniendo en cuenta el ARTÍCULO 99. CAUDAL DE DISEÑO DE SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN el cual menciona que La capacidad de producción de la planta de tratamiento de agua potable (en adelante PTAP) debe satisfacer el caudal máximo diario (QMD) para la localidad en estudio, al año del período de diseño definido en el Artículo 40 de esta resolución el caudal de la PTAP será:

QMD = 0.70 LPS

Caudal de diseño = 1.4 LPS para que la PTAP trabaje durante 12 horas.

Tipo de filtración = Rápida con lecho mixto

Material Filtrante = Grava – Arena - Antracita

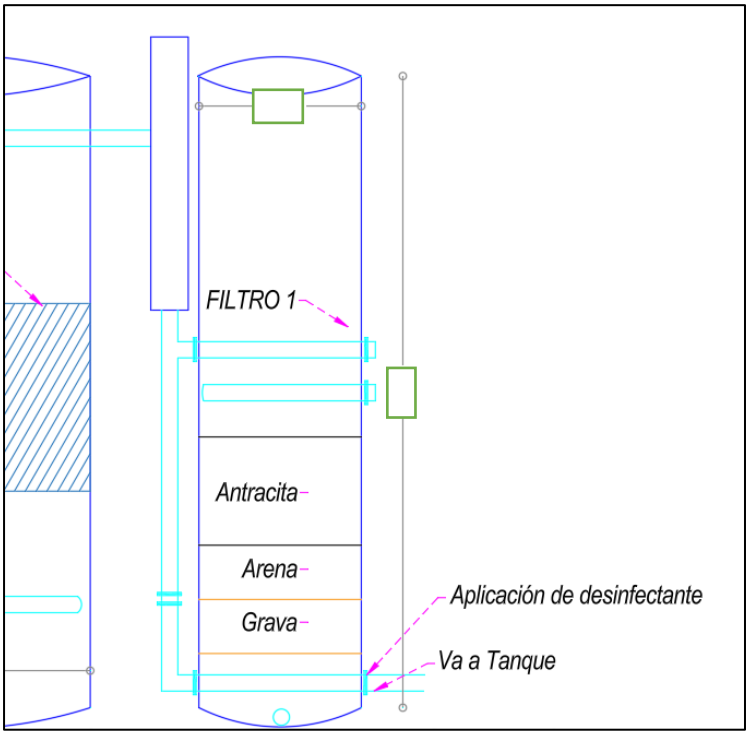
Altura total del tanque de filtración = 2.0 m

Tabla 17. Datos del sistema de filtración

Caudal de diseño Q (l/s)	1.4
Q (m3/s)	0,0014
Q (m3/día)	120.96
Numero de filtros	2
Diámetro de filtro (m)	0,6
Altura de filtro (m)	2.0
Af Área de filtración (m2)	0.56
Velocidad de filtración (m/día) (Para filtración rápida con lecho mixto la Tasa de filtración (m3/m2/d) debe estar entre 180 – 350)	216 (Cumple)

Fuente: estudio

Ilustración 4 Esquema de dos unidades de filtración



Fuente: estudio

3.5 Desinfección

Se deberá incluir la desinfección como elemento del tren de tratamiento en todos los sistemas de potabilización. Entre los procesos de desinfección que pueden utilizarse está la cloración y sus compuestos (hipoclorito de sodio (NaClO), hipoclorito de calcio (Ca(OCl)2), dióxido de cloro (ClO2), cloro gaseoso, los oxidantes mixtos generados en el sitio, la ozonización y la radiación con luz ultravioleta.

Debe definirse un residual del desinfectante que garantice el impedimento del crecimiento microbial en cualquier punto de la conducción o red de distribución. En el caso de uso de ozonización y radiación ultravioleta debe contemplarse un desinfectante secundario para este fin.

Para la desinfección por cloración debe emplearse tanque de contacto, previo al almacenamiento, con el fin de proporcionar un tiempo de contacto mínimo de 20 minutos, que garantice la desinfección del agua. Para la determinación de la dosis óptima de residual de desinfectante debe emplearse el valor Ct-Concentración aplicada por tiempo de detención igual a K de acuerdo con las siguientes indicaciones.

Si la operación de la PTAP permite durante el 90% de su proceso la remoción del 95 al 99% de coliformes totales en los procesos previos de sedimentación y filtración, y la turbiedad del agua filtrada se mantiene durante el 95% del tiempo menor de 1 UNT, debe usarse la siguiente tabla para determinar K en función de la temperatura del agua y su pH.

Tabla 18. Tipos de desinfección

Desinfección
Hipoclorito de sodio NaClO
Hipoclorito de calcio Ca(OCl)2
Dióxido de cloro ClO2
Oxidantes mixtos
Ozonización
Radiación con luz ultravioleta

Fuente: RAS 330 de 2017

Tabla 19. Parámetros de Desinfección por cloración (< 1 UNT)

Tabla 13. Parámetros de Desinfección por cloración (< 1 UNT)

Valores de C_t = K (mg-min/l) para inactivación de Coliformes totales por Cloro libre para log 2																
Dosis de Cloro Aplicada mg/l	10 °C				15 °C				20 °C				25 °C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
<=0,40	24	29	35	42	16	20	23	28	12	15	17	21	8	10	12	14
0,6	25	30	36	43	17	20	24	29	13	15	18	21	8	10	12	14
0,8	26	31	37	44	17	20	24	29	13	15	18	22	9	10	12	15
1,0	26	31	37	45	18	21	25	30	13	16	19	22	9	10	12	15
1,2	27	32	38	46	18	21	25	31	13	16	19	23	9	11	13	15
1,4	27	33	39	47	18	22	26	31	14	16	19	23	9	11	13	16
1,6	28	33	40	48	19	22	26	32	14	17	20	24	9	11	13	16
1,8	29	34	41	49	19	23	27	33	14	17	20	25	10	11	14	16
2,0	29	35	41	50	19	23	28	33	15	17	21	25	10	12	14	17
2,2	30	35	42	51	20	23	28	34	15	18	21	26	10	12	14	17
2,4	30	36	43	2	20	24	29	35	15	18	22	26	10	12	14	17
2,6	31	37	44	53	20	24	29	36	15	18	22	27	10	12	15	18
2,8	31	37	45	54	21	25	30	36	16	19	22	27	10	12	15	18
3,0	32	38	46	55	21	25	30	37	16	19	23	28	11	13	15	18

Fuente: RAS 330 de 2017

Si la operación de la PTAP permite del 90 al 95% de la remoción de coliformes totales en los procesos previos de sedimentación y filtración, y la turbiedad del agua filtrada está entre 1 y 2 UNT, debe usarse la siguiente Tabla para determinar el valor de K en función de la temperatura del agua y su pH.

Tabla 20. Parámetros de Desinfección por cloración (1 - 2 UNT)

Tabla 14. Parámetros de Desinfección por cloración (1 - 2 UNT)

Valores de C_t = K (mg-min/l) para inactivación de Coliformes totales por Cloro libre para log 3																
Dosis de Cloro Aplicada mg/l	10 °C				15 °C				20 °C				25 °C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
<=0,40	37	44	52	63	25	30	35	42	18	22	26	31	12	15	18	21
0,6	38	45	54	64	25	30	36	43	19	23	27	32	13	15	18	22
0,8	39	46	55	66	26	31	37	44	20	23	28	33	13	16	19	22
1,0	40	47	56	67	27	32	38	45	20	24	28	34	13	16	19	23
1,2	40	48	57	69	27	32	38	46	20	24	29	35	14	16	19	23
1,4	41	49	58	70	28	33	39	47	21	25	29	35	14	17	20	24
1,6	42	50	60	72	28	33	40	48	21	25	30	36	14	17	20	24
1,8	43	51	61	74	39	34	41	49	22	26	31	37	15	17	21	25
2,0	44	52	62	75	29	35	42	50	22	26	31	38	15	18	21	25
2,2	45	53	64	77	30	35	43	51	22	27	32	39	15	18	21	26
2,4	45	54	65	79	30	36	43	53	23	27	33	39	15	18	22	26
2,6	46	55	66	80	31	37	44	54	23	28	33	40	16	19	22	27
2,8	47	56	67	82	31	37	45	55	24	28	34	41	16	19	23	27
3,0	48	57	69	83	32	38	46	56	24	29	34	42	16	19	23	28

Fuente: RAS 330 de 2017

Las tablas anteriores están elaboradas para desinfección con cloro libre, entendiéndose por tal el que queda después de satisfecha la demanda. El Ministerio de Salud y Protección Social podrá exigir una remoción mayor para aguas con alta contaminación.

Para los casos en que, de acuerdo con la inspección sanitaria en campo, el mapa de riesgo de la cuenca abastecedora y los análisis de caracterización de agua cruda realizados, se confirme la presencia de protozoos tipo Giardia y Cryptosporidium, deberá contar con un sistema de desinfección eficiente para la eliminación de estos protozoos. En el caso de diseñar un sistema de desinfección por radiación ultravioleta (inactivación para 3 log).

Se deberá incluir la desinfección como elemento del tren de tratamiento en todos los sistemas de potabilización. Entre los procesos de desinfección que pueden utilizarse, está la cloración y sus compuestos (hipoclorito de sodio (NaClO), hipoclorito de calcio (Ca(OCl)2), dióxido de cloro (ClO), los oxidantes mixtos generados en el sitio, la ozonización y la radiación con luz ultravioleta.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La calidad del agua de la fuente de abastecimiento es buena, debido a que es un nacimiento donde se realiza la captación la calidad del recurso se mantiene buena durante el año, en periodos de agua lluvia en la cual se tomo la muestra no se evidencia aumento de la turbiedad, sin embargo se recomienda que la fuente sea protegida para evitar que se altere la flora y reduzca la capacidad hidráulica de la fuente de abastecimiento, asi mismo evitar las actividades de ganadería cerca a la fuente de abastecimiento las cuales pueden afectar la capacidad y calidad hídrica del recurso en la zona de captación.

Debido a que la calidad del agua de la fuente de abastecimiento es buena se proyecta una Planta de Tratamiento de Agua Potable con los procesos de filtración y desinfección, para su posterior almacenamiento y distribución.

Atentamente,

ING. EDGAR LEONARDO PRECIADO MORALES
Ingeniero Civil Especialista en Agua y Saneamiento
T.P. 15202-221700BYC